Smart cities

Les ciutats intel·ligents del futur

Narcís Vidal Tejedor

PID_00190891

UOC
Universitat Oberta de Catalunya

Els textos i imatges publicats en aquesta obra estan subjectes –llevat que s'indiqui el contrari– a una llicència de Reconeixement-NoComercial-SenseObraDerivada (BY-NC-ND) v.3.0 Espanya de Creative Commons. Podeu copiar-los, distribuir-los i transmetre'ls públicament sempre que en citeu l'autor i la font (FUOC. Fundació per a la Universitat Oberta de Catalunya), no en feu un ús comercial i no en feu obra derivada. La llicència completa es pot consultar a http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/legalcode.ca

Índex

Introducció 5

Objectius 6

1. La *smart city* 7
1.1. Definició 7
1.2. Elements de la *smart city* 10
1.2.1. *Smart mobility* 13
1.2.2. *Smart people* 13
1.2.3. *Smart economy* 14
1.2.4. *Smart living* 14
1.2.5. *Smart environment* 15
1.2.6. *Smart governance* 15
1.3. Paper de les TIC 16

2. *Smart mobility* 18
2.1. Mobilitat elèctrica 19
2.1.1. Punts de recàrrega 20
2.1.2. Identificació dels usuaris 28
2.1.3. Gestió de l'energia 30
2.1.4. Sistemes d'informació i serveis 33
2.2. Gestió del trànsit urbà i de les zones d'aparcament 37
2.2.1. Gestió de places d'aparcament 38
2.3. Gestió dels mitjans de transport 40
2.4. *Mobility sharing* 40
2.5. Conclusions 42

3. *Smart energy* 44
3.1. Comptadors intel·ligents 47
3.1.1. Tecnologies de comunicacions i sistemes utilitzats 49
3.2. Integració de recursos energètics distribuïts i automatització 51
3.2.1. Sistemes de control intel·ligents. *Advanced distribution automation* 53
3.2.2. IEC 61850 55
3.3. El concepte de *microxarxa* 56
3.3.1. Comunicacions en una microxarxa 57
3.4. *Smart home* i *smart buildings* 58
3.4.1. Gestió de la demanda en edificis o habitatges 59
3.4.2. Comunicacions *in-home* o *in-building* 60
3.4.3. Solucions i productes existents 62
3.5. Control de la il·luminació pública 68

3.6. Conclusions 70

4. *Smart community* 72
4.1. *E-services* 72
4.1.1. Serveis d'assistència i salut 72
4.1.2. E-administració 75
4.2. Serveis de gestió ambiental 76
4.3. Conclusions 80

Resum 81

Abreviatures 83

Bibliografia 84

Introducció

Les previsions dels experts indiquen que l'any 2050 la població mundial haurà assolit ja la xifra dels nou mil milions i es calcula que el 70% dels habitants viurà en zones urbanes i ciutats densament poblades. Això fa que s'hagi de replantejar el concepte de *ciutat* actual, partint de la necessitat de crear ciutats més intel·ligents i més sostenibles que puguin donar solució als reptes socials del futur.

Una **ciutat intel·ligent**, o *smart city*, és una ciutat que aglutina una sèrie de conceptes basats en la sostenibilitat centrats fonamentalment en tres àmbits bàsics, mediambiental, econòmic i social, i que busca millorar la qualitat de vida dels seus habitants.

Com veureu al llarg del mòdul, i més detalladament en el primer apartat, la definició de *smart city* és molt àmplia i inclou molts conceptes. El denominador comú de tots ells serà l'ús de les TIC com a element bàsic que servirà per a definir les arquitectures i els processos comuns per a l'establiment de sistemes intel·ligents que acabin aportant valor al ciutadà i a l'entorn.

En aquest mòdul estudiareu els elements principals que componen una *smart city*. Els hem dividit, utilitzant la terminologia anglosaxona, en diferents apartats: "*Smart mobility*", que estudia els conceptes de **mobilitat sostenible**, principalment el vehicle elèctric; "*Smart energy*", on descobrireu el paper de les TIC en la integració d'energies renovables i en l'eficiència energètica; i "*Smart community*", que aglutina conceptes que afecten la relació del ciutadà amb el seu entorn i amb l'administració.

Objectius

En els materials didàctics d'aquest mòdul trobareu els elements imprescindibles per a assolir els objectius següents:

1. Saber què és una *smart city* i quins conceptes la formen.

2. Entendre el paper de les TIC com a base per a crear les *smart cities*.

3. Conèixer les tecnologies usades per a introduir una mobilitat sostenible.

4. Entendre les necessitats de monitoratge i comunicació a les xarxes elèctriques del futur.

5. Entendre el paper clau dels sensors en l'arquitectura de comunicacions d'una *smart city*.

1. La *smart city*

El concepte de ***ciutat intel·ligent*** ha concentrat en els últims anys una atenció considerable en el context de les polítiques de desenvolupament urbà. El progrés d'Internet i les tecnologies de banda ampla ha estat clau per al desplegament dels serveis telemàtics de què gaudeixen els ciutadans i ha tingut un paper essencial en el desenvolupament tecnològic de les ciutats. Al mateix temps, aquestes ciutats estan assumint un paper fonamental per al desenvolupament de la innovació en àrees com la salut, el medi ambient i els negocis.

Per tant, es planteja la qüestió de com les ciutats i les àrees metropolitanes que les envolten poden evolucionar cap a un desenvolupament obert, sostenible i la peça clau del qual sigui el ciutadà. La resposta a tot això són les *smart cities*.

En el subapartat "Definició", veureu les diferents definicions que hi ha del concepte *smart city*, el que s'estalvia fent-la servir i els actors que hi participen. En el subapartat "Elements de la *smart city*", es descriuen els diferents elements necessaris per a aconseguir una ciutat intel·ligent. Alguns varien en funció dels autors, mentre que altres es repeteixen en totes les descripcions, com la mobilitat i l'eficiència energètiques, tots dos desenvolupats detalladament en els subapartats "*Smart mobility*" i "*Smart energy*" d'aquest mòdul. Finalment, aquest apartat acaba amb el subapartat "Paper de les TIC", dedicat al paper fonamental que tenen les TIC en el desenvolupament de qualsevol sistema urbà.

1.1. Definició

La definició de *smart city* no és una tasca fàcil, ja que pot contenir molts conceptes, la suma dels quals té com a resultat la creació d'una ciutat intel·ligent.

> El punt de partida de totes les definicions que estableixen que una ciutat es pugui considerar intel·ligent es basa en el fet que la ciutat inverteixi en capital humà i social, en solucions innovadores que fan servir les TIC, en sostenibilitat, en mobilitat i en eficiència, amb la finalitat que tot això repercuteixi de manera clara en una qualitat de vida més gran dels ciutadans i en un desenvolupament sostenible.

Des d'un punt de vista tècnic, els termes *smart city* i *Internet de les coses* (xarxa d'objectes, equips i sensors interconnectats) estan estretament relacionats. Ambdós conceptes tenen en les TIC el seu fonament i avancen, amb les seves aplicacions i usos, la que serà la Internet del futur. Precisament aquesta Internet del futur no solament consistirà en la connexió de cada vegada més perso-

nes i equips, sinó en el plantejament que tot podrà estar connectat, des de dispositius fins a objectes quotidians que habitualment no disposaven d'aquesta connectivitat; és el cas dels elements del mobiliari urbà (com semàfors, lluminàries, places d'aparcament, etc.) o dels edificis i cases, els cotxes, els vehicles elèctrics, els electrodomèstics, els comptadors intel·ligents... en general tot allò que vulguem gestionar o controlar. La ciutat intel·ligent es converteix en un espai urbà amb infraestructures, xarxes i sistemes intel·ligents, amb milions de sensors i automatismes interconnectats.

Aquests avenços comportaran una nova manera de gestionar les llars, les infraestructures, les empreses, els edificis, les ciutats o fins i tot el país. Imagineu el dia en què una nevera detecti, mitjançant sensors interns, quins productes escassegen a l'interior i, utilitzant els seus mòduls de comunicacions i la connexió a Internet de l'habitatge, faci una comanda a un supermercat, amb una anàlisi prèvia de les millors ofertes disponibles en línia.

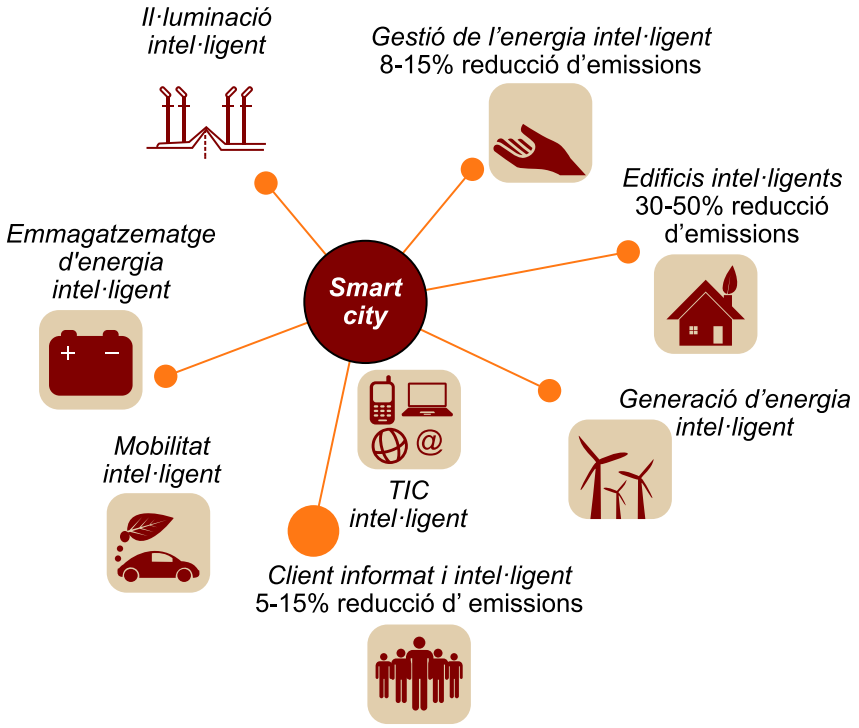
La ciutat intel·ligent es converteix en una plataforma digital que permet maximitzar l'economia, la societat, l'entorn i el benestar de les ciutats, i facilita el canvi cap a un comportament més sostenible entre tots els *stakeholders* de la ciutat: usuaris, empreses i administració.

En aquest context, una *smart city* és un sistema molt complex, un ecosistema en el qual intervenen múltiples agents i en el qual coexisteixen molts processos profundament lligats entre si. Tot això requerirà que s'hagin de desenvolupar uns sistemes de comunicació molt potents que no solament emmagatzemin i intercanviïn dades entre si, sinó que a més puguin analitzar aquestes dades aplicant-hi algorismes adequats i n'extreguin informació de gran valor per millorar els processos i per prendre les millors decisions que repercuteixin en el benestar del ciutadà.

Stakeholders

El terme *stakeholders* fa referència a tots els implicats o parts interessades en un projecte. Els *stakeholders* es poden veure afectats de manera positiva o negativa. Per exemple, una empresa petroliera es podria considerar com a *stakeholder* d'una *smart city*, i en aquest cas es veuria afectada negativament per la promoció de sistemes alternatius de transport que no facin servir combustibles fòssils.

Figura 1. Components de la *smart city*. Màlaga d'Endesa



Font: Endesa

Des de la perspectiva dels gestors municipals dels serveis que presta la ciutat, disposar d'una *smart city* ajuda a la gestió automàtica i eficient de les infraestructures urbanes, la qual cosa aporta avantatges evidents: d'una banda, redueix la despesa i, d'una altra, millora els serveis prestats. Podeu trobar un exemple d'això en els vídeos recomanats en la bibliografia i en la taula 1.

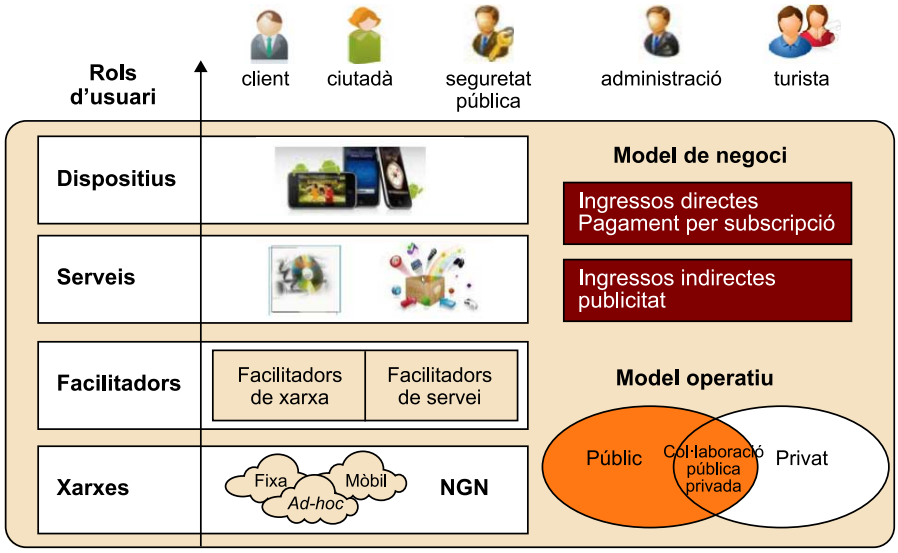
Taula 1. Estalvi en la provisió de serveis d'una *smart city*

Àrea	Estalvi
Gestió del trànsit i implantació d'altres serveis de mobilitat.	30% de les emissions de CO_2.
Manteniment de parcs i jardins amb ús d'aigua per a reg.	18% de l'aigua utilitzada.
Comptadors intel·ligents, amb períodes tarifaris i informació als usuaris.	10% en el consum d'energia elèctrica. 7% en el consum d'aigua.
Automatització de la recollida de residus urbans.	20% en requisit de transport segons el tipus de residus.

Font: Endesa

Els models de negoci per a les *smart cities* encara no estan clars. Si bé sembla que els estalvis són significatius, es necessita una inversió inicial forta, per la qual cosa cal fer servir sinergies entre els diferents implicats.

Figura 2. Persones implicades i models de negoci de les *smart cities*



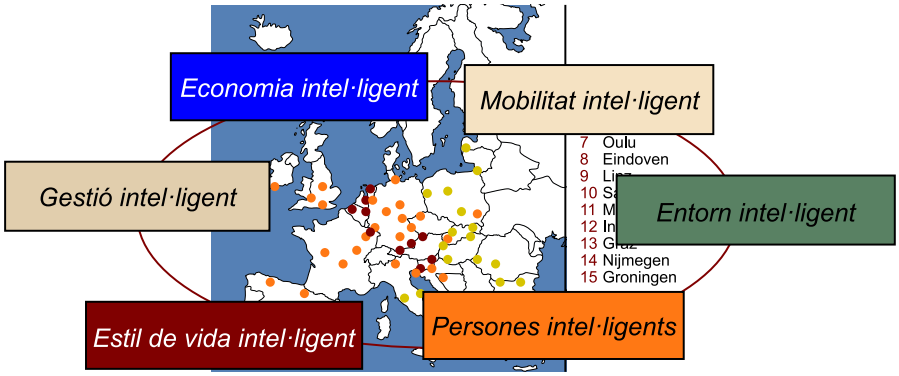
Font: Telefónica.

En els models de negoci de les *smart cities* (vegeu la figura 2) es preveuen diverses estructures. Com que la majoria dels serveis oferts són públics, un primer model podria ser exclusivament públic, la qual cosa implicaria que les administracions paguen la *smart city*. Com que és un model més eficient que l'actual, ja que incorpora noves tecnologies, seria una inversió amb retorn, però en el context actual de liquiditat nul·la de les administracions és una opció que es planteja com a poc plausible. Un altre model és la col·laboració pública-privada, que pot tenir dues versions: una versió basada en una inversió d'empreses privades que comparteixen ingressos –un model similar a les autopistes de peatge–, i l'altra versió fonamentada en la venda de serveis de valor afegit de les empreses que han invertit en la infraestructura o en la venda de dades per crear serveis; per exemple, una companyia que ha invertit en punts de recàrrega per a vehicles elèctrics pot vendre la localització d'aquests punts a empreses que fabriquen navegadors d'automòbil o aplicacions per a *smartphones*.

1.2. Elements de la *smart city*

És comú trobar, en la poca literatura que hi ha sobre *smart cities*, la divisió dels conceptes que formen una ciutat intel·ligent en sis elements principals com la que va plantejar la iniciativa European Smart Cities:

Figura 3. Elements que formen part d'una *smart city*

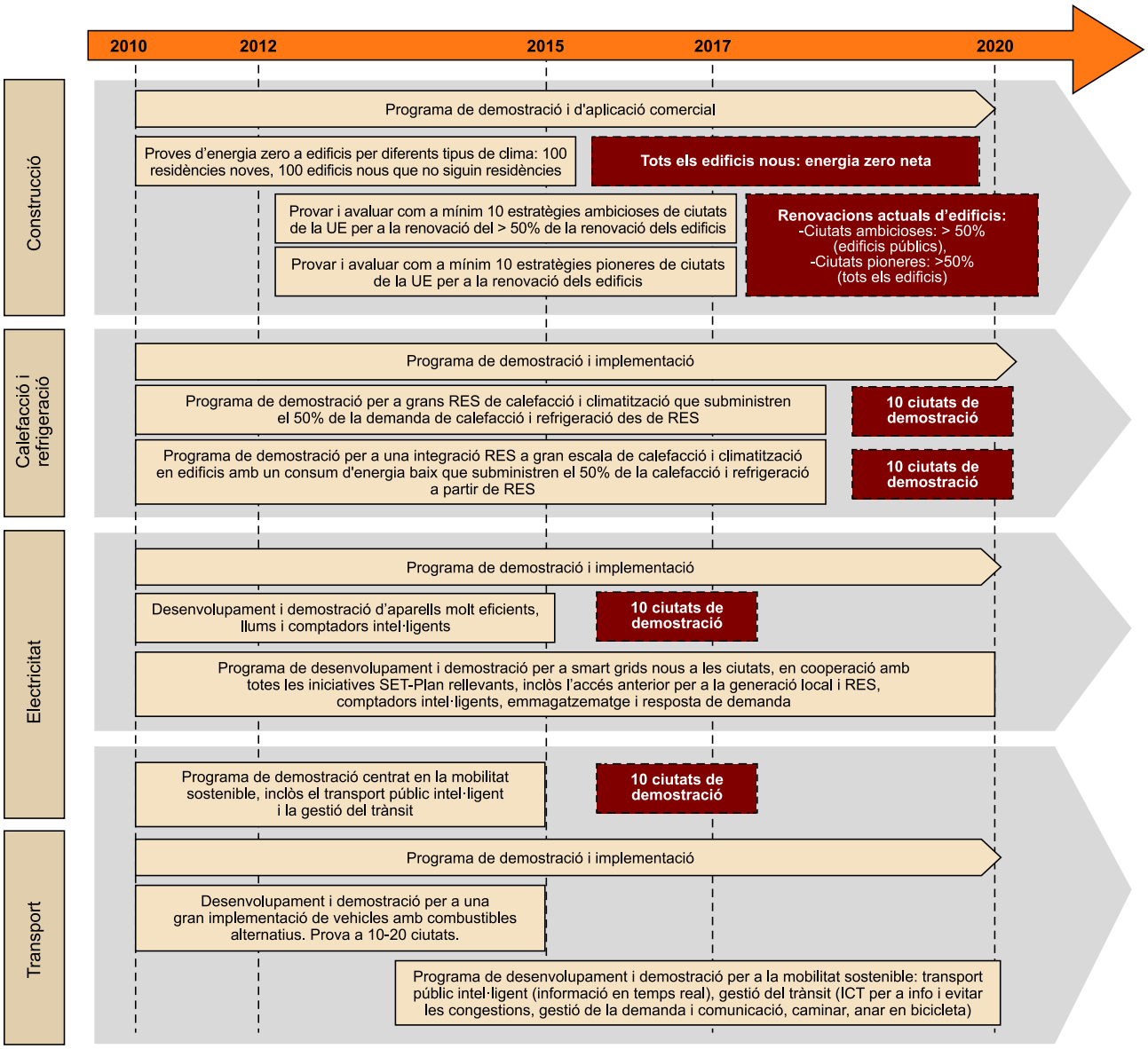


Font: European Smart Cities.

Aquesta divisió fins i tot ha estat adoptada per l'IDAE (Institut per a la Diversificació i Estalvi de l'Energia), entitat dependent del Ministeri d'Indústria, Energia i Turisme, en el document "Mapa tecnològic, ciutats intel·ligents". En aquest document es recullen els principals elements que componen una *smart city* i que detallem més endavant, i també les potencialitats i les barreres principals perquè es desenvolupin. També inclou una llista de projectes singulars actuals de demostració de *smart cities* (Màlaga, Amsterdam, Districte 22@ de Barcelona, Singapur, entre d'altres) i organismes als quals es poden sol·licitar subvencions i ajudes per a la implantació d'aquests conceptes.

D'altra banda, la Comissió Europea, en la seva iniciativa sobre *smart cities*, centra les prioritats a assenyalar la viabilitat de la consecució dels objectius de reducció d'emissions de CO_2 en l'àmbit local (reducció del 40% l'any 2020 respecte de les emissions de 1990), la qual cosa demostraria als ciutadans que la seva qualitat de vida i la seva economia poden millorar a partir d'inversions en eficiència energètica.

Figura 4. Full de ruta de la Comissió Europea per a la demostració dels conceptes de *smart city*



Font: Comissió Europea.

Per a la Comissió Europea, els elements principals en els quals han d'invertir les ciutats que es vulguin convertir en ciutats intel·ligents són edificis, energia (elèctrica i per a climatització) i transport.

Un altre tipus de divisió dels elements que componen una *smart city* és el plantejat en el projecte *smart city* de Màlaga que heu vist en en la figura 1, centrat principalment en temes energètics.

Partint de l'anàlisi que fa l'IDAE en el document "Mapa tecnològic, ciutats intel·ligents", indicarem de manera resumida i mitjançant exemples els principals àmbits en els quals han d'incidir els elements que componen la *smart city*.

1.2.1. *Smart mobility*

- Anàlisi dels fluxos de trànsit, donant prioritat als vehicles d'emergències i al transport públic.

- Gestió de places d'aparcament lliures per a minimitzar el trànsit a les ciutats.

- Detecció automàtica de les infraccions del codi de circulació i els perills en les carreteres, informació mitjançant senyals adequats o informació en línia dels accidents produïts en les vies de circulació als vehicles propers.

- Desenvolupament de models matemàtics i simulacions per a comparar diferents vies de circulació i diferents escenaris de transport, amb què es podrien predir possibles efectes socials i ambientals.

- Establiment d'una sèrie de tarifes per al transport privat en funció de l'impacte ambiental i de l'ús de les infraestructures (contaminació, ús d'espais públics, zones per hores, etc.).

- Implantació de serveis d'informació en línia per als ciutadans mitjançant la cerca amb *smartphones*, dispositius mòbils o pantalles fixes: connexions, temps estimats d'arribada del transport públic, serveis per a compartir bicicletes (*bike-sharing*) o vehicles (*car sharing*), etc.

- Impuls del desenvolupament de mitjans de transport i d'una mobilitat més sostenible i menys contaminant, com la implantació dels vehicles elèctrics.

1.2.2. *Smart people*

- Implementació de diferents serveis per a augmentar la comoditat i seguretat dels habitants de la ciutat, com les consultes mèdiques via telefònica o via Internet, o la integració de les alarmes d'extinció d'incendis, de prevenció d'inundacions i de sistemes antirobatori en la domòtica dels edificis.

- Assistència a la mobilitat i prevenció de l'aïllament social en les persones grans.

- Creació a la Xarxa de grups de debat, grups de col·laboració (*networking*) i punts de trobada (per exemple, LinkedIn) per a emprenedors.

- Sistemes d'aprenentatge en línia, formació permanent per ordinador, fòrums de suport i col·laboració amb experts, informació sobre oportunitats laborals i trobades que afavoreixin la recapacitació.

- Utilització de les noves tecnologies d'informació i comunicació per a desenvolupar activitats d'oci.

1.2.3. *Smart economy*

- Associació temporal en línia d'empreses i clients per a obtenir solucions creatives.

- Creació d'oficines modulars descentralitzades (oficines satèl·lit virtuals) amb accés a Internet, equipades per al teletreball i capaces de proporcionar serveis auxiliars als usuaris.

- Desenvolupament d'incubadores com a element generador d'idees i punt de trobada d'universitats i centres de recerca, organismes públics, experts i empreses.

- El foment del *co-working* (cotreball), cosa que permetria que diversos professionals independents de sectors diferents comparteixin una mateixa oficina o un mateix espai de treball, on es fomenta la col·laboració, el treball en un espai comunitari i multidisciplinari i el *networking*.

1.2.4. *Smart living*

- Planificació d'un desenvolupament urbà sostenible, anàlisi de necessitats i riscos identificats per a gestionar correctament la densificació de la població i aconseguir un resultat sostenible des del punt de vista social, ambiental i generacional.

- Consideració d'una sèrie de factors d'habitabilitat en edificis com: verificació acústica, certificació de sostenibilitat, seguretat, etc. Sensors intel·ligents sense fil de contaminació, soroll i altres dades mediambientals.

- Solucions integrades per a la gestió a distància de la calefacció i la refrigeració; utilització de cogeneració o trigeneració.

- La gestió de les aigües subterrànies, el cobrament per volum i classificació de la recollida d'escombraries, la utilització d'incentius per a augmentar la reutilització i el reciclatge de residus.

Cogeneració

En els processos de cogeneració es produeix al mateix temps energia elèctrica i energia tèrmica, normalment vapor o aigua sanitària. El principal avantatge és l'eficiència energètica de tot el procés, ja que s'obtenen dos productes resultants. La trigeneració, a més, inclou la producció de fred, com aigua o aire.

1.2.5. *Smart environment*

- Optimització de les *smart grids*[1] incorporant a la xarxa sistemes de generació nets i distribuïts, millorant la gestió dels pics de càrrega i, per tant, el servei ofert a l'usuari final (més fiable i econòmic).

(1)És un terme anglès que es podria traduir per *xarxa elèctrica intel·ligent*. Per a la implantació de les *smart grids* també cal un ús important de les TIC tal com veureu en l'apartat "*Smart energy*" d'aquest mòdul.

- Desenvolupament d'un sistema de calefacció eficient: encesa i apagada programables de la calefacció, cogeneració, nous models de bombes de calor.

- Enllumenat eficient (en particular l'enllumenat dels carrers i la il·luminació d'interior). Foment de la tecnologia LED i el seu desenvolupament.

- Control de la il·luminació en la via pública utilitzant detectors de presència per a augmentar les intensitats lumíniques.

- Ús de generació distribuïda renovable.

- Ús de comptadors intel·ligents que proporcionin informació en temps real als usuaris.

- Incorporació progressiva de sistemes de gestió activa de la demanda, utilització de domòtica als habitatges per a gestionar, monitorar i conèixer els consums energètics. Ús d'electrodomèstics ecològics.

- Utilització de mesures de reg eficient. Incorporació de sistemes de reutilització de l'aigua usada (i aigua de pluja) en l'ús d'aigua no potable per a reg.

- Utilització de sensors d'humitat del terreny per a activar els regs automàtics solament quan sigui necessari.

1.2.6. *Smart governance*

- Eines per a la comunicació directa amb les institucions públiques.

- Agilitació dels processos administratius utilitzant elements com la signatura digital i altres mitjans en línia, la qual cosa manté i assegura la privadesa i la validesa legal dels documents al mateix temps que simplifica i automatitza els processos.

- Instruments que facilitin a les persones aturades conèixer les oportunitats laborals disponibles.

- Integració electrònica dels perfils mèdics de cada pacient per a fer-los servir en cas d'emergència, la qual cosa faria augmentar la qualitat de les cures rebudes.

Com haureu pogut comprovar, hi ha diversos elements clau que componen una *smart city* i que es repeteixen en la majoria de les definicions existents. En l'estructura d'aquest mòdul, hem decidit fer una agrupació que reflecteixi aquests elements comuns, els quals, sota el nostre punt de vista, són essencials tant per a l'existència d'una ciutat intel·ligent com per a l'ús intensiu que fan de les TIC i, com a tals, mereixen ser tractats detalladament en el mòdul d'una assignatura dedicada a aplicacions i serveis de telecomunicacions i multimèdia.

D'aquesta forma, en l'apartat "*Smart mobility*" d'aquest mòdul veureu els conceptes de *smart mobility* i en l'apartat següent, els de *smart energy*, que inclouen els elements clau per a aconseguir edificis intel·ligents i gestionar l'energia a les ciutats. Finalment, en l'apartat "*Smart governance*" coneixereu els conceptes de *smart governance*, que comprenen també la participació ciutadana. No obstant això, hem considerat transversals a aquests tres eixos principals altres elements presents en les definicions que acabeu d'estudiar. Per exemple, el medi ambient forma part implícitament de la resta, ja que una gestió adequada de la mobilitat redueix de manera significativa les emissions de CO_2. Al mateix temps, la gestió de l'energia pot fer possible un consum més eficient i l'ús d'energies renovables, etc.

1.3. Paper de les TIC

Per poder desenvolupar tots aquests conceptes, la *smart city* ha de disposar d'una estructura de comunicacions i d'uns sistemes que puguin interactuar entre ells i que puguin generar, i alhora admetre, el volum d'informació necessari. Per tant, el paper de les TIC resulta clau per a la implantació de les *smart cities*.

La primera tasca que les ciutats han d'escometre per convertir-se en *smart cities* és crear un entorn amb una penetració important de comunicacions de banda ampla que donin suport a aplicacions digitals. Això inclou el desenvolupament d'infraestructures de banda ampla que combinin cable, fibra òptica i xarxes sense fil i que ofereixin connectivitat als ciutadans, a les organitzacions i a les empreses de la ciutat.

Nota

Segons Telefónica I+D, es preveu que l'any 2014, el 70% dels dispositius electrònics de consum estiguin connectats a Internet. El seu ús no estarà associat amb una persona particular i, a més, tindran la capacitat de connectar-se a múltiples xarxes i amb múltiples tecnologies (3G, 4G, Wi-Fi, televisió via satèl·lit, etc.). També es considera que l'any 2020 hi haurà més de cinquanta bilions de dispositius connectats a Internet.

A més, cal crear entorns d'espais i infraestructura urbana amb sistemes incrustats, dispositius intel·ligents, sensors i automatismes que ofereixin una gestió de les dades en temps real, alarmes, capacitat per a capturar i processar la informació generada i aplicacions col·laboratives basades en el Web que puguin recollir la intel·ligència col·lectiva dels ciutadans.

Aquesta primera tasca s'emmarca també en un període de recopilació de dades, duta a terme pels sensors distribuïts, seguit d'un de transmissió de les dades recopilades amb les xarxes de comunicació. Els sensors transmetran la informació mitjançant protocols poc pesats a *gateways*, que al seu torn enrutaran les dades per mitjà de línies mòbils o fixes i les faran arribar a les bases de dades i plataformes que facilitin la provisió dels serveis. Per a comunicar aquests nivells, es poden utilitzar, per exemple, xarxes *mesh* (amb tecnologia sense fil com ZigBee) i després, per a connectar amb la xarxa de transport superior, se solen fer servir tecnologies com GPRS o 3G o, en el cas que aquestes passarel·les estiguin connectades a xarxes fixes, tecnologies com l'ADSL o la fibra òptica. Les comunicacions entre dispositius, també denominades *comunicacions màquina a màquina* (M2M[2]), molt comunes entorn de les ciutats intel·ligents, estan tenint també un gran impacte en el desenvolupament de les xarxes sense fil.

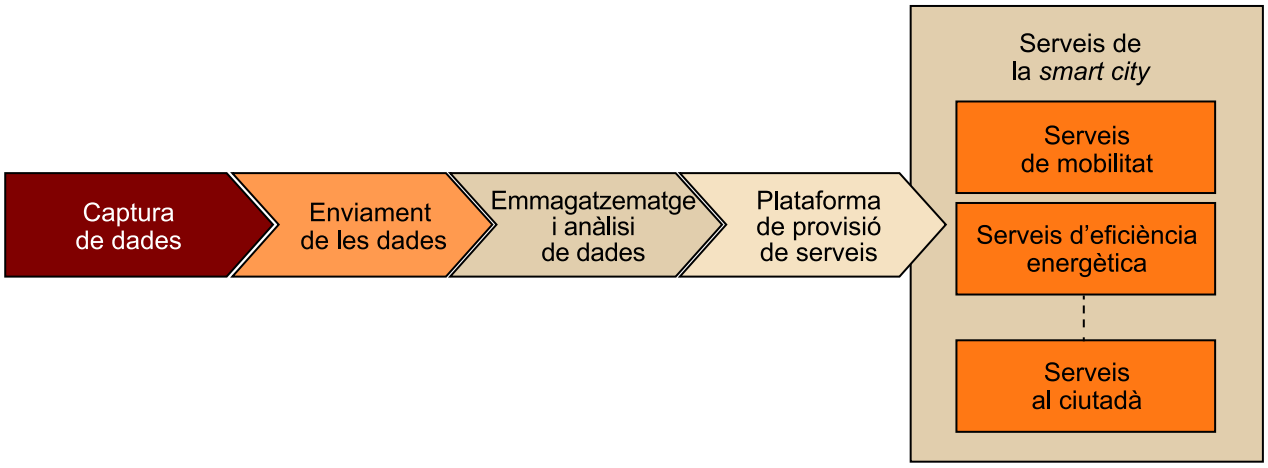
(2)De l'anglès *machine to machine*.

M2M

El concepte *M2M* (*machine to machine*) engloba una sèrie de tecnologies que s'utilitzen en el procés d'intercanvi d'informació entre dues màquines remotes, mitjançant xarxes tant fixes com mòbils, i sense intervenció humana.

La segona tasca consisteix a iniciar a gran escala els processos d'innovació participativa per a crear aplicacions que millorin tots els sectors d'activitat d'una ciutat. Totes les activitats econòmiques i serveis públics de la ciutat es poden considerar petits ecosistemes d'innovació en el desenvolupament, subministrament i consum de béns de servei de la qual participen els ciutadans i les organitzacions. Aquesta segona tasca està composta per una fase d'emmagatzematge de les dades i, posteriorment, per la creació de plataformes de provisió de serveis que apropin aquesta informació als ciutadans.

Figura 5. Etapes per a la implantació de les TIC en *les smart cities*



Font: elaboració pròpia basada en informació de Telefónica

2. *Smart mobility*

És comú escoltar en les notícies diverses vegades a l'any que els nivells de contaminació de les grans urbs assoleixen cotes preocupants per a la salut. En èpoques d'anticiclons perllongats i precipitacions escasses, dos fenòmens habituals a la península Ibèrica, el grau de concentració d'elements nocius encara s'incrementa més, la qual cosa dispara les alarmes de totes les agències mediambientals locals i nacionals. Aquesta contaminació és provocada bàsicament pels vehicles de combustió interna que circulen pels carrers i per les carreteres d'accés a les ciutats. Aquests vehicles generen CO_2 i partícules de NO_x (principalment els motors dièsel), que són molt nocives per a la salut i que tenen efectes greus en els sistemes respiratoris dels éssers vius.

Per saber més sobre els NO_x

Document de l'Agència de Salut Pública de Barcelona on es descriuen els efectes nocius de les partícules de NO_x i els valors màxims permesos en la legislació vigent:

http://www.aspb.cat/quefem/docs/oxidos.pdf

La mobilitat a les ciutats és un problema cada vegada més important, especialment la congestió del trànsit, ja que té un impacte negatiu molt considerable en la qualitat de vida dels ciutadans, tant per la disminució de la productivitat com per l'empitjorament de la qualitat de l'aire i la contaminació acústica que comporta. Per això el concepte de *smart mobility* és un dels més implementats sota el paraigua de les *smart cities*. Una ciutat intel·ligent, que té entre els objectius aconseguir la màxima qualitat ambiental possible per als seus ciutadans, ha de desenvolupar un concepte de *mobilitat intel·ligent* basat en la sostenibilitat, la seguretat i l'eficiència de les infraestructures i dels sistemes de transport. En aquesta *smart city* s'han d'integrar totes les tecnologies que permetin millorar la mobilitat i reduir els elements contaminants.

En aquest apartat veureu de quines alternatives disposen les ciutats per a gestionar la mobilitat dels seus ciutadans de manera més eficient. Entre aquests conceptes, en el subapartat "Mobilitat elèctrica" estudiareu una de les alternatives amb més futur i més auge en la mobilitat urbana, l'ús de vehicles elèctrics, i com aquests fan servir les TIC intensament en processos aparentment tan simples com per exemple una recàrrega. En el subapartat "Gestió del trànsit urbà i de les zones d'aparcament" també veureu aplicacions per a la gestió de places lliures d'estacionament i dels mitjans de transport, aplicacions que busquen, d'una banda, facilitar els desplaçaments i, d'una altra, informar els ciutadans. L'últim punt d'aquest apartat, titulat "*Mobility sharing*", descriurà conceptes de compartició de mitjans de transport, com el *car-sharing* o el *bike-sharing*.

2.1. Mobilitat elèctrica

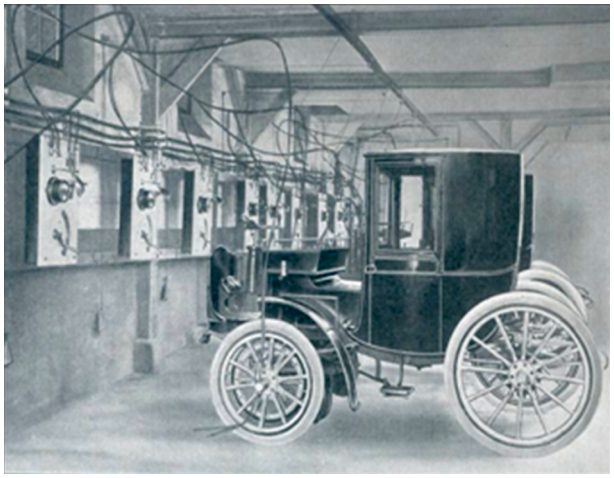
No és gaire conegut que els primers vehicles elèctrics (VE) que es van produir daten de meitat del segle XIX, moment en el qual compartien protagonisme amb una altra classe de vehicles, més sorollosos i contaminants, els vehicles de combustió interna, que s'acabarien imposant al segle XX com el mètode de propulsió preferit.

Mix energètic

El mix energètic és el conjunt de tecnologies energètiques que s'utilitzen per a satisfer les demandes energètiques d'un país o regió. En el cas d'Espanya, el 2011 va estar format per:

- 21% nuclear,
- 19% cicles combinats de gas,
- 16% eòlica,
- 15% carbó,
- 11% hidràulica,
- 17 % règim especial (que inclou un 2% de solar i un 11% de cogeneració), i
- 1% fuel.

Figura 6. Primers VE de meitat del segle XIX



En el context mundial actual, caracteritzat per una conscienciació mediambiental molt més gran, amb uns preus del petroli que fluctuen però que cada vegada van més a l'alça, amb l'auge de les energies renovables i amb un mercat i una tecnologia de bateries amb preus cada cop més baixos i amb més densitat energètica, el vehicle elèctric es considera com l'alternativa de transport més eficient i menys contaminant.

A Europa, els objectius de reducció del CO_2 –situats el 2050 entre un 80-95% respecte als valors que hi havia l'any 1990 (European Commission (2010). *Communication from the Commission: Europe 2020. A strategy for smart, sustainable and inclusivament growth*. Brussel·les)– han portat la Comissió Europea a fixar com un dels objectius prioritaris la descarbonització del transport rodat.

Estalvi de CO_2 dels VE

El VE redueix en més de la meitat el CO_2 que produeixen els motors de combustió dels vehicles més eficients del mercat automobilístic actual.

Però el VE redueix realment el CO_2 total? No hi ha cap discussió sobre que el VE produeix localment zero emissions, però i les emissions produïdes en les plantes de generació? Per a donar resposta a aquesta pregunta, cal analitzar les emissions que produeixen tant els vehicles de combustió interna (ICE) com els VE:

- **En el cas dels ICE**: els motors més eficients dels principals fabricants d'automòbils produeixen en l'actualitat uns 110 grams de CO_2 per quilòmetre.

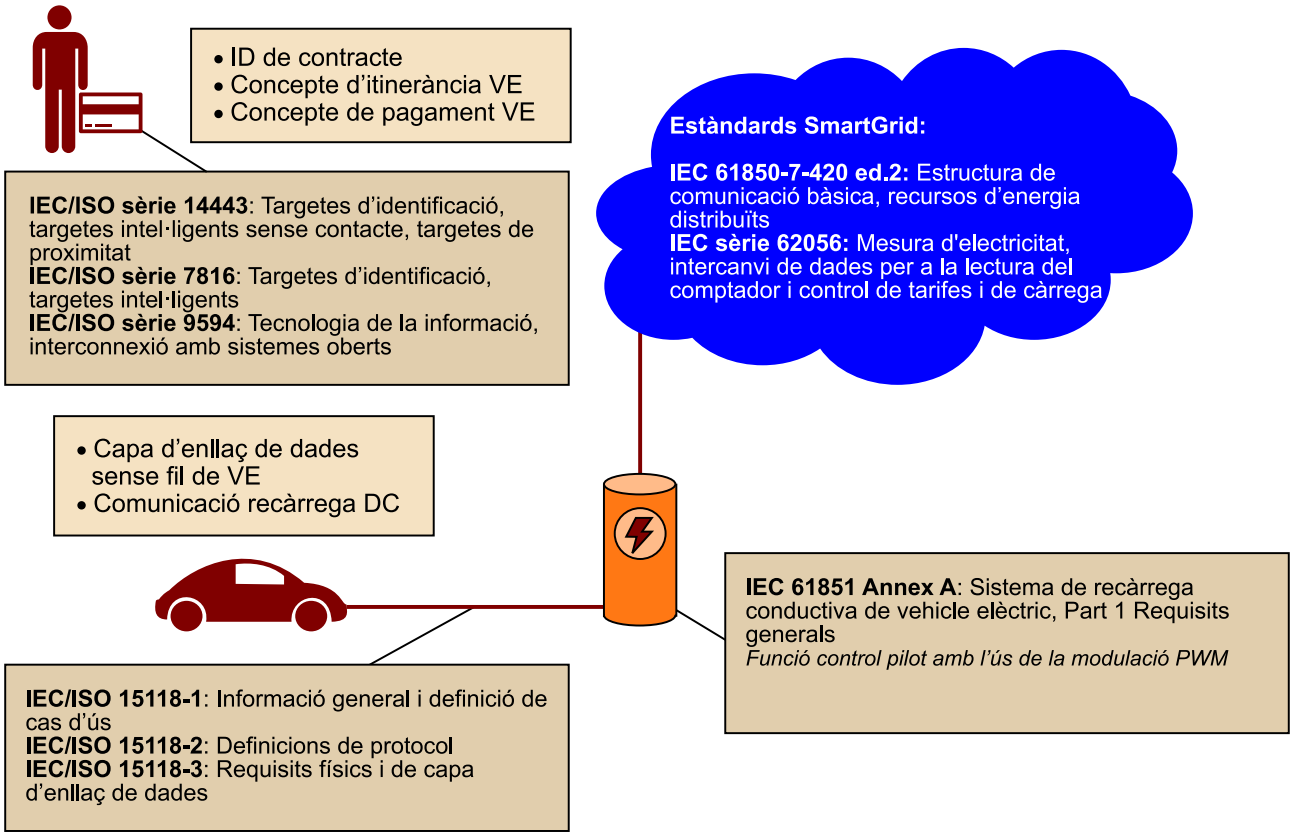
- **En els VE**: per a obtenir un valor comparable, cal conèixer la despesa energètica per quilòmetre dels VE –que se situa, com a mitjana, entorn dels

120 Wh/km– i el CO_2 del mix energètic del país –que, en el cas d'Espanya, és de 0,386 g/Wh. Si fem la multiplicació pertinent, obtenim que un VE a Espanya genera 46 grams de CO_2 per quilòmetre.

Si a tot això hi afegim que les energies renovables tenen cada vegada un protagonisme més important en el mix energètic i que, a més, com veureu més endavant, amb els sistemes i comunicacions adequats podem fer que els VE carreguin en hores de màxima producció d'energia verda, el transport elèctric serà sens dubte una de les claus per al desenvolupament sostenible de les futures ciutats intel·ligents.

Com podeu veure en la figura 7, de l'organisme d'estandardització europeu CEN/CENELEC, el VE té múltiples interfícies de comunicació: entre l'usuari i el punt de recàrrega, entre el VE i el punt de recàrrega, en la gestió de l'energia per a la integració en les *smart grids* i en les interfícies de pagament. En totes aquestes interfícies, les TIC tenen un paper fonamental. En els propers subapartats trobareu una descripció de la majoria d'aquestes interfícies.

Figura 7. Interfícies de comunicació del VE definides per l'organisme CEN/CENELC i els seus estàndards més rellevants



Font: CEN/CENELC.

2.1.1. Punts de recàrrega

Els VE, igual que fem en l'actualitat omplint de gasolina els dipòsits dels ICE, han de carregar les bateries una vegada estiguin descarregades o segons les necessitats de l'usuari del vehicle. En funció de la quantitat de potència que se subministra als VE, la càrrega es pot considerar lenta o ràpida. Una càrrega

lenta correspon a potències com les que hi ha actualment disponibles en els endolls domèstics (3,6 kW), mentre que es considera càrrega ràpida quan gestionem potències superiors a 50 kW. Perquè us en feu una idea, aquests 50 kW serien pràcticament la suma de la potència que tenen contractades deu famílies als domicilis respectius. Hi ha també potències intermèdies de càrrega, que es coneixen com a *solucions de càrrega semiràpida*.

En tots els tipus de càrrega, és primordial garantir tant la seguretat dels usuaris com la seguretat de la bateria i del vehicle. Per aquest motiu, els connectors de càrrega de VE no solament serveixen per a transportar l'energia, com és el cas per exemple de l'endoll d'una rentadora, sinó que disposen de pius addicionals dedicats a comunicacions.

Tal com podeu observar en la figura 8, els connectors disposen de diversos pius que transmeten constantment informació del vehicle al punt de recàrrega i en els quals es monitora l'estat del VE i de la bateria, la gestió de l'energia i temes de seguretat.

Figura 8. Detall de les connexions d'un endoll de càrrega lenta i d'un endoll de càrrega ràpida CHAdeMO

Reflexió

Per què penseu que totes les comunicacions entre el VE i l'EVSE es basen en mitjans físics cablejats i no en tecnologies sense fil?

A continuació descrivim els tipus de comunicacions més utilitzats en l'actualitat entre el VE i el punt de recàrrega (EVSE, acrònim de les paraules angleses *electric vehicle supply equipment*), basats en comunicacions per cable.

Control pilot

Les primeres formes de comunicació entre el vehicle i l'EVSE es van aconseguir amb l'ús del *control pilot*. Originalment, els senyals pilot es van dissenyar per a proporcionar controls de seguretat extres, com la verificació de la inserció correcta dels connectors i la comprovació permanent de la continuïtat del conductor de la posada a terra entre l'equip de recàrrega i el VE. La funció del *control pilot* és evitar la transferència d'energia en cas que hi hagi alguna deterioració en els cables o en els connectors.

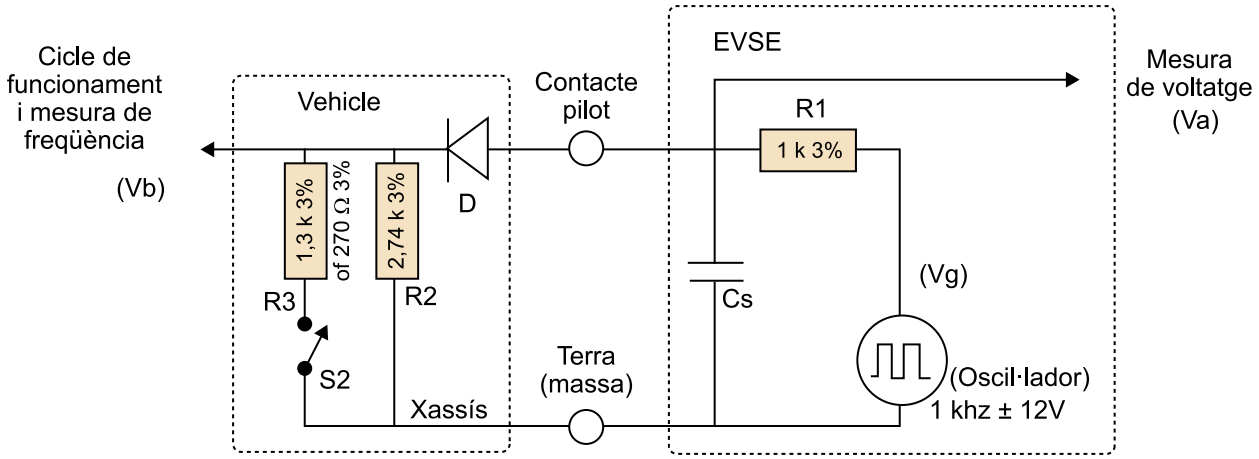
Una versió millorada del senyal pilot es basa en la modulació per amplària d'impuls (PWM). L'ús de la PWM en l'aplicació de la mobilitat elèctrica ha estat definida en la norma SAE J1772 i en l'IEC 61851, que determina de manera molt simple una comunicació bidireccional entre la infraestructura i el vehicle.

El senyal PWM afegeix la capacitat de poder comunicar-se amb la infraestructura de recàrrega transmetent camps i paquets de petita grandària i poca amplada de banda.

Entre els missatges que es poden transmetre mitjançant PWM hi ha:

- verificació que el vehicle està connectat correctament;
- activació del sistema: solament permet la connexió de la tensió d'alimentació quan la funció pilot entre l'EVSE i el VE s'ha establert correctament;
- selecció del corrent de càrrega del VE;
- autorització de la retenció o liberalització mecànica del connector;
- detecció i ajust en temps real de la potència disponible en el sistema d'alimentació;
- verificació del corrent màxim admissible pel cable de connexió utilitzat, i
- determinació de requisits de ventilació de l'àrea de càrrega.

Figura 9. Circuit *control pilot* entre VE i EVSE



Actualment tots els VE que es venen a Espanya porten incorporat el piu de *control pilot* per rebre i monitorar els senyals descrits abans. En el cas de la infraestructura, la recomanació dels principals experts, tant del sector de l'automòbil

com del sector energètic, és que, per maximitzar la seguretat, la infraestructura de recàrrega sempre ha de portar incorporats aquests senyals. Quan el VE i l'EVSE en tenen, la recàrrega es coneix com a *mode 3*.

Figura 10. Exemple de punt de recàrrega mode 3 i les seves característiques tècniques

Caja Parking 1 toma trifásica (400 $V_{c.a.}$, 32 A, 21 kW)
- Cuerpo rectangular en acero de reducidas dimensiones
- Funciones completas **modo 3** norma **IEC 61851-1**
- Dimensiones 230x166x130mm (Ancho x Alto x Hondo)
- Incluye contaje de energía, sistema de prepago mediante tarjetas de proximidad **ISO 14443A**, display de información de créditos disponibles y estado de la carga
- Incluye 1 toma tipo II según norma **IEC 62196-2**
- Incluye comunicaciones RS-485.

Font: catàleg comercial de Circutor

La figura 10 és una captura d'un catàleg comercial de l'empresa Circutor, en el qual es detallen les característiques tècniques d'un punt de recàrrega domèstic. Per tant, podeu comprovar que les tecnologies que heu estudiat en els paràgrafs anteriors (com la PWM) s'apliquen en un producte comercial. A més, podeu veure que també incorpora comunicacions RS-485.

Vegeu també

Podeu estudiar amb més detall les comunicacions RS-485 en el subapartat "Comunicacions entre un concentrador i els punts de recàrrega" d'aquest mòdul.

Power line communications

El senyal PWM, descrit abans, és una comunicació simple que busca sobretot garantir la seguretat dels VE, de les persones i de la infraestructura. Per a aplicacions que requereixen una amplada de banda més gran per a enviar més informació, s'ha proposat en els organismes d'estandardització ISO/IEC 15118 l'ús de *power line communications* (PLC).

El terme ***power line communications*** es refereix a diferents tecnologies que utilitzen les línies d'energia elèctrica o els cables elèctrics per a transmetre senyals de comunicacions. La tecnologia PLC aprofita la xarxa elèctrica per a convertir-la en una línia digital de transmissió de dades.

Per saber més de PLC

Un llibre pràctic sobre l'ús de PLC en diversos conceptes de *smart cities* com són les xarxes elèctriques intel·ligents, els vehicles elèctrics i els edificis intel·ligents és *Power Line Communication Technologies for Smart Grids, Smart Cars, and Smart Homes*, de Krzysztof Iniewsk.

HAN

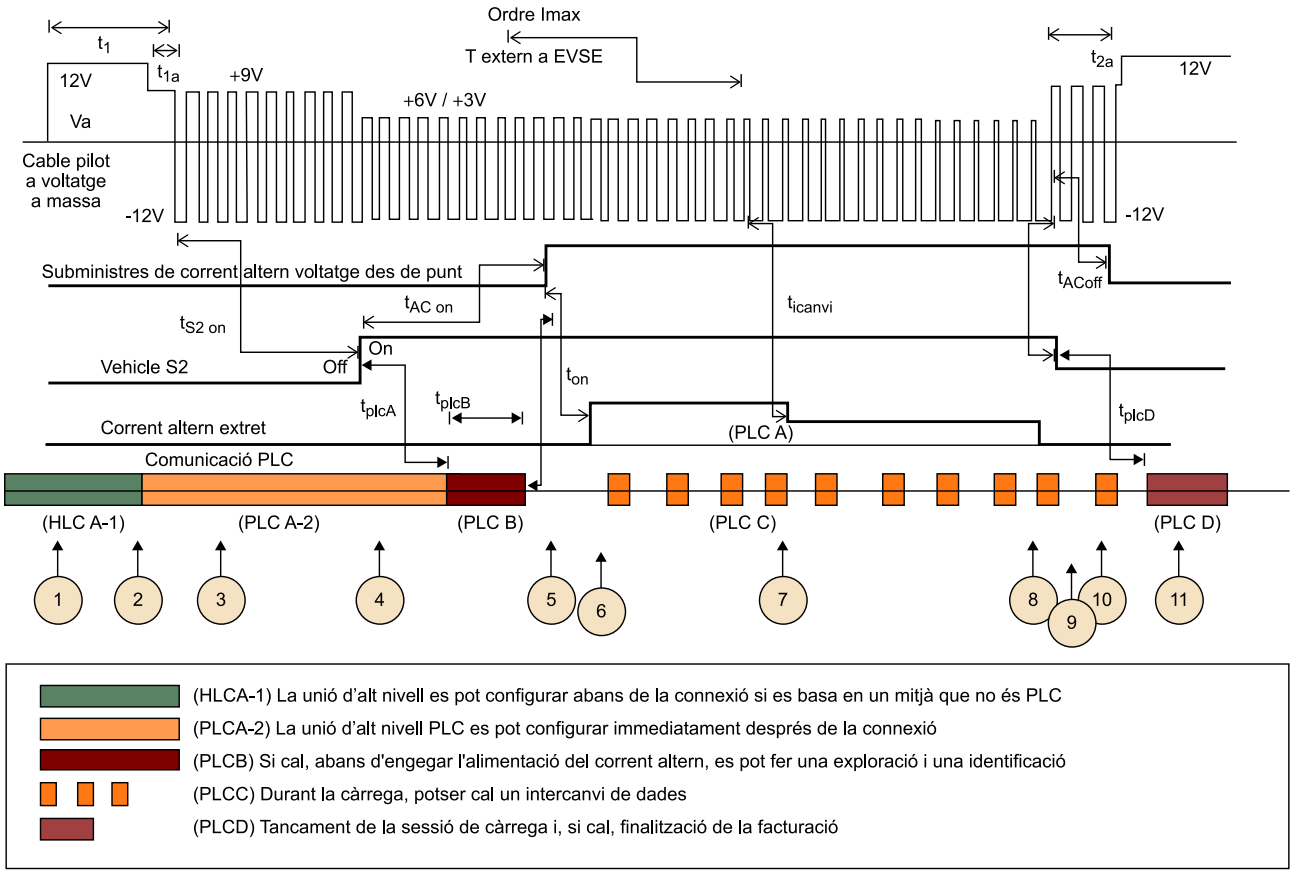
La xarxa HAN (*home area network*) és una xarxa local residencial que permet la comunicació de petits dispositius residencials i fins i tot ordinadors personals. Les HAN són especialment rellevants en els conceptes de *smart home*, ja que poden proporcionar a l'usuari sistemes i mesures per controlar-ne i gestionar-ne el consum energètic, així com per poder connectar altres dispositius digitals.

Els dispositius per a controlar la llar, com els comptadors intel·ligents, funcionen mitjançant la modulació d'una ona portadora la freqüència de banda estreta de la qual oscil·la entre els 20 i 200 kHz injectada en el cablejat domèstic d'energia elèctrica des del transmissor. Aquesta ona portadora és modulada per senyals digitals. Cada receptor del sistema de control té una adreça única i és governat individualment pels senyals enviats pel transmissor.

Per a aplicacions de banda ampla del VE, s'està treballant en freqüències entre els 2 i els 30 MHz (IEEE P1901.2 HomePlug Green PHY). En usar PLC basades en OFDM (*orthogonal frequency-division multiplexing*) per a la comunicació amb els VE, aquests mateixos senyals poden ser utilitzats per a comunicar-se amb una possible *home area network* (HAN) de l'usuari.

En la figura 11 podeu veure un exemple de proposta de comunicacions entre EV i EVSE. Aquesta figura barreja els senyals de comunicacions amb els senyals i *timings* d'energia. El senyal PLC A-2 correspon a la sincronització del sistema PLC que es produeix en endollar el connector. Podeu veure que el senyal pilot comença a transmetre també la PWM en el mateix moment (tensió a terra del cable pilot). El senyal PLC B indica que el *link* ja s'ha establert i es poden transmetre, per exemple, dades d'identificació. Just després, el punt de recàrrega comença a lliurar energia (senyal tensió alterna subministrada pel punt de recàrrega). Durant el procés de càrrega, PLC C, es va transmetent informació a intervals. El senyal PLC D correspon al final de la transacció.

Figura 11. Exemple de *timings* PLC proposats per a la comunicació del VE amb l'EVSE



Font: IEC.

Els serveis que podem obtenir amb la inclusió de comunicacions basades en PLC entre el vehicle i la infraestructura són:

- la transmissió de dades d'autenticació directament des del vehicle a la infraestructura (*plug & charge*);

- la transmissió de l'estat de la xarxa elèctrica cap al vehicle amb la finalitat de limitar la demanda de potència durant condicions crítiques;

- la negociació de les tarifes d'energia d'acord amb els contractes comercials del client;

- la transmissió de serveis de gestió de la demanda de l'operador de mobilitat elèctrica cap al vehicle;

- la comunicació bidireccional amb altres *stakeholders* per a l'obtenció de serveis addicionals, i

- la garantia de la seguretat per risc elèctric i la privadesa dels usuaris.

Comunicacions CAN

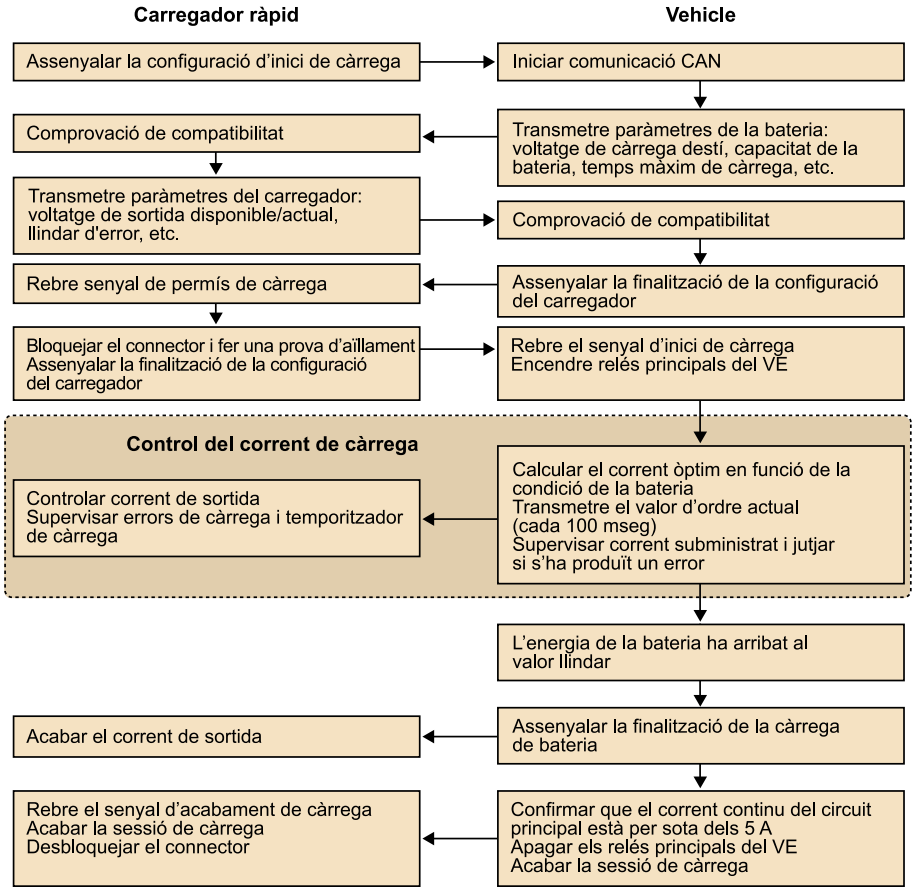
Els VE actuals que disposen de càrrega ràpida (potències superiors als 50 kW) es basen en l'estàndard *de facto* CHAdeMO. Aquest estàndard, basat en una càrrega en corrent continu, utilitza un connector (vegeu figura 8) que conté dos pius digitals dedicats a la comunicació entre el VE i l'EVSE. El protocol CHAdeMO està basat en el bus CAN (*controller area network*), ja que utilitza aquest bus per a obtenir la informació que necessita del VE.

CAN va ser desenvolupat inicialment per a aplicacions en els automòbils i, per tant, la plataforma del protocol és resultat de les necessitats existents a l'àrea de l'automoció. L'establiment d'una xarxa CAN per a interconnectar els dispositius electrònics interns d'un vehicle té la finalitat de substituir o eliminar el cablejat intern.

CHAdeMO

L'associació CHAdeMO representa fabricants de vehicles, fabricants d'infraestructura, companyies elèctriques i organismes administratius, entre d'altres, i promou el desenvolupament d'una infraestructura de recàrrega ràpida establint un protocol de comunicacions, uns connectors i unes especificacions elèctriques dels carregadors comuns per tots els VE. El nom és un joc de paraules per a la frase en japonès *o cha demo ikaga desuka*, que vol dir 'prenguem te mentre es carrega'.

Figura 12. Seqüència del sistema de càrrega ràpida CHAdeMO



Font: CHAdeMO.

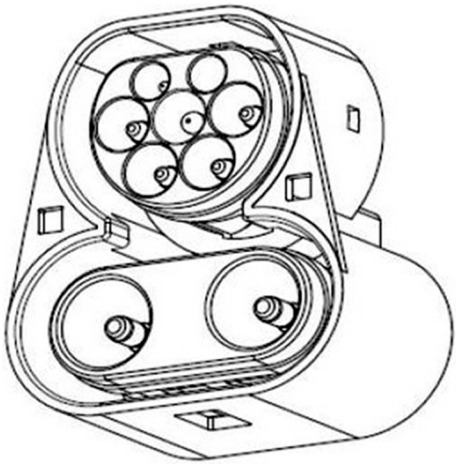
CHAdeMO té un controlador que rep ordres des del VE per mitjà del bus CAN, i el carregador fixa el corrent per complir els valors de consigna del VE. Per mitjà d'aquest mecanisme, és possible la càrrega ràpida òptima en funció de les condicions i del rendiment de la bateria i de l'entorn d'ús.

Figura 13. Primer punt públic de recàrrega ràpida CHAdeMO instal·lat a Espanya, que es troba en el districte 22@ de Barcelona

Actualment hi ha instal·lats més de 1.100 punts CHAdeMO a tot el món, la major part al Japó. Entre els vehicles equipats amb CHAdeMO que estan a la venda hi ha el Nissan Leaf, Mitsubishi i-miev, Peugeot i-on i Citroën C-zero.

En l'actualitat els fabricants d'automòbils europeus, principalment germànics (VW, Audi, BMW, Daimler), estan desenvolupant el seu propi estàndard de càrrega ràpida en corrent continu, conegut com a *Combo 2*. Com el seu nom suggereix, combina la forma dels connectors actuals de càrrega lenta i els seus pius de control amb dos connectors de corrent continu. El Combo 2 farà servir PLC de la companyia Home Plug com a tecnologia de comunicacions.

Figura 14. Connector Combo 2 que farà servir la tecnologia PLC



Reflexió

Té sentit crear un estàndard nou de càrrega ràpida, basat en PLC, quan CHAdeMO, basat en CAN, ja funciona i està instal·lat a tot el món? Per què penseu que s'ha desenvolupat el Combo 2?

Comunicacions entre un concentrador i els punts de recàrrega

Si en entorns o aparcaments públics hi ha diversos punts de recàrrega, es poden controlar per mitjà d'una unitat central, que concentra totes les comunicacions i la intel·ligència necessària per a rebre ordres aigües amunt d'un operador i enviar ordres aigües avall als diferents punts de recàrrega. Les comunicacions aigües avall es poden fer de múltiples formes. Les més utilitzades són les comunicacions RS-485, Ethernet amb TCP/IP o tecnologies sense fil com ZigBee.

Aquestes solucions de comunicació permeten gestionar la recàrrega d'un gran nombre de vehicles elèctrics de forma intel·ligent, controlant els diferents paràmetres de la xarxa elèctrica i els vehicles que s'hi connecten, així com les preferències de l'usuari i del gestor de l'aparcament. El sistema permet carregar en les condicions més favorables segons les tarifes elèctriques, o de forma immediata si així ho requereix l'usuari. Al mateix temps, el gestor de l'aparcament pot optimitzar al màxim l'instal·lació fent un control de potència, que s'encarregaria de gestionar les càrregues dels vehicles elèctrics i la capacitat de la línia per evitar que es pugui saturar i, alhora, l'aprofitaria al màxim.

2.1.2. Identificació dels usuaris

Per a la recàrrega en llocs públics o en aparcaments on cal algun filtre per a impedir la connexió d'usuaris no desitjats, hi ha múltiples sistemes que permeten identificar els usuaris.

Les dades de l'usuari de què caldria disposar una vegada que aquest s'identifica són les següents:

Taula 2. Dades que cal considerar per a poder validar un usuari de VE

Tipus	Informació
Informació en el sistema	ID del contracte Data de registre Contrasenya de l'usuari (si en té) Mètode de pagament
Informació personal	Nom ID Informació de la targeta de crèdit Informació de contacte (adreça electrònica, telèfon, adreça)
VE	Ús (comercial, privat; cotxe, moto) Model, marca Matrícula Tipus de bateria Lloc de registre

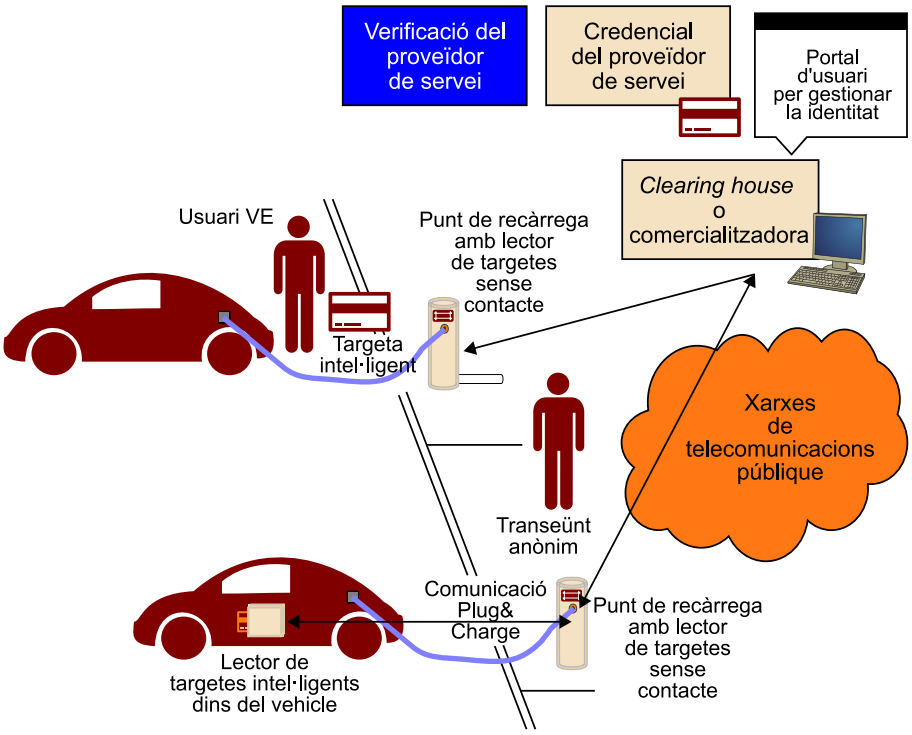
Font: projecte G4V

Projecte G4V

El projecte G4V, de l'anglès *grid for vehicles*, és un projecte del setè programa marc europeu, que va estudiar l'impacte de la introducció massiva dels VE a Europa. Aquest impacte es va considerar en tots els àmbits: ambiental, social, en les TIC, en l'impacte a la xarxa elèctrica, en l'operació del sistema elèctric i en els possibles models de negoci associats als VE. Teniu tots els resultats del projecte disponibles a www.g4v.eu.

La validació de l'usuari es pot fer de forma local en el mateix punt de recàrrega o en els servidors de l'empresa que ofereix els serveis. En aquest últim cas, la infraestructura ha de disposar dels mitjans adequats per a poder enviar la informació de l'usuari, validar si és un usuari fiable i donar-li accés.

Figura 15. Infraestructura necessària per a identificar els usuaris de VE de forma remota

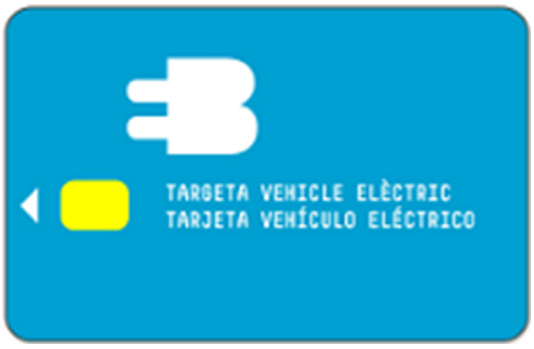


Font: projecte G4V.

La principal dada que cal validar és la identificació d'usuari. Aquesta identificació es pot emmagatzemar en múltiples formats:

- **RFID**: en la identificació per radiofreqüència (RFID), l'usuari disposa d'un *token* físic, en general una targeta, que conté una etiqueta RFID. L'estació de càrrega llegeix la identificació del conductor, present en la targeta RFID, per mitjà d'un lector integrat. Aquesta informació es processa per a vincular la informació de la RFID amb el tipus de contracte o amb el tipus de client. Com s'ha comentat, aquest pas requereix una cerca en una base de dades de contractes i els usuaris es poden validar localment en l'estació de càrrega o, en la majoria dels casos, amb un sistema remot que conté la base de dades de codis vàlids i dels contractes vigents. En el sistema central, les entrades RFID es poden crear i vincular a un contracte específic del client. D'altra banda, per a afegir més seguretat, a una targeta RFID se li pot donar una vida definida amb la finalitat de desactivar-la automàticament després d'un termini, de manera similar al període de caducitat de les targetes de crèdit.

Figura 16. Targeta d'identificació d'usuari de VE amb tecnologia RFID i xip



Lectura recomanada

Si voleu analitzar amb detall el procés de validació d'un usuari amb un punt de recàrrega, podeu consultar els documents públics de Better Place sobre l'intercanvi d'informació del procés: http://ww2.betterplace.com/rs/betterplace/images/SPC_CS_Membership CardReaderMsgExchange_122011_R_1.0.pdf.

- **Targetes amb xip (targetes intel·ligents)**: una targeta intel·ligent és un dispositiu que inclou un xip de circuit integrat que pot ser un microcontrolador amb una memòria interna o un xip de memòria. La targeta es connecta a un lector amb contacte físic directe o amb un sistema remot sense contacte, basat en una interfície de radiofreqüència. Amb un microcontrolador, les targetes intel·ligents tenen la capacitat d'emmagatzemar grans quantitats de dades i fer funcions avançades (per exemple, el xifratge i l'autenticació mútua) i interactuar de forma intel·ligent amb un lector de targetes. La tecnologia de targetes intel·ligents s'ha d'ajustar a les normes internacionals (ISO/IEC 7816 i ISO/IEC 14443), i estan disponibles en una varietat de factors i formes, incloent-hi targetes de plàstic, clauers i targetes SIM com les que es fan servir en els telèfons mòbils GSM.

- **NFC**[3]: són tecnologies de comunicació sense fil, de curt abast i alta freqüència que permeten l'intercanvi de dades entre dispositius a menys de deu centímetres. Com que és una tecnologia que estarà present en la majoria dels *smartphones*, s'albira com una de les solucions amb més futur per a identificar els usuaris de VE i, al mateix temps, per a poder fer el pagament en els punts de recàrrega.

(3)De l'anglès *near field communication*.

- ***Plug & charge***: el vehicle transmet la identificació de l'usuari de forma automàtica quan aquest es connecta a l'estació de recàrrega, com en el vehicle de la part inferior de la figura 15. En aquests casos, les tecnologies que cal utilitzar per a comunicar aquestes dades són les que heu vist en l'apartat "Punts de recàrrega" d'aquest mòdul, relatiu als punts de recàrrega PLC, PWM o CAN.

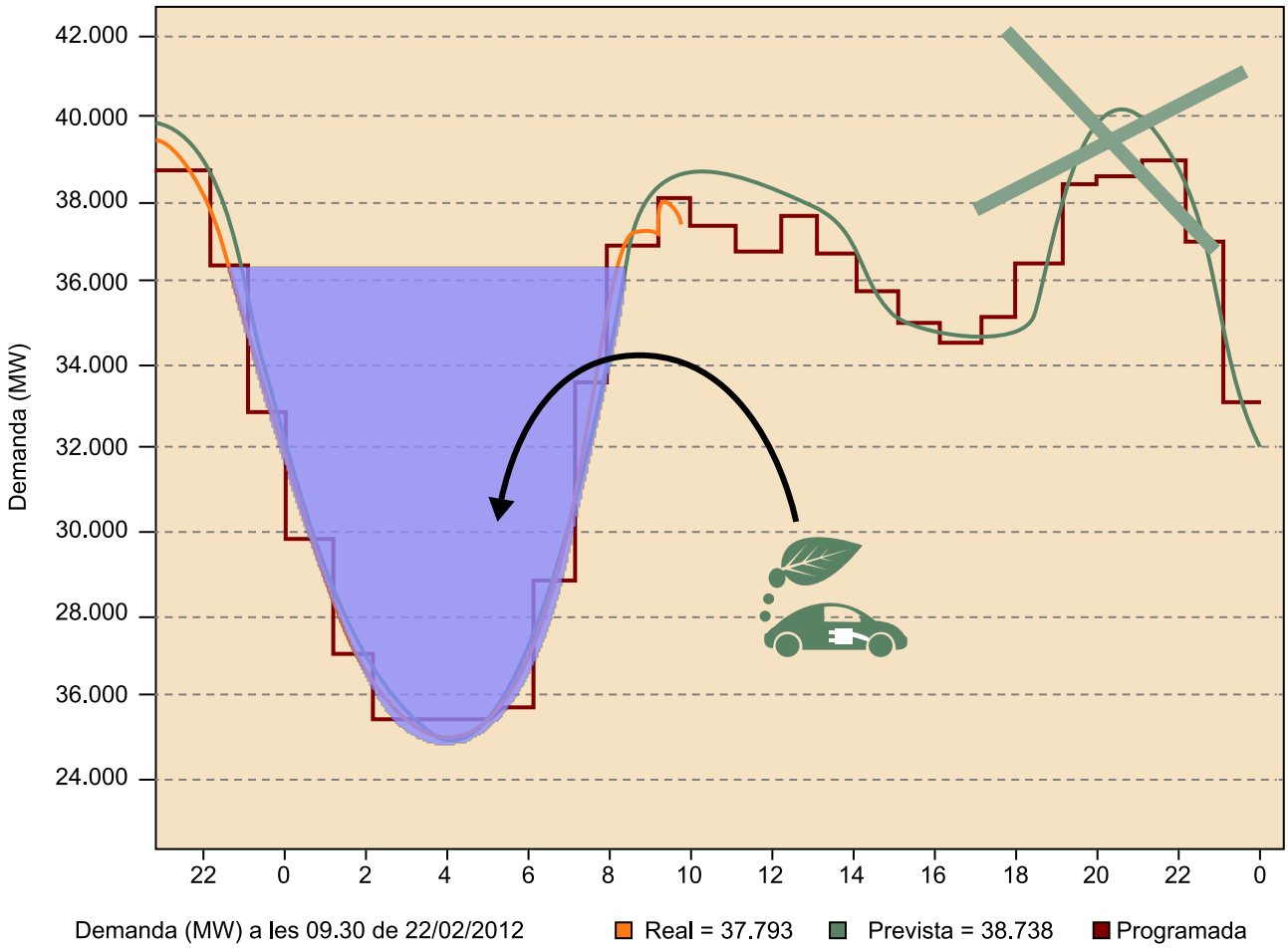
2.1.3. Gestió de l'energia

La recàrrega dels VE pot tenir a mitjà i llarg termini un gran impacte en el sistema elèctric i, especialment, a la xarxa de baixa tensió. Per a disminuir la inversió en actius nous, que al final repercuteixen en el preu final de l'energia que paga el consumidor, cal controlar la càrrega dels VE perquè es pugui fer amb pràcticament la mateixa xarxa elèctrica actual. En altres paraules, és més

econòmic invertir en intel·ligència a la xarxa i en la manera de recarregar que posar tones de coure i alumini per a reforçar la xarxa per a pics màxims puntuals.

Per a aconseguir aquest objectiu, la gestió de la càrrega dels vehicles s'ha d'optimitzar perquè es produeixi en les hores vall de la demanda d'energia i evitar que es carreguin en les hores de màxim consum, tal com es reflecteix en la figura 17.

Figura 17. Moments de càrrega òptims del VE a partir de la corba de demanda d'energia elèctrica diària



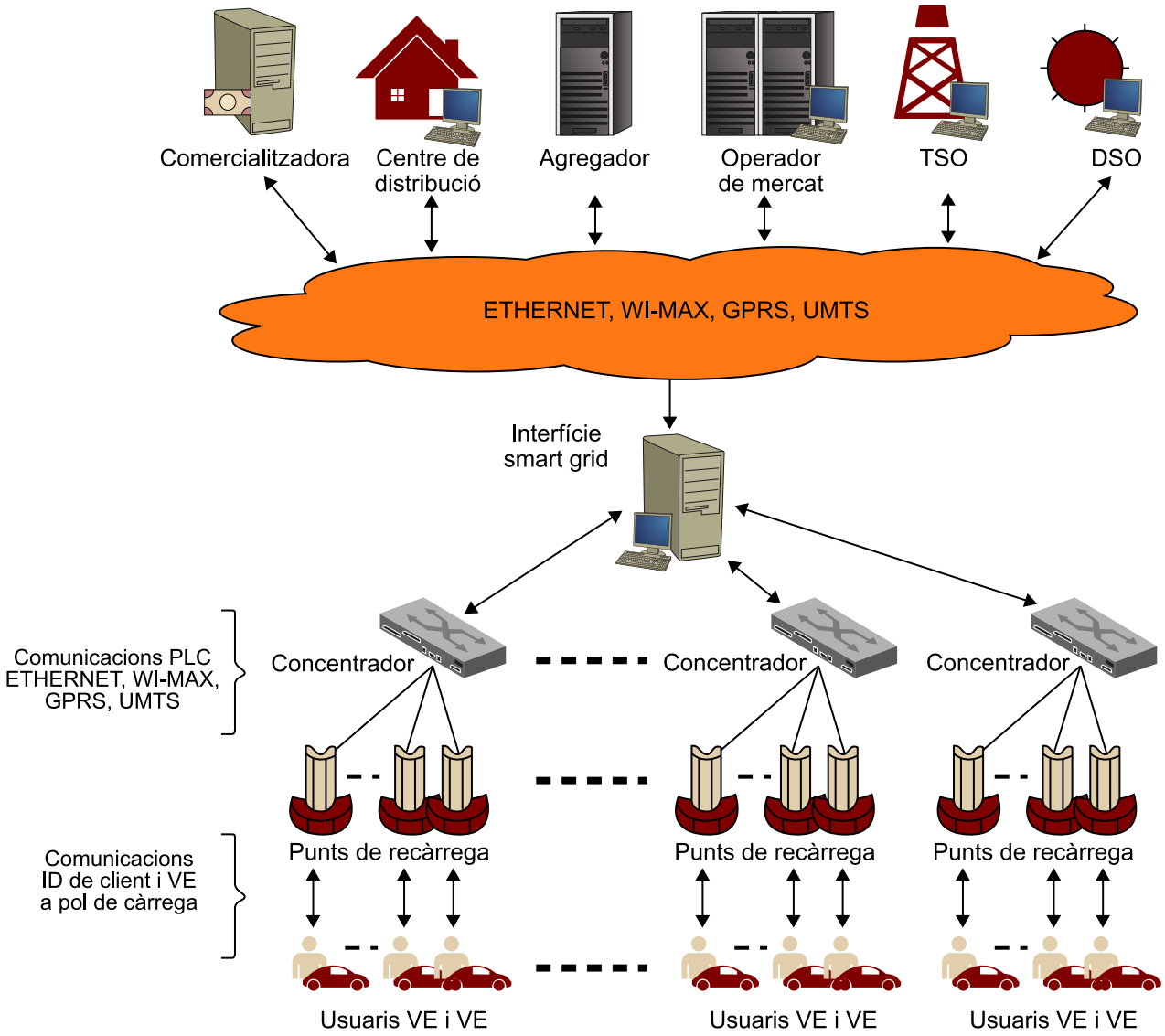
La figura 17 representa una corba típica diària de càrrega del sistema elèctric espanyol obtinguda de l'operador del sistema elèctric, Red Eléctrica de España. Com podeu apreciar, a les 4.00 h la demanda d'energia és mínima, mentre que a les 12.00 h i a les 20.00 h es produeixen els pics de demanda. Els sistemes de recàrrega intel·ligents han de poder gestionar la càrrega dels VE prioritzant-ne la càrrega en hores nocturnes, quan es podria carregar tot el parc automobilístic, suposant que fos elèctric.

Ja heu vist que mitjançant les TIC podem comunicar el punt de recàrrega amb els VE i, al mateix temps, mitjançant un concentrador de punts de recàrrega, podem fer una petita gestió dels diferents punts que s'hi comuniquen. Ara, no obstant això, hem de definir quin tipus de comunicacions calen per a poder gestionar les càrregues i, per tant, hem de definir què necessitem per a habili-

tar-les, reduir-les i fins i tot parar-les des d'un centre de control; en definitiva, hem de definir les necessitats de comunicacions i sistemes per controlar les càrregues dels VE.

Els requisits de comunicació depenen en gran manera dels actors involucrats en el procés. Això depèn bàsicament del model de negoci i dels requisits operatius de la xarxa. Per simplificar el procés, presentarem un model possible de comunicacions recomanat pel projecte europeu G4V.

Figura 18. Possible arquitectura de comunicacions per al control de la càrrega dels VE



Font: G4V.

L'arquitectura proposada té en compte les necessitats d'evolucions futures del control de la xarxa de distribució mitjançant la incorporació d'un dispositiu concentrador de dades que s'instal·laria en els centres de transformació. Tal com es fa servir per a la gestió dels comptadors intel·ligents, es pot utilitzar un *gateway* molt similar. Aquest dispositiu es comunica amb el sistema central

i controla diversos punts de recàrrega. D'altra banda, el punt de recàrrega es gestiona de forma remota per un operador d'e-mobilitat, ja sigui directament per mitjà de la interfície WAN, o indirectament amb un concentrador.

Així, el concentrador (si està present) és l'element que es pot connectar directament amb el punt de recàrrega, i la seva finalitat és la recollida i la gestió de les dades del punt de càrrega. La infraestructura de comunicació emprada per als comptadors intel·ligents també es pot fer servir per a les comunicacions de VE si els actors implicats arriben a un acord.

Quan s'analitzen les arquitectures de comunicació, també són factors clau els costos i que la implementació sigui senzilla. En contrast amb les comunicacions aigües avall del concentrador, la distància entre els agents implicats podria arribar a ser extensa i la instal·lació de la nova infraestructura per a establir aquestes comunicacions podria incrementar considerablement els costos. Per tant, les comunicacions sense fil (com GPRS, UMTS o Wi-MAX) o l'ús d'una infraestructura ja existent (Ethernet, FTTH, PLC) són les alternatives més viables en les comunicacions aigües amunt del concentrador. El nombre de punts de recàrrega que es poden agrupar en cada concentrador depèn de la tecnologia d'accés de l'última milla utilitzada i de la densitat de punts de càrrega presents a la zona.

FTTH

FTTH (*fiber to the home*) es basa en la utilització de cables de fibra òptica i sistemes de distribució òptics adaptats per a la distribució de serveis avançats, com la telefonia, televisió i Internet.

2.1.4. Sistemes d'informació i serveis

En el món de l'electromobilitat, cal disposar de sistemes i comunicacions que puguin interactuar amb els usuaris perquè puguin estar informats en tot moment. Per a aconseguir-ho, els sistemes han de ser capaços de transmetre la informació de forma bidireccional i, en molts casos, de forma transparent a l'usuari.

En els apartats anteriors, heu pogut comprovar que part de la informació que generen els VE, la tracten sistemes complexos i servidors, que per exemple han de validar els usuaris per donar-los accés a un punt de recàrrega. Al seu torn, aquests sistemes estan dissenyats per a oferir serveis a l'usuari, ja que aquestes empreses volen competir entre elles per prestar els millors serveis i tenir el nombre més gran possible d'usuaris, la qual cosa representa beneficis més grans. Entre aquests serveis trobaríem, per exemple, informar el conductor dels punts de recàrrega més propers, dels punts de recàrrega que pot trobar a la destinació, de la disponibilitat d'aquests punts, de la reserva d'un d'ells, el preu, la quantitat d'energia renovable utilitzada en la càrrega, etc.

A continuació, veureu diferents exemples de sistemes i serveis que fan diverses empreses, des de models més simples que fan servir poc les TIC fins a casos d'empreses que venen serveis d'electromobilitat i que han dissenyat estructures de control i de comunicacions molt potents.

Aplicació Nissan Leaf

Nissan ofereix una aplicació per a *smartphones* amb la qual és possible comunicar-se amb el vehicle de forma remota i obtenir-ne informació.

Figura 19. Aplicació de *smartphones* per al control del Nissan Leaf

Per exemple, per a climes freds, hi ha la possibilitat de fer una preclimatització del VE abans de fer-lo servir, tal com s'aprecia en la captura del mitjà de la figura 19. D'aquesta manera, s'aprofita que el VE encara està connectat a la xarxa elèctrica i que l'energia que es fa servir per a la climatització inicial no és de la bateria i, per tant, no n'afectarà l'autonomia. La mateixa aplicació permet saber l'estat de càrrega de la bateria i l'autonomia disponible del VE.

Amb aquesta aplicació, és possible conèixer l'estat de la bateria del nostre VE de forma remota, amb la qual cosa podríem emprendre de nou el viatge un cop aconseguida la xifra esperada d'energia, i fins i tot és possible parar o activar la càrrega, per exemple, engegant-la en moments de poc consum de l'habitatge o en moments de preus baixos de l'energia.

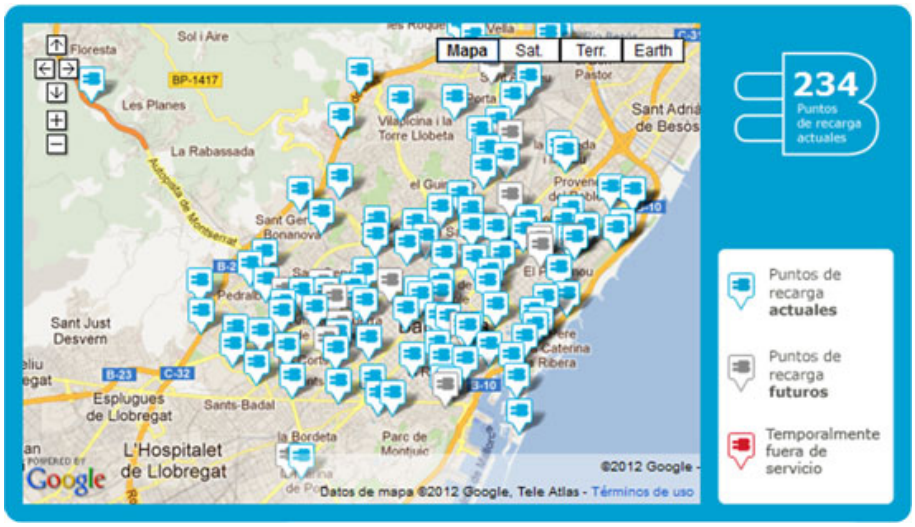
Oficina LIVE Barcelona

L'oficina Live (logística per a la implementació del vehicle elèctric) és una plataforma publicoprivada que va néixer amb l'objectiu de donar suport i impulsar el desenvolupament de la mobilitat elèctrica a la ciutat i a l'àrea metropolitana de Barcelona.

L'oficina Live s'encarrega de facilitar una targeta d'identificació als usuaris de VE. Amb aquesta targeta és possible carregar en tots els punts de recàrrega públics de la ciutat de Barcelona operats per diverses empreses. Per això, els diferents operadors, quan donen d'alta un client, han d'informar uns sistemes centrals operats actualment per l'Ajuntament, que garantiran a l'usuari la recàrrega en altres punts operats per una altra empresa.

A la pàgina web de l'oficina Live és possible consultar la ubicació dels punts de recàrrega, així com conèixer-ne l'estat.

Figura 20. Mapa de punts de recàrrega de l'oficina Live de Barcelona

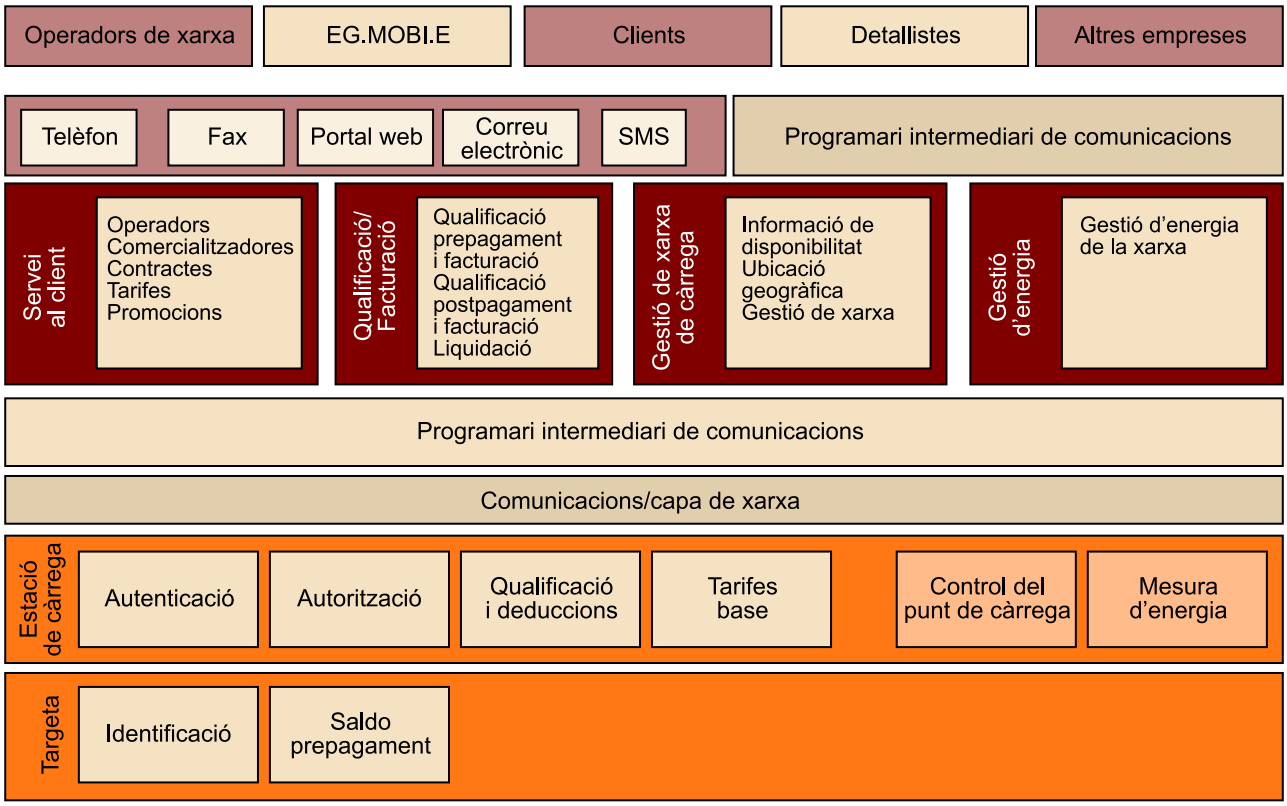


Mobi-e

És una iniciativa del Govern português que sorgeix amb motiu de la dependència energètica creixent del petroli i l'enorme impacte ambiental de l'ús de combustibles fòssils a Portugal. L'objectiu és millorar la qualitat de vida dels ciutadans portuguesos.

Mobi-e és una xarxa que integra els diferents punts de recàrrega que hi ha al país i que comparteixen una mateixa entitat de gestió, la qual cosa permet subministrar energia i serveis als vehicles elèctrics per mitjà d'una única targeta identificadora.

Figura 21. Sistemes desenvolupats per Mobi-e



Els sistemes desenvolupats per Mobi-e inclouen a més tots els sistemes de pagament necessaris perquè l'usuari rebi, a final de mes, una factura amb tots els processos de càrrega realitzats, amb data, hores i energia subministrada.

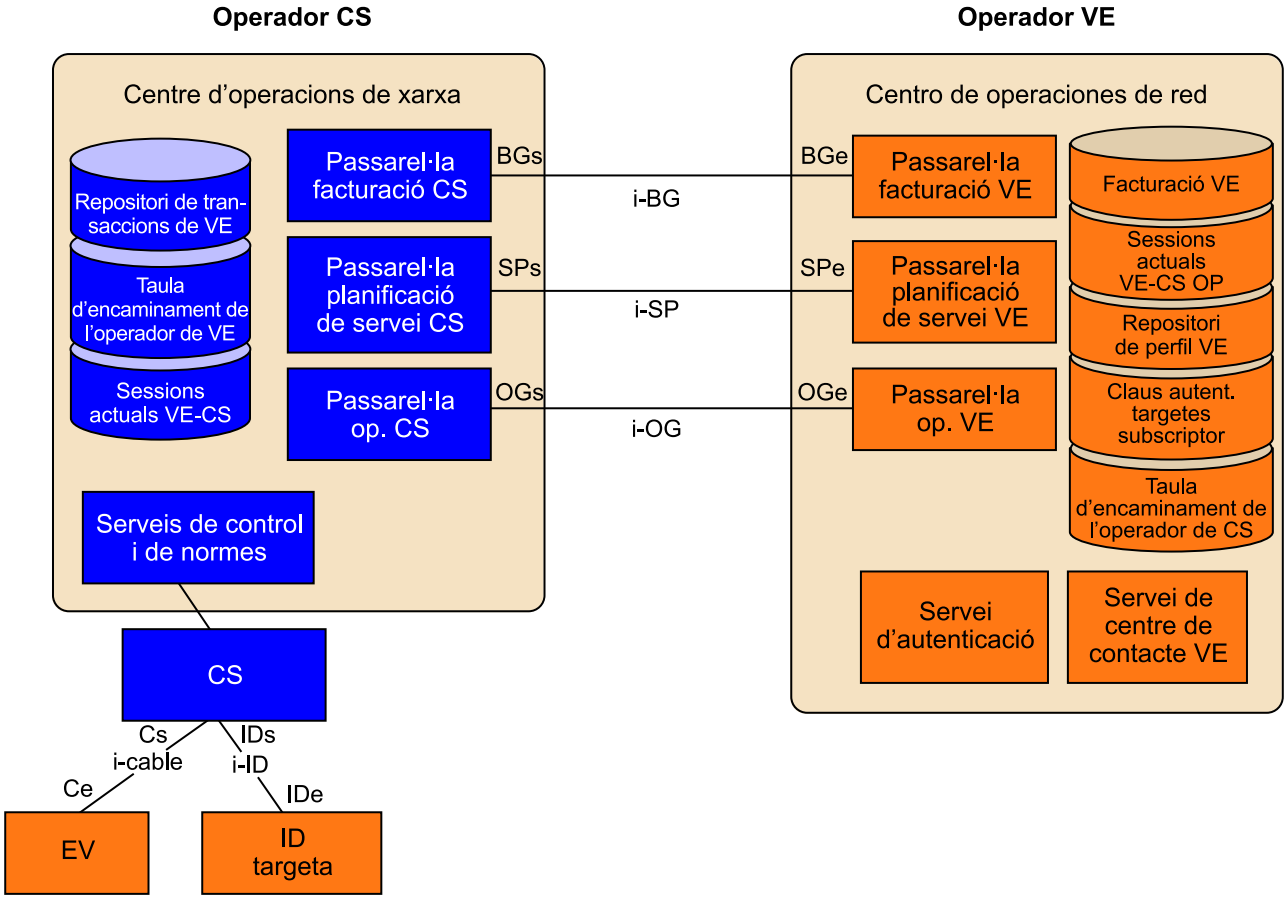
Better Place

Better Place és la primera empresa que es va constituir com a operador de serveis de mobilitat. En l'actualitat, desenvolupa la seva activitat principalment a Israel i Dinamarca, on té instal·lats ja centenars de punts de recàrrega, i en controla i en gestiona la infraestructura amb una inversió important en sistemes i comunicacions.

El model de negoci de Better Place és molt similar al dels operadors de telefonia mòbil. El cost inicial del VE es finança amb tarifes de mobilitat, que van en funció dels quilòmetres anuals recorreguts.

L'estructura de recàrrega de Better Place està controlada per un sistema intel·ligent basat en l'arquitectura .NET de Microsoft. Aquesta tecnologia permet gestionar la càrrega de centenars de milers de VE simultàniament perquè es minimitzi l'impacte a la xarxa elèctrica.

Figura 22. Sistemes de Better Place que defineixen l'operador de punts de recàrrega (operador CS) i l'operador de VE (operador EV)



Font: Better Place

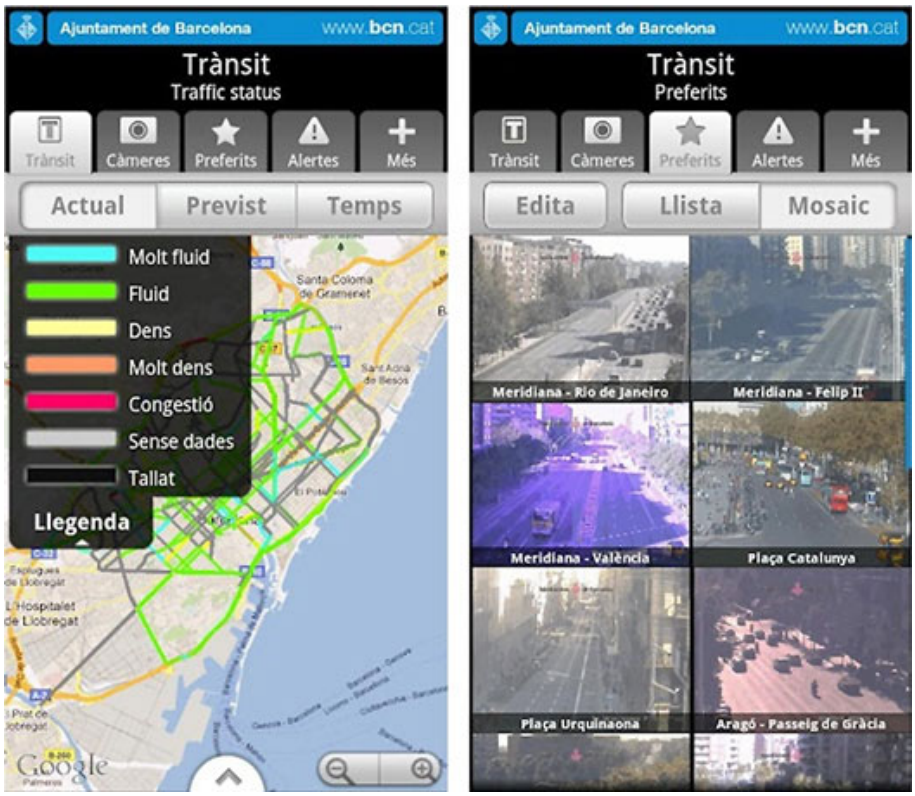
2.2. Gestió del trànsit urbà i de les zones d'aparcament

Les solucions per a la gestió del trànsit intenten facilitar al conductor la informació en temps real de l'estat de les carreteres i vies principals de la ciutat, així com gestionar les incidències produïdes, les zones afectades per obres, la durada i la sincronització dels semàfors i la senyalització existent. A això cal sumar-hi l'actualització dels mapes i les recomanacions sobre les rutes òptimes en termes de temps o de distància, així com consells per a afavorir conductes ecològiques i més sostenibles al volant, que ajuden a minimitzar l'impacte ambiental dels vehicles.

Aquests sistemes són capaços de fer un seguiment i una localització de vehicles en temps real i d'adaptar la gestió del trànsit segons les condicions actuals o previstes, a més d'adaptar-se a situacions especials com la creació de zones ràpides per als serveis d'urgències. Els sensors distribuïts al llarg de les vies urbanes proporcionen informació en temps real sobre el trànsit de la ciutat i permeten comptar vehicles, determinar de quin tipus són, calcular la velocitat i determinar la densitat actual del trànsit.

Un exemple d'ús d'aquests conceptes és el de l'Ajuntament de Barcelona, que disposa d'una aplicació per a *smartphone* (Trànsit) que facilita el seguiment del trànsit en temps real. Aquesta aplicació permet identificar la millor ruta per seguir a la ciutat amb la finalitat d'evitar obres, congestions, accidents, etc., la qual cosa estalvia temps i combustible i millora la percepció dels ciutadans respecte a la congestió urbana.

Figura 23. Aplicació Trànsit de l'Ajuntament de Barcelona per a *smartphones*



L'aplicació també es pot consultar per web (http://www.bcn.cat/transit/ca/) i utilitza Google Maps per a presentar el nivell de fluïdesa de la circulació, la qual cosa permet conèixer l'estat de les vies principals de la ciutat. L'usuari, tal com podeu veure en la figura 23, pot consultar les imatges captades per diverses càmeres desplegades pels districtes, que es van actualitzant cada deu minuts. Aquesta aplicació pot incloure un sistema d'alertes, que envia missatges a mesura que es produeixen incidències en el trànsit.

2.2.1. Gestió de places d'aparcament

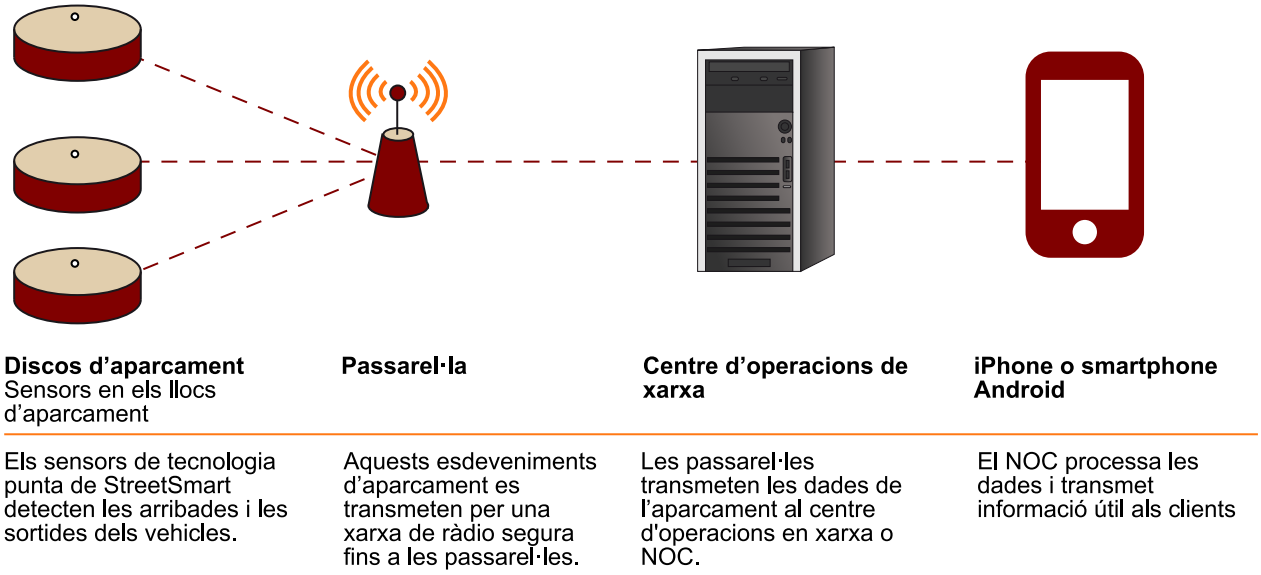
La reducció del temps necessari d'estacionament dels vehicles és un objectiu que tenen les ciutats intel·ligents, enfocat no solament a augmentar la qualitat de vida dels ciutadans, sinó també a reduir el CO_2. S'ha estimat que la disminució del temps mitjà necessari per a estacionar un vehicle de quinze a dotze minuts pot reduir en 400 tones les emissions de CO_2 en una ciutat com

Barcelona. Segons un altre estudi, s'estima que fins al 45% del trànsit a l'illa de Manhattan el generen cotxes que estan fent voltes per buscar un lloc on aparcar.

En l'actualitat hi ha diversos projectes pilot en els quals s'estan validant diferents sistemes i solucions que ajudin a disminuir el temps d'estacionament dels vehicles. Aquests sistemes es valen de sensors distribuïts per la ciutat que permeten identificar les places lliures d'aparcament, millorar el monitoratge de les zones verdes i blaves i facilitar l'ocupació de les places, amb la qual cosa s'evitarien desplaçaments infructuosos i es minimitzaria el temps de circulació dels vehicles.

A les ciutats nord-americanes de San Francisco (http://sfpark.org/) i Los Angeles, un servei en aquesta línia ofereix informació sobre la disponibilitat de places de garatge en temps real per mitjà d'una aplicació per a *smartphones*. Els ciutadans poden, mitjançant una interfície gràfica, consultar els aparcaments lliures i el seu preu.

Figura 24. Funcionament de la tecnologia StreetSmart



Font: StreetSmart Technology LLC

Els sensors detecten la presència o no presència de vehicles i ho comuniquen, amb un mètode sense fil, a un concentrador. Per a detectar si hi ha un vehicle, els sensors disposen d'un sensor òptic, que informa quan detecta una baixada de la intensitat lumínica rebuda, combinat amb un detector de camp magnètic, per a distingir si l'enfosquiment és a causa d'un vianant o de fenòmens meteorològics com els núvols. Si la informació d'ambdós detectors indica que un cotxe s'ha estacionat o ha deixat l'espai lliure, el dispositiu envia un senyal de radiofreqüència al concentrador.

Aquests emissors receptors, col·locats en entorns típicament urbans com fanals i façanes d'edificis, reben senyals d'una dotzena de sensors i envien la informació a una base de dades central. A partir d'aquí, la informació sobre els punts d'aparcaments lliures o ocupats s'envia als gestors dels aparcaments, ajuntaments, panells viaris lluminosos o telèfons intel·ligents dels conductors.

2.3. Gestió dels mitjans de transport

El creixement de la població a les ciutats i els nous hàbits de vida estan creant noves necessitats de transport urbans que s'han de complementar amb transports públics de més capacitat i que ofereixin un servei més enfocat als ciutadans.

En aquest sentit, prenen una rellevància especial les aplicacions i els sistemes que ajuden a gestionar les xarxes d'autobusos i en general, els mitjans de transport urbans, i que en milloren l'eficiència, permeten predir millor la demanda dels usuaris per optimitzar-ne l'ús, en redueixen els costos operatius, disminueixen l'impacte ambiental, n'augmenten la seguretat i, en definitiva, milloren l'experiència del ciutadà.

Aquestes aplicacions fan servir sensors instal·lats en els sistemes de transport i fan una anàlisi en temps real per predir l'arribada d'autobusos o trens i així poder informar els passatgers, ja sigui mitjançant aplicacions per als *smartphones* o per mitjà de panells d'informació en estacions, parades i fins i tot dins dels mitjans de transport mateixos. Amb tota aquesta informació, és possible replanificar rutes en temps real preveient zones amb congestions, disposar d'horaris integrats, localitzar al moment els diferents metros i autobusos i mesurar la densitat de passatgers. Amb tots aquests paràmetres, el gestor d'infraestructures de transport pot decidir addicionalment l'obertura de noves línies que ataquin necessitats concretes reals.

2.4. *Mobility sharing*

Hi ha també nombroses iniciatives per a compartir mitjans de transport, des de l'ús compartit de vehicles fins a les bicicletes públiques. Aquests serveis no necessàriament han de ser desenvolupats de manera pública, sinó que els mateixos usuaris, fent ús de les xarxes socials i de les noves tecnologies, troben la manera d'optimitzar els sistemes de transport entre persones que resideixen a prop i tenen un lloc de destinació comú.

Nota

Els Living Labs són una iniciativa de la Unió Europea, orientada a buscar nous models d'innovació oberta, de cooperació entre les administracions, empreses i ciutadania, incloent-hi en un lloc preeminent la participació ciutadana.

Un exemple en aquesta línia és el projecte iCarYou desenvolupat en el marc de la iniciativa europea Living Labs. El funcionament del servei consisteix que els conductors poden compartir el viatge amb algú i, a canvi d'això, reben una compensació del passatger amb qui comparteixen el vehicle. L'aplicació permet que conductor i passatger comparteixin informació sobre el punt de

partida i la destinació mitjançant el seu *smartphone* o per mitjà d'una aplicació disponible via web. Aquesta iniciativa permet estalviar costos, reduir les emissions de CO_2 i disminuir el trànsit, i resulta molt útil en l'àmbit urbà.

Són moltes les ciutats que estan fomentant també l'ús de les bicicletes amb l'objectiu de reduir les emissions de CO_2 i, en general, aconseguir un entorn més habitable. Els projectes de compartició de bicicletes s'estan estenent a les grans ciutats, com són el Bicing a Barcelona, el Sevici de Sevilla, el BiCi de Saragossa o el Velib de París.

En totes les ciutats, el procés de funcionament és molt similar. L'usuari abonat rep una targeta RFID que l'identifica. Quan vol fer servir una bicicleta, s'identifica en els llocs habilitats d'aparcaments de bicicletes, el sistema el valida i li ofereix una de les bicicletes per un temps determinat. Totes les estacions estan connectades a un centre de control mitjançant GPRS. Una vegada fet el recorregut, es retorna el vehicle en una altra estació.

En tot aquest procés hi ha un centre de control que va rebent les dades de les estacions i de les furgonetes de manteniment. Entre les funcions destaquen el control del nombre de bicicletes disponibles en les estacions, dels moviments dels usuaris o de l'estat de les bicicletes, la identificació de les bicicletes, la informació sobre l'estat de cada estació, la coordinació de les rutes de distribució, adaptant-se a les necessitats de cada moment, la gestió de la facturació, incidències i emergències, i la gestió de les altes i baixes del servei.

Figura 25. Targetes RFID del sistema de bicicletes compartides de Barcelona

Una altra iniciativa interessant per a l'ús de transport més sostenible és la iniciativa coneguda com a Bicibox. En aquest cas, però, no es comparteix el mitjà de transport, sinó el lloc d'aparcament, la qual cosa podríem considerar com un *parking-sharing*. Bicibox és una xarxa d'aparcaments per a bicicletes privades que hi ha distribuïda pels diferents municipis de l'àrea metropolitana de Barcelona perquè es pugui utilitzar el servei de la manera més pràctica possible. El servei funciona mitjançant el registre previ dels usuaris i de les seves

bicicletes. Cada usuari paga un abonament (segons tarifa), que li dóna dret a estacionar la seva bicicleta en qualsevol dels aparcaments de la xarxa per un màxim d'hores al dia.

L'usuari disposa d'una targeta RFID, que li permet la validació en els punts d'estacionament. El sistema permet saber de forma remota i amb una aplicació per a *smartphone* els punts d'estacionament propers i la capacitat que tenen.

Figura 26. Localització i capacitat de les estacions Bicibox de l'àrea metropolitana de Barcelona

Font: Bicibox

2.5. Conclusions

En aquest apartat heu vist que, per a la implantació dels conceptes de *smart mobility*, les TIC són necessàries en cadascun dels passos que cal seguir.

En el cas dels VE, calen diverses interfícies per a poder comunicar-se amb tots els actors. Aquestes interfícies tenen necessitats concretes de comunicació i, per tant, les tecnologies que cal utilitzar són diferents. En un primer nivell, per a la comunicació entre el VE i l'EVSE, ens trobem amb l'ús de tecnologies de transmissió cablejades, com el bus CAN en el cas de la tecnologia basada en CHAdeMO, o l'ús de PLC, que aprofita els cables presents en la connexió elèctrica que injectaran energia a la bateria. Per a comunicar-se amb un centre de control, també podem fer servir cablejat com l'ADSL o FO, però també són importants les xarxes sense fil, tant GPRS, Wi-Max com 3G.

Els sensors també tenen un paper important en la cadena de valor de les TIC; formarien part de la primera anella, tal com es recollia en la figura 3. En el cas de la gestió de les places d'aparcament, els sensors recolliran la informació i la transmetran mitjançant una xarxa *mesh*, per exemple en ZigBee, a un concentrador, que, posteriorment, acabarà enviant aquestes dades a un centre de control.

És important destacar també les diferents tecnologies que es fan servir per a identificar els usuaris. Hem vist que la majoria dels sistemes actuals utilitzen targetes RFID (VE, Bicing, Bicibox), però es preveu que a curt termini, amb la popularització de la tecnologia NFC en els dispositius mòbils, aquesta tecnologia es vagi obrint pas com un sistema personal d'identificació i de petites transaccions de pagament locals.

Els sistemes complexos que han de processar les informacions rebudes de milions de dispositius han de disposar de grans bases de dades (*data warehouses*) i de prou capacitat per a analitzar les dades, prendre decisions i gestionar-les. La informació que gestionin aquests sistemes s'ha de poder presentar agregada de diferent manera i en diferents àmbits segons el públic objectiu que tinguin (relacions *business to business* o *business to customer*), mirant que la presentació es faci de la manera més intuïtiva possible; en el cas dels usuaris, mitjançant aplicacions de consulta en temps real per a *smartphones* i amb accessos de consulta disponibles via Internet.

Totes les tecnologies que hem comentat existeixen en l'actualitat, amb la qual cosa podem deduir que no cal inventar nous protocols o nous sistemes de comunicació per a implantar una mobilitat intel·ligent i sostenible a les ciutats. Es tracta d'emprar tecnologies que ja sabem que funcionen, que han estat validades en altres camps i aplicar-les a la mobilitat intel·ligent.

3. *Smart energy*

L'energia en les societats modernes és un bé cada vegada més necessari, i en molts casos és considerat un bé bàsic. A les ciutats s'utilitza per a múltiples finalitats: l'energia elèctrica, per a la il·luminació de les cases i els carrers, la refrigeració o l'alimentació dels equips electrònics; el gas, per exemple, com a combustible per a produir energia elèctrica o per a generar calor en domicilis o indústries.

Fa poc més d'un segle, les principals fonts d'energia eren la força dels animals i la dels homes, i la calor s'obtenia en cremar fusta. Alguns estudis d'aquella època pronosticaven que, a aquell ritme de creixement de la demanda energètica, les ciutats acabarien cobertes per metres i metres d'excrements de cavall, ja que no hi havia en aquell temps una altra manera de produir energia.

Hi havia també algunes màquines amb les quals s'aprofitava la força hidràulica per a moldre cereals o preparar el ferro en les ferreries, o es feia servir la força del vent en els vaixells o en els molins. Però el gran canvi va arribar de la mà de la Revolució Industrial i la màquina de vapor. Des de llavors, el gran desenvolupament de la indústria i la tecnologia han canviat dràsticament les fonts d'energia que mouen la societat i les ciutats.

Avui dia, les nostres poblacions bàsicament sobreviuen (en termes energètics) gràcies a l'electricitat que els arriba de les diferents centrals que produeixen l'energia basant-se en la combustió del gas, el fuel i el carbó, en la fissió de l'urani o en la força del vent. Un índex fiable per a saber si un país està creixent és observar si la demanda energètica puja o baixa. Per exemple, en el context actual de crisi en la qual ens trobem, la demanda d'energia elèctrica d'Espanya ha disminuït a nivells del 2008.

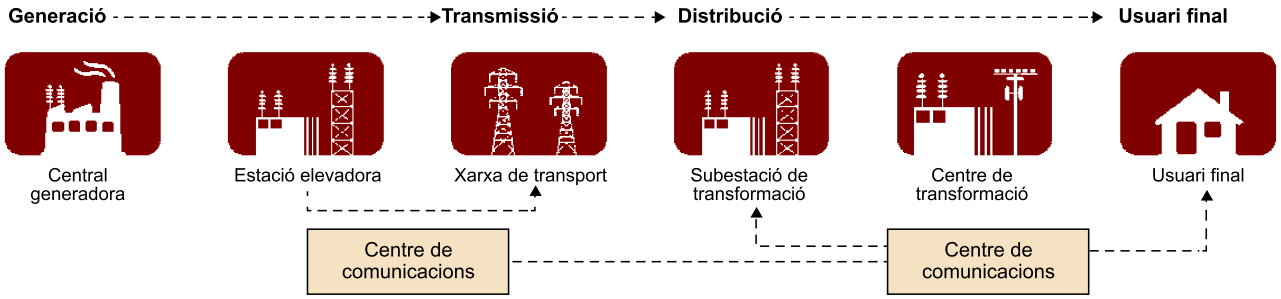
El concepte de *smart energy* inclou els aspectes relacionats amb la gestió i el consum d'energia, i podríem resumir-lo en els objectius següents: aconseguir un consum eficient de l'energia a les llars, edificis i ciutats, integrar energies renovables distribuïdes, gestionar tant la demanda com la producció d'energia i monitorar i gestionar la xarxa elèctrica.

Quan aquests mateixos conceptes comentats en el paràgraf anterior s'apliquen a sistemes elèctrics, parlem de *smart grid*. Tots dos termes estan íntimament relacionats, és habitual que l'un englobi l'altre i viceversa, ja que les definicions, com en el cas d'una *smart city*, són molt àmplies.

En el cas de l'energia elèctrica, els ritmes actuals de creixement i la dependència de l'electricitat de les ciutats obliguen, indubtablement, a replantejar-se el model clàssic de la cadena de valor de l'electricitat, basat en un model format per generació, transmissió, distribució, comercialització i consum (vegeu la figura 27), i canviar-lo per un model de producció d'energia més propera al consum, en què el consumidor pot ser alhora generador i en el qual, mitjançant els sistemes i les tecnologies d'informació adequats, puguem gestionar de manera eficient i sostenible el conjunt resultant.

Si en lloc de tenir pocs generadors i grans en tenim molts i de petits, la xarxa és molt més segura, ja que l'efecte d'una fallada en algun dels generadors repercuteix menys en el sistema global. Al mateix temps, si instal·lem aquests generadors tan a prop com sigui possible dels punts de consum, és possible evitar les pèrdues d'energia ocasionades pel transport i la distribució.

Figura 27. Arquitectura actual dels sistemes elèctrics



Font: Endesa.

No cal oblidar que el problema principal dels sistemes elèctrics davant d'altres productes és la dificultat d'emmagatzemar energia. Això és especialment rellevant en el cas d'energies de generació renovables que solen tenir comportaments intermitents.

Vegeu també

Vegeu amb més detall la dificultat d'emmagatzemar energia i el cas concret de les energies de generació renovables, en l'apartat "Integració de recursos energètics distribuïts i automatització" d'aquest mòdul.

És una cosa habitual i acceptada per la ciutadania que, en certs moments, com per exemple la nit de Cap d'Any, les xarxes de telecomunicacions mòbils se saturin a causa de l'ús massiu amb trucades i missatges felicitant l'Any Nou. En el cas de la xarxa elèctrica, és impensable que es doni un cas similar de pèrdua de servei per màxima demanda, ja que les conseqüències serien catastròfiques. Per tant, la xarxa es dissenya perquè suporti el màxim anual de demanda, que pot ser d'uns quants minuts. D'aquesta manera, les infraestructures de generació, transport i distribució resulten altament ineficients, ja que han d'estar dimensionades per a funcionar en instants determinats de poca durada a la màxima potència de consum.

Les *smart grids* donen lloc a un nou paradigma, en el qual es pretén incrementar la participació activa de tots els agents, independentment del paper i la grandària que tinguin, i en el qual es busca maximitzar l'ús dels actius presents a les xarxes elèctriques.

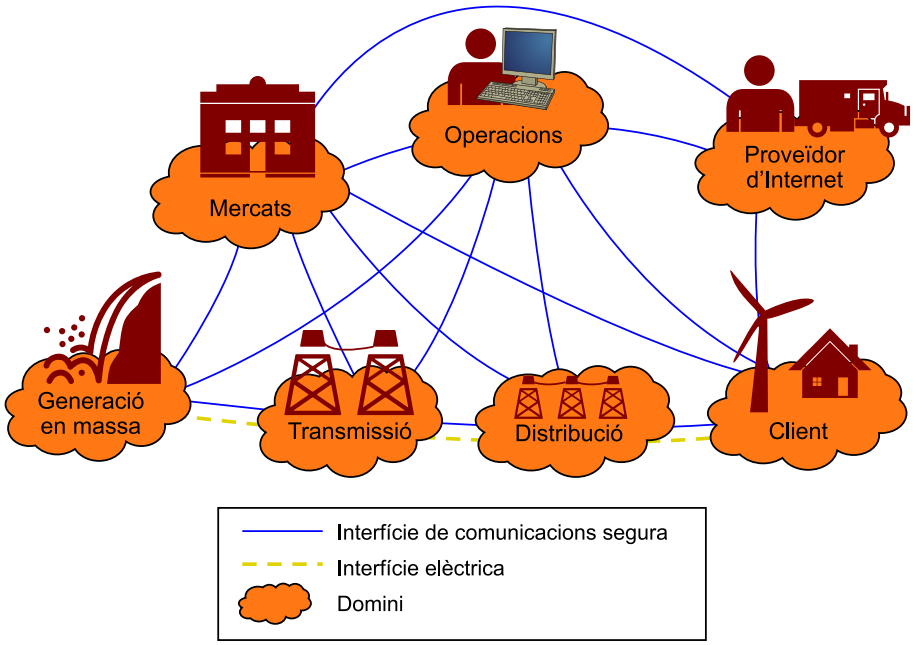
Entre d'altres, els objectius específics de les *smart grids* són els següents:

- facilitar la connexió i operació de generadors de totes les grandàries i tecnologies, i també la connexió de sistemes d'acumulació;
- permetre la participació de la demanda en l'operació òptima de la xarxa;
- proporcionar una quantitat més gran d'informació i elegibilitat als consumidors;
- reduir significativament l'impacte ambiental de tot el sistema elèctric, i
- proporcionar més seguretat de subministrament.

Per a entendre el model conceptual de les *smart grids*, fem ús de la nomenclatura utilitzada per l'EPRI en la proposta d'estandardització *Report to NIST on the Smart Grid Interoperability Standards Roadmap*. Per mitjà d'aquesta nomenclatura, es defineixen diferents dominis i interfícies que permeten la comunicació entre els diferents agents (vegeu la figura 28). A continuació en descrivim els elements clau:

- Actors: dispositius, sistemes informàtics i/o les organitzacions que en són les propietàries. Els actors són capaços de prendre decisions i comunicar-se entre si per mitjà de les interfícies.
- Interfícies: connexions elèctriques i comunicacions entre els diferents agents que componen els dominis. En la figura 28, les connexions elèctriques es representen en groc (línia amb punts) i les comunicacions, en blau (línia sòlida). Totes es consideren bidireccionals.

Figura 28. Model conceptual de les *smart grids*



Font: EPRI.

- Dominis: conjunts d'actors amb objectius comuns que comparteixen similituds en l'àmbit de les interfícies. Hi pot haver interseccions entre dominis, per la qual cosa un actor pot pertànyer a més d'un domini.

- Aplicacions: activitats desenvolupades per un o més actors dins dels dominis.

A continuació, veureu la manera en què la xarxa pot anivellar la demanda i la generació en la *smart city* mitjançant l'ús de les TIC, la qual cosa optimitzaria els actius existents de la xarxa elèctrica. Les TIC permeten la transmissió de dades de manera bidireccional gràcies a sensors i mesuradors i els seus equips de comunicació, com per exemple, els comptadors intel·ligents del subapartat "Comptadors intel·ligents". En aquest apartat estudiareu també com podem fer els edificis i les cases més intel·ligents perquè puguin gestionar la seva demanda d'energia (subapartats "El concepte de *microxarxa*" i "*Smart home i smart buildings*") i, finalment, en el subapartat "Control de la il·luminació" veureu que la il·luminació de les ciutats també es pot fer de manera més eficient controlant la il·luminació de cada fanal individualment i establint una xarxa de comunicacions amb cadascuna de les lluminàries.

3.1. Comptadors intel·ligents

Un comptador intel·ligent, o *smart meter*, és un dispositiu electrònic que mesura el consum d'aigua, gas o electricitat i que disposa de comunicacions integrades que permeten l'intercanvi d'informació amb un centre de control.

En el cas dels comptadors elèctrics, abans del 2018 es canviaran tots els comptadors electromecànics actuals de les llars per comptadors intel·ligents.

Figura 29. Comptadors elèctrics d'energia elèctrica

Font: Endesa

Les funcions principals dels comptadors domèstics intel·ligents es detallen a continuació:

- tarifació segons franges horàries;
- limitació de potència segons contracte;
- desconnexió per falta de pagament (i restabliment);
- càlcul d'energia inversa si hi ha un balanç negatiu;
- enviament d'informació de consums cap a l'empresa distribuïdora d'energia;
- mesura de qualitat d'ona (sots de tensió).

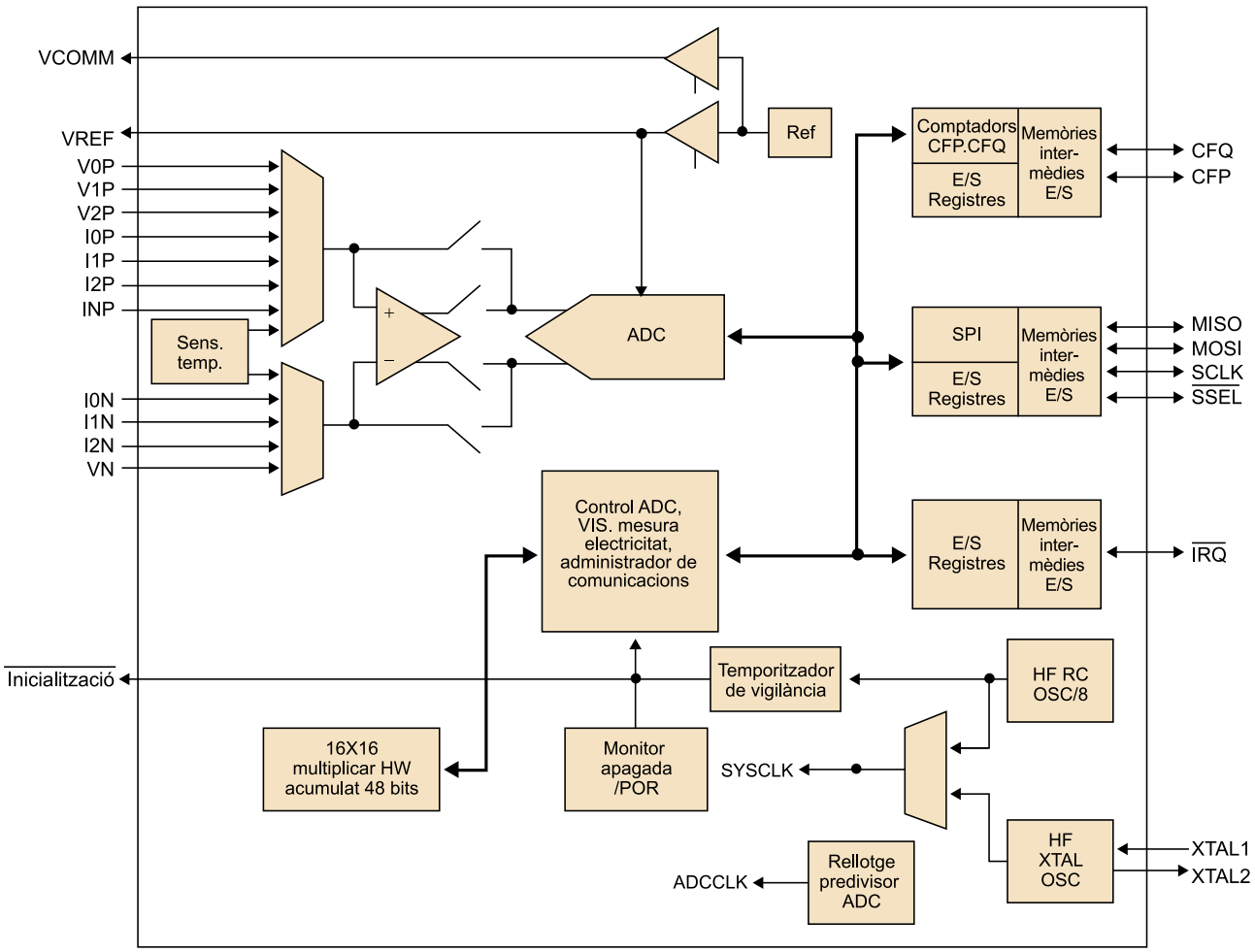
Sot de tensió

Un sot de tensió és la reducció brusca de la tensió en una de les fases de la xarxa elèctrica, seguida d'una recuperació ràpida als seus valors nominals. Aquest procés transcorre en mil·lisegons.

Aquests dispositius tenen per objectiu provocar un canvi d'hàbits en els consumidors. En discriminar per franges horàries els preus de l'electricitat, s'espera suavitzar estadísticament la diferència actual entre les hores punta i vall.

Els fabricants de dispositius electrònics per a comptadors intel·ligents ofereixen diferents dissenys de base per facilitar la fabricació de comptadors energètics. En la figura 30 podeu observar la proposta de dispositiu del fabricant Maxim per a la lectura de l'energia consumida i per al mesurament d'altres paràmetres de qualitat d'ona.

Figura 30. Dispositiu electrònic MaxQ3183 per a un comptador intel·ligent



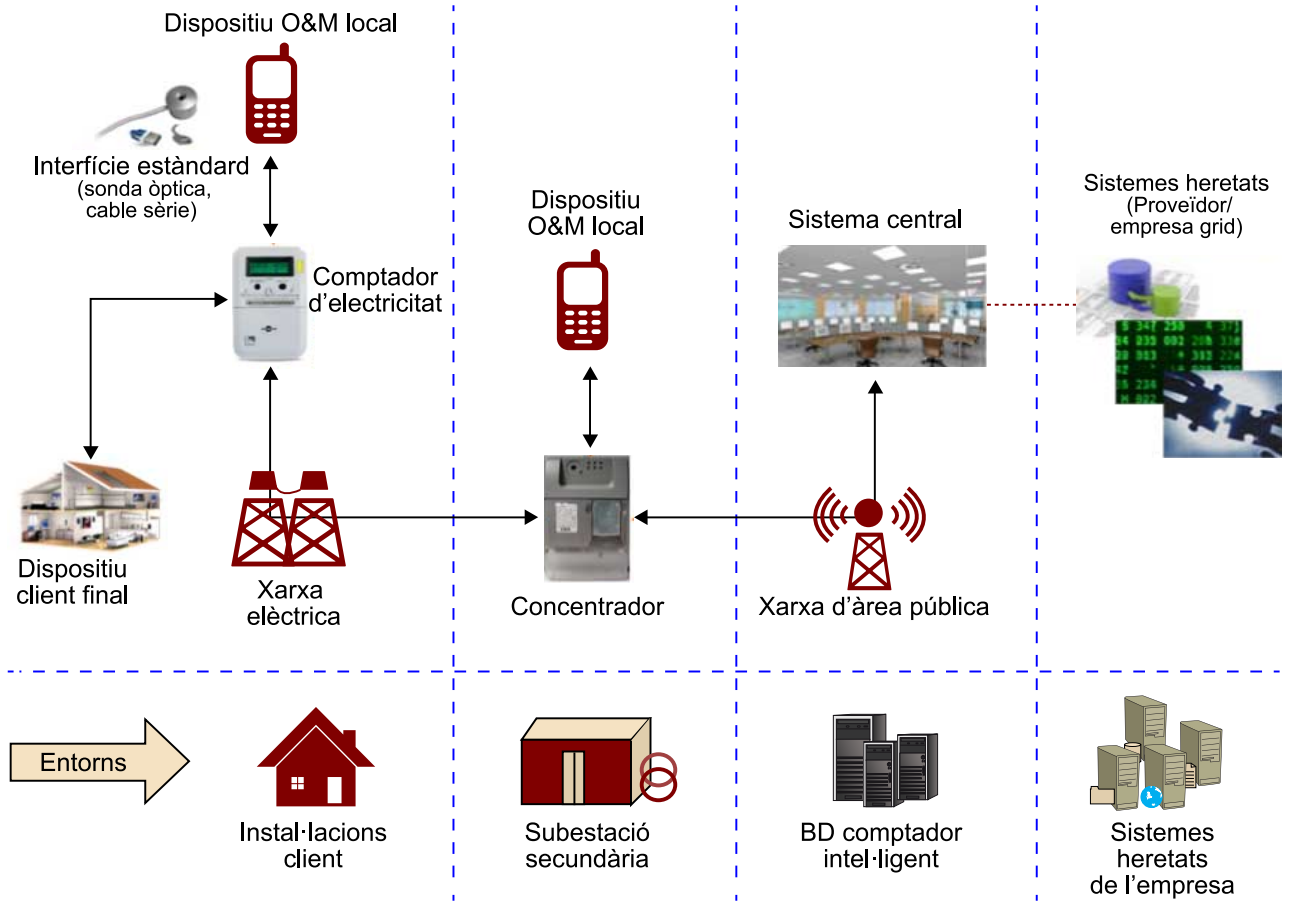
Font: Maxim.

3.1.1. Tecnologies de comunicacions i sistemes utilitzats

Per norma general, l'arquitectura d'un sistema de comptadors intel·ligents com el la figura 31 està formada pels components següents:

- sistema central, que gestiona tota la xarxa de comptadors intel·ligents;
- concentradors, que capturen les dades que envien els comptadors intel·ligents;
- els comptadors intel·ligents mateixos, i
- dispositius locals d'operació i manteniment per a la gestió local dels concentradors i dels comptadors.

Figura 31. Components i interfícies d'un sistema de comptadors elèctrics intel·ligents



Font: Meters and More.

Les tecnologies de comunicacions utilitzades per a transmetre aquestes dades han de ser segures, robustes i eficients. En el cas dels comptadors amb tecnologia Meters and More (com els instal·lats per Endesa), disposen de les funcionalitats següents:

- transmissió de missatges de petita grandària, optimitzats per PLC de banda estreta i comunicacions sense fil;
- ús d'una modulació BPSK, que permet arribar a una codificació de bit de 4.800 bps;
- suport d'encriptació i autenticació d'alt nivell, amb l'ús d'algorismes *advanced encryption standard* (AES) de 128 bits, i
- configuració i gestió automàtica de la xarxa i sistemes de gestió de reenviament de dades.

Aquests sistemes cobreixen la torre OSI de protocols, des de la capa física fins a la capa d'aplicació, i permeten la transmissió de dades en sistemes PLC o en xarxes públiques de comunicacions gestionades per operadors de telecomunicacions, com en l'arquitectura proposada en la figura 32.

Modulació BPSK

La modulació per desplaçament de fase o PSK (*phase shift keying*) és una forma de modulació angular que consisteix a fer variar la fase de la portadora entre un nombre de valors discrets. En la BPSK (*binaryPSK*), la modulació de desplaçament de fase és de dos símbols. És la que presenta més immunitat al soroll, ja que la diferència entre símbols és màxima (180°).

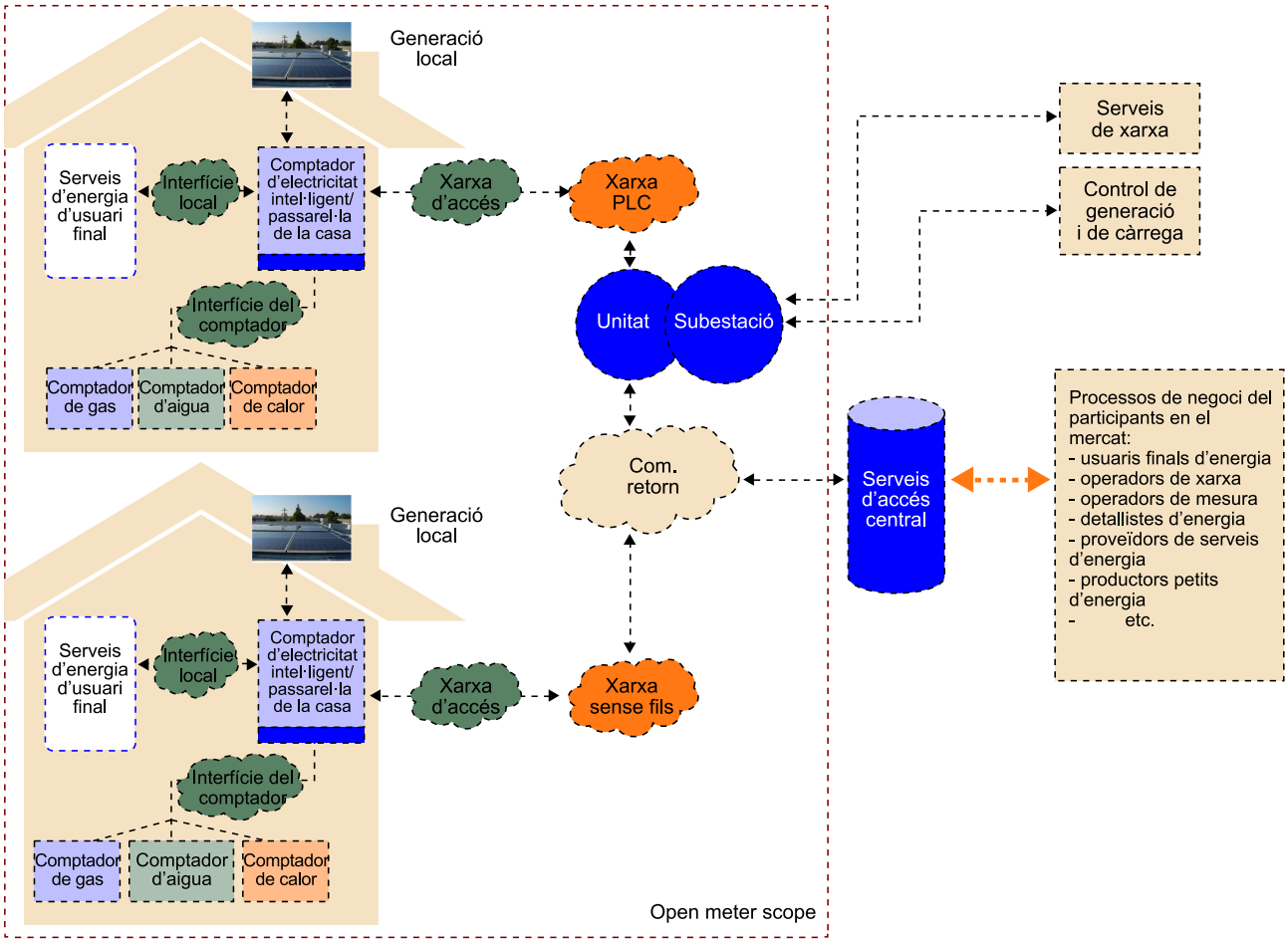
Lectura

Per aprofundir en l'encriptació AES

Si voleu ampliar informació de l'algorisme d'encriptació AES, el llibre següent tracta el codi detalladament, des de la seva base matemàtica fins als sistemes òptims de disseny:

The Design of Rijndael: AES - The Advanced Encryption Standard (2002). Springer-Verlag.

Figura 32. Arquitectura de comunicacions per a integrar altres comptadors intel·ligents existents a l'habitatge, així com dues alternatives d'accés, via PLC o un dispositiu sense cables



Font: Projecte Open Meters

3.2. Integració de recursos energètics distribuïts i automatització

Aquesta és sens dubte una de les peces clau d'una ciutat intel·ligent en l'àmbit energètic: múltiples generadors petits distribuïts geogràficament de tal manera que equilibren el consum allà on es produeix, i una xarxa automatitzada i intel·ligent que és capaç d'adaptar-se a les demandes o a possibles problemes que sorgeixin.

Es poden distingir dos tipus de generadors distribuïts segons el nivell de tensió de la xarxa on es connectin:

- Generadors connectats a la xarxa de mitja tensió (MT), típicament 25 kV. Són generadors de potència (> 0,1 MW). Necessiten una infraestructura de protecció similar a la que es fa servir a la xarxa d'MT. Comparteixen infraestructures de comunicacions i han d'interaccionar amb els dispositius intel·ligents instal·lats en aquesta xarxa. Tenen l'objectiu fonamental d'aportar potència al segment d'MT al qual estan connectats. Com que parlem d'energies renovables, es fa servir tota l'energia disponible. No hi sol haver una quantitat important en cada segment d'MT ($0 < n < 10$). Actualment, disposen d'un automatisme que els desconnecta de la xarxa

Projecte Open Meters

L'objectiu d'aquest projecte és especificar un conjunt d'estàndards, oberts i públics, per als comptadors intel·ligents de gas, aigua, electricitat i sistemes de calefacció.

Podeu trobar informació detallada a la seva pàgina web: http://www.openmeter.com

de manera automàtica en l'instant en què es produeix una desconnexió de la línia principal.

- Generadors connectats a la xarxa de baixa tensió (BT), 230 V. Necessiten proteccions adaptades a BT. Comparteixen infraestructures amb el sistema de comptador intel·ligent. L'objectiu principal és aportar potència al segment de BT. La característica fonamental d'aquests generadors és que n'hi pot haver un nombre important en cada segment de BT ($0 < n < 100$). La situació òptima es produeix quan la potència instal·lada del generador iguala la potència requerida de consum.

Un aspecte que cal tenir en compte per a la integració d'aquests recursos distribuïts és la sincronització. Un generador no es pot acoblar a la xarxa si no compleix les condicions següents: tenir la mateixa freqüència, la mateixa fase i la mateixa tensió. En cas contrari, podria provocar un curtcircuit. Hi ha mecanismes de sincronització per a cada tipologia de generació per a corregir i garantir que es compleixen aquestes tres condicions.

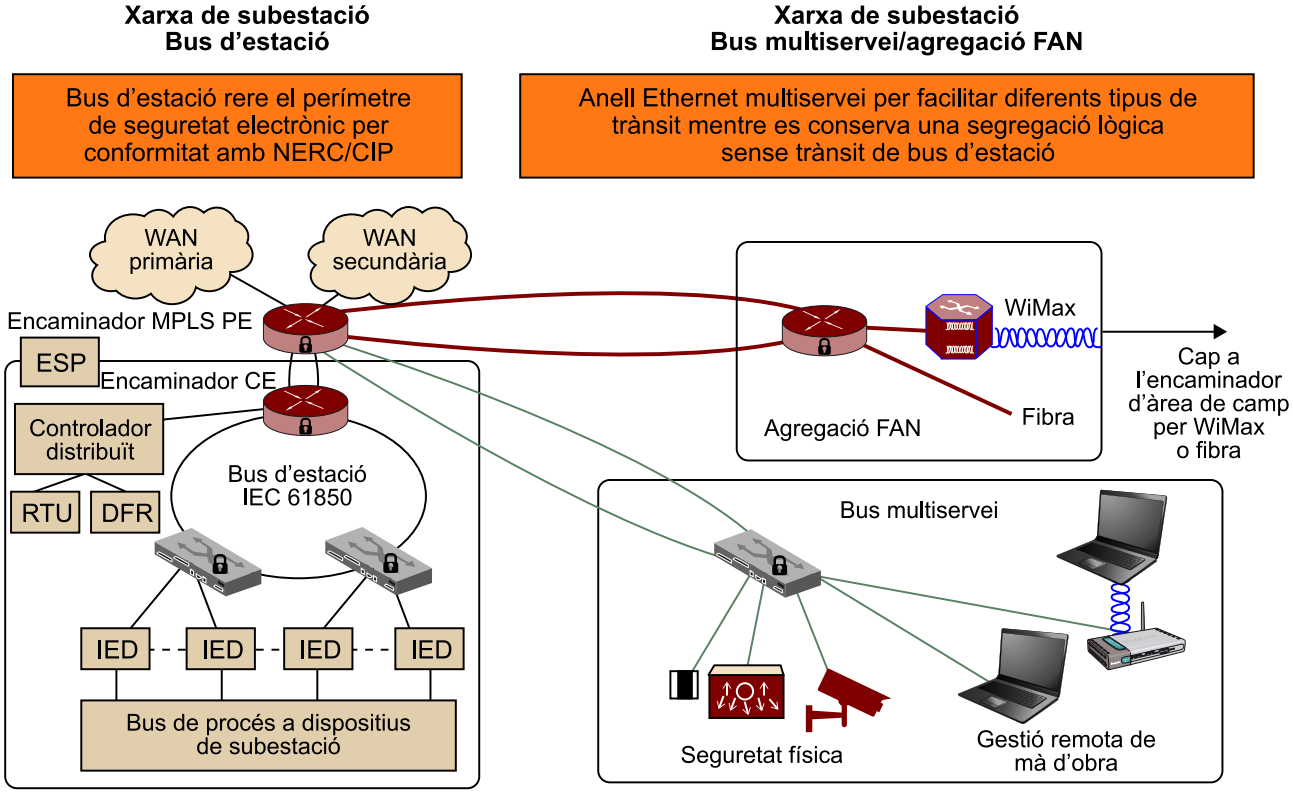
En les *smart grids*, cada punt de connexió a la xarxa elèctrica, tant una càrrega controlable com un generador, és considerat com un punt d'energia, és a dir, pot consumir i/o aportar energia. Els controladors instal·lats a la xarxa, mitjançant la informació proporcionada per sensors distribuïts, han de permetre controlar aquest flux d'energia.

Per això caldrà disposar d'una xarxa de comunicacions jeràrquica però amb dispositius que puguin prendre algunes de les decisions per ells mateixos. Per exemple, en baixa tensió, aquests controladors es comuniquen mitjançant PLC amb els controladors de nivell superior, que ja poden prendre decisions, i aquests, al seu torn, es comuniquen amb els controladors de capçalera, que acabaran informant un centre de control.

Els sistemes d'automatització en les xarxes elèctriques i en les subestacions encarregats d'interconnectar i comunicar dispositius diferents existeixen des de fa uns vint-i-cinc anys. Durant aquest període de temps han fet servir protocols propietaris i s'han encarregat principalment de la supervisió d'elements elèctrics. Avui dia, aquests sistemes han evolucionat i segueixen fent-ho prenent com a base els protocols i les actuacions declarats en l'IEC 61850, fent servir comunicacions punt a punt i habilitant l'intercanvi de dades entre sistemes en diferents nivells i amb eines diferents, la qual cosa permet, a més de la supervisió, controlar una sèrie de dispositius o variables. Hi ha nombroses experiències d'integració d'aquests conceptes fent servir una arquitectura basada en IED (*intelligent electronic devices*), com la proposta de Cisco de la figura 33.

El fet de disposar de sensors, controladors i automatismes per a obrir o tancar interruptors permet que la xarxa funcioni i tingui un manteniment molt més eficient de tots els components, fins i tot implementant solucions de gestió remota.

Figura 33. Sistema de comunicacions en subestacions basat en l'IEC 61850



Font: Cisco.

3.2.1. Sistemes de control intel·ligents. *Advanced distribution automation*

Model de referència: Cisco

Si us voleu fer una idea de la complexitat dels actors, les interfícies de comunicació, les xarxes, els equips, els sensors i els sistemes necessaris per a gestionar una *smart grid*, és molt recomanable que analitzeu amb detall el model de referència que planteja Cisco:http://www.cisco.com/web/strategy/docs/energy/gridblocks_ref_model.pdf

El concepte ADA[4] es refereix a les operacions d'automatització de la xarxa elèctrica de distribució, incloent-hi el telecontrol i l'adquisició de dades dels IED d'automatització de la xarxa. A continuació es descriuen només tres exemples de funcionament dels centenars que poden tenir els diferents centres de control que hi ha en una xarxa elèctrica intel·ligent:

(4)De l'anglès *advanced distribution automation*.

- **Lectura de dades**: aquest cas planteja el procés de recollida de dades de dispositius de camp i l'enviament posterior d'aquestes dades per mitjà dels equips de comunicacions al centre de control. Aquest les processa i efectua càlculs avançats en temps real, i també les emmagatzema per tenir-les en compte per a futurs usos. Aquests sistemes poden generar crides de control a dispositius de les subestacions, per exemple, per a equilibrar la càrrega

o recuperar la tensió. Dins dels processaments bàsics, es tenen en compte processaments com la generació d'alarmes per sobrecàrregues, tensions fora de marges, visualització dinàmica de mesures i canvis en la configuració de la xarxa.

– Es consideren càlculs avançats els sistemes d'anàlisi de la xarxa generats a partir de situacions especials de la xarxa que han estat l'origen d'alguna alarma, per exemple: falta de tensió, sobretensió o sobrecàrrega en algun punt de la xarxa. Això generarà l'activació del sistema de control corresponent. El flux de dades generat és el següent: el centre de control ADA sol·licita la dada, l'equip interrogat la transmet al centre de control mitjançant els equips de comunicacions, es comprova que les dades són correctes (compleixen els marges i els requisits preestablerts) i les emmagatzema en la base de dades.

- **Supervisió de la càrrega**: el centre de control ADA supervisa de manera periòdica els consums en cadascuna de les capçaleres de línia de subestació que estan alimentades per cadascun dels transformadors AT/MT, i analitza, proposa o executa les actuacions a la xarxa per compensar aquesta distribució de càrregues. El flux de comunicació de dades és el següent: el centre de control analitza la informació disponible de la càrrega en les capçaleres dels transformadors d'AT/MT i determina que cal la reconfiguració per a equilibrar millor la càrrega. Per tant, el centre de control determina quins elements de la xarxa s'han de tancar i obrir per a equilibrar la càrrega i en quin ordre, i a més envia els controls als equips de potència i rep confirmació de l'execució correcta dels controls transmesos.

- **Activació d'un generador distribuït**: en aquest cas, actua el centre de control DER[5] activa el dispositiu per a la generació distribuïda d'energia, la qual cosa implica la configuració dels paràmetres del dispositiu i de l'instant de temps en el qual es connectarà a la xarxa. El flux de dades que cal transmetre consistirà en el procés següent: el centre de control DER analitza la informació disponible per determinar quins generadors distribuïts poden aportar energia a la xarxa elèctrica i sol·licita la quantitat d'energia que poden aportar els generadors distribuïts seleccionats i l'instant de temps d'activació (per exemple, activació al cap de 15 minuts). Els generadors distribuïts comuniquen la quantitat d'energia que poden aportar a la xarxa en l'instant d'activació. El centre de control DER envia als generadors distribuïts els paràmetres de configuració sobre el tipus d'energia generada (optimitzar el cost, potència constant, optimitzar el consum, etc.). Els generadors distribuïts s'activen i monitoren la qualitat de l'energia generada.

(5) De l'anglès *distributed energy resources*.

3.2.2. IEC 61850

El conjunt de l'estàndard definit en aquesta norma conté i normalitza tots els aspectes necessaris per a desenvolupar, operar i mantenir una subestació elèctrica pel que fa a control i protecció.

La norma defineix:

- els protocols de comunicacions vàlids (uns quants),
- el contingut dels fitxers de configuració,
- els procediments d'enginyeria,
- els models de dades i funcions de protecció i control,
- els requisits elèctrics i mediambientals de les instal·lacions (pel que fa a control i protecció), i
- els mecanismes de prova de conformitat i de qualitat.

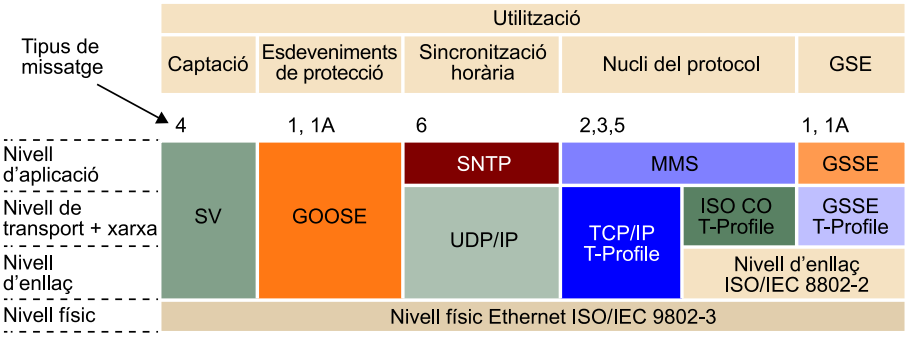
L'IEC 61850 defineix una interfície abstracta de comunicacions o ACSI per independitzar la capa d'aplicació amb tots els seus serveis del protocol de comunicació de nivell inferior utilitzat (MMS, serveis web, DNP 3.0, etc.). A més, permet fer servir infraestructures de comunicació existents, ja que es pot fer servir sobre diversos protocols de comunicació de nivell d'aplicació OSI.

L'estandardització dels models de dades i dels serveis de comunicacions, i també la definició de les capes de mapatge a protocols de comunicació, permeten la interoperabilitat d'equips de diferents fabricants.

Per a connectar els diversos equips d'una subestació, es disposa d'una LAN formada per *switches* i es fa servir com a mitjà de transport la fibra òptica. Es fa servir aquest material en qualsevol segment de la LAN de sortida dels armaris que confinen els equips de comunicació. Es permet l'ús de mitjà elèctric per a connexions dins d'un mateix armari amb un *switch* interior. En el cas d'utilitzar mitjans elèctrics (100Base-T), el connector és un RJ45 i es fa servir cable de categoria 5 (o superior). La fibra pot ser monomode (10/125) o multimode (50/125, 62.5/125). La diferència fonamental radica en la grandària del nucli del cable, de 10 micres per a la primera i de 50 o 62,5 en la segona. A causa de les distàncies entre equips (menys d'un quilòmetre), normalment se sol fer servir la fibra multimode.

Segons el tipus de missatge, la norma ofereix un conjunt (*suite*) de protocols per efectuar les diferents funcions de la norma.

Figura 34. *Suite* completa de protocols de la IEC 61850



3.3. El concepte de *microxarxa*

Les *smart grids* donen lloc a un nou paradigma en el qual es pretén incrementar la participació activa de tots els agents, independentment del seu paper i de la seva grandària. Això possibilita, entre altres coses, l'aparició de nous models d'operació i de negoci consistents en l'agregació de petits agents, la qual cosa permet, al seu torn, reduir els costos i proporcionar massa crítica en la participació en els mercats energètics.

En aquest sentit, s'observa que el plantejament de la microxarxa com a agent agregador resulta una peça clau en el desenvolupament de les *smart grids*.

> Les microxarxes es poden concebre com una *smart grid* més petita, ja que els actors que la componen són pràcticament els mateixos que constitueixen el sistema elèctric però a una escala menor.

Les possibilitats que presenten en l'àmbit funcional són similars a les *smart grids*: permeten coordinar de manera intel·ligent les accions dels diferents agents que tenen connectats i permeten proporcionar un subministrament sostenible, segur i eficient des del punt de vista econòmic.

Agents que componen les microxarxes:

- Generació: equips de generació distribuïda, com els sistemes fotovoltaics, microeòlica, cogeneració, microgeneració, etc.

- Consumidors: agents que són demanda purament. Es poden classificar entre domèstics, comercials/oficines i indústries.

- Emmagatzematge: sistemes que permeten ser gestionats per a acumular energia o retornar-la a la xarxa en funció de les necessitats del sistema. Normalment, són bateries químiques, però també poden ser volants d'inèrcia.

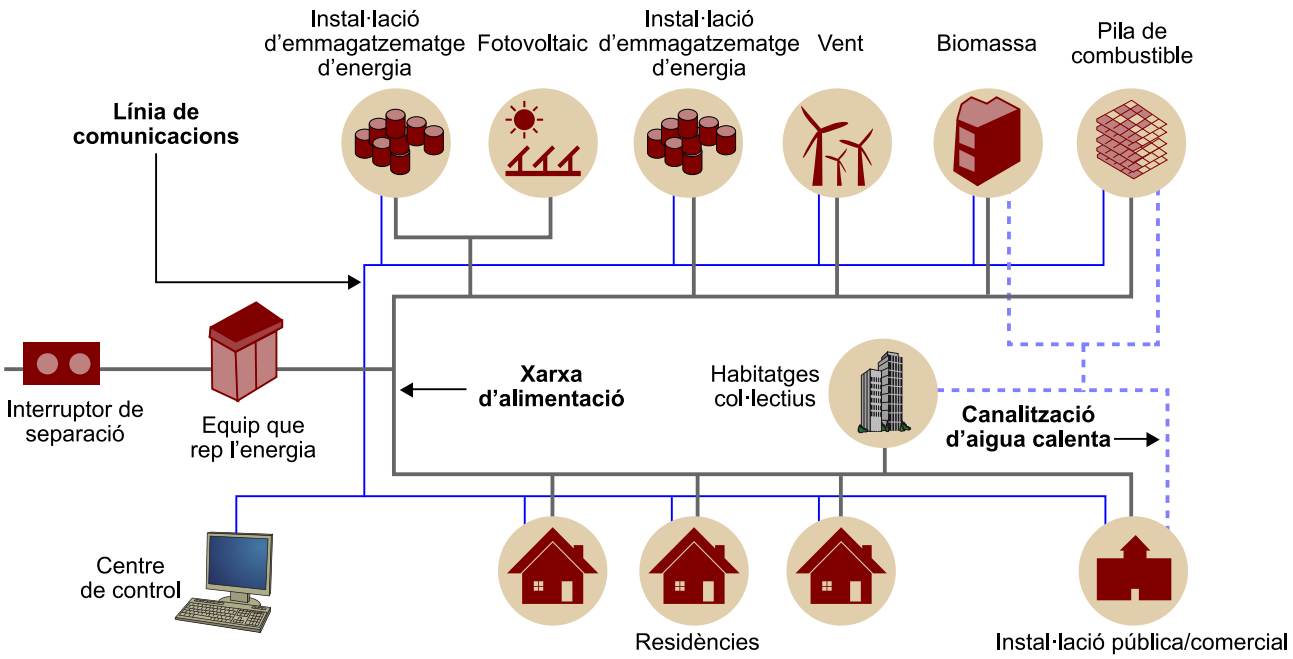
- Vehicles elèctrics: com ja heu vist en l'apartat dedicat a l'*smart mobility*, dispositius que permeten una mobilitat elèctrica i que permeten l'emmagatzematge d'energia. La diferència amb el punt anterior és que són càrregues d'emmagatzematge mòbils, ja que no sempre estan en el mateix punt.

- Gestor de la microxarxa: agent responsable de coordinar la resta d'agents que componen la microxarxa. Al mateix temps, és l'encarregat de la relació amb l'operador de la xarxa a la qual estigui connectada.

- Equips de monitoratge i telecontrol: els elements disposats al llarg de la xarxa que proporcionen informació al gestor de la xarxa de distribució i li permeten monitorar i telecontrolar determinats actius.

- Sistema de gestió automàtica de la xarxa: sistema a disposició del gestor de la microxarxa que incorpora els mecanismes automàtics de gestió de la xarxa.

Figura 35. Detall d'un esquema d'una microxarxa amb les comunicacions entre els elements i el gestor de la microxarxa



3.3.1. Comunicacions en una microxarxa

Una microxarxa conté diferents elements que s'han de comunicar. En primer lloc, hi ha distribuïts diversos equips dels quals s'ha de rebre informació i als quals també s'ha de poder donar ordres de funcionament (plaques fotovoltaiques, emmagatzematge, VE, etc.). Els equips han de ser capaços de comunicar-se, per exemple via ZigBee o Modbus. En segon lloc, hi ha un element

central que rep la informació dels elements distribuïts i genera ordres per als equips. Aquest element central no solament rep informació dels elements distribuïts, sinó que també ha de donar i rebre informació de l'exterior de la microxarxa (xarxa de distribució, centre de control, etc.). Així doncs, el coordinador de la microxarxa haurà de ser capaç de comunicar-se amb l'exterior amb els mitjans físics disponibles, com 3G, fibra òptica, ADSL, etc.

IEC 61850 per microxarxes

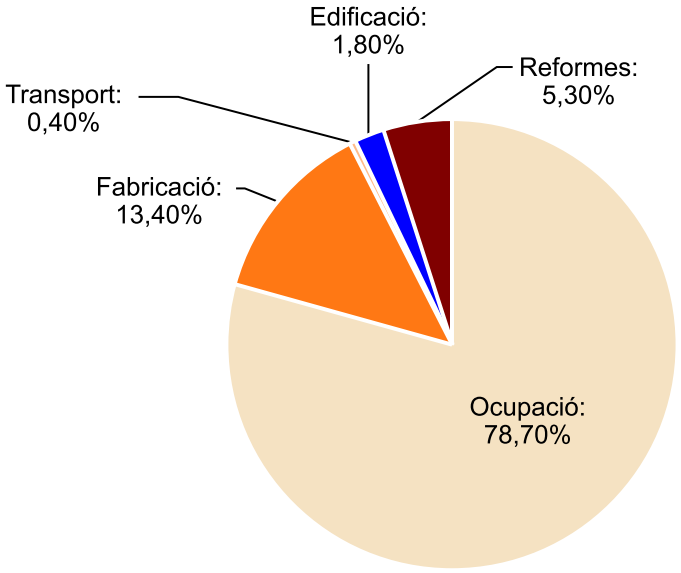
Dins d'aquesta norma, hi ha un model de dades estàndard per a sistemes DER (*distributed energy resources*). És l'IEC 61850-7-420, que s'està adoptat entorn de les microxarxes, ja que disposa de models de dades específiques per a generadors (eòlics, solars, etc.), per a dispositius electrònics de potència (DC/AC, variadors, etc.) i per a dispositius d'emmagatzematge d'energia, entre d'altres.

3.4. *Smart home* i *smart buildings*

Els edificis són responsables, com a mínim, del 40% de l'energia que es consumeix a Europa, principalment per climatització i il·luminació; però no solament a Europa, ja que els edificis i els habitatges són la font més important de generació de CO_2 als Estats Units.

La major part de l'energia que es fa servir en el cicle de vida d'un edifici correspon al període en què s'ocupa (vegeu la figura 36). També s'ha calculat que, del consum que genera un edifici durant el seu ús, un 80% es deu a conceptes de disseny i construcció, mentre que el 20% restant es deu als hàbits de les persones que el fan servir.

Figura 36. Ús de l'energia en el cicle de vida d'un edifici



En aquest sentit, i amb aquest 20% de millora, les TIC tenen un paper clau en el progrés de l'eficiència energètica a les llars. La convergència de tecnologies, d'una banda, i la regulació ambiental, d'una altra, ofereixen una oportunitat sense precedents tant tècnica com econòmica per integrar solucions innovadores en el món de l'edificació.

Els sistemes domòtics proporcionen a curt termini una eina de gran importància per a les *smart grids*, ja que cal un instrument d'actuació local als habitatges capaç d'actuar sobre les càrregues energètiques i de controlar el consum total en tot moment.

El control d'una xarxa domèstica o de la xarxa d'un edifici és molt similar al control d'una microxarxa. Seguint la mateixa nomenclatura, a aquestes xarxes elèctriques de petita grandària se les coneix també com a *nanoxarxes*.

3.4.1. Gestió de la demanda en edificis o habitatges

La gestió de la demanda[6] es tracta d'un conjunt de tasques desenvolupades per a racionalitzar el consum de l'energia, amb l'objectiu de millorar l'eficiència del sistema però sense perdre prestacions de qualitat i utilitat.

(6)De l'anglès *demand side management*.

Per *gestió activa de la demanda* s'entén la capacitat d'emetre senyals amb xarxes de telecomunicacions a una sèrie de dispositius en les instal·lacions d'un usuari, senyals que permeten reduir i controlar certes càrregues no crítiques amb la finalitat de disminuir els pics de demanda. Dins d'aquest context apareixen diferents tecnologies o actuacions que es poden agrupar en tres grans famílies:

- **Reducció del consum**: una de les actuacions més importants en l'àmbit de la gestió de demanda és aconseguir una reducció global del consum. Una de les mesures per a aconseguir aquesta reducció és la utilització de sistemes i equips amb una alta eficiència energètica. Dins d'aquesta actuació, també s'inclou la de conscienciar l'usuari perquè disminueixi el consum elèctric. Aquest canvi es pot aconseguir informant del consum, de les despeses i aportant informació per a estalviar energia.

- **Desplaçament de la punta de consum**: mitjançant el desplaçament de la punta de consum a les hores vall, s'aconsegueix un aplanament de la corba de càrrega. Això es tradueix en un grau més elevat d'aprofitament de les instal·lacions, menys necessitats d'inversió i un grau de pèrdues més baix. Una de les actuacions per a aconseguir aquest desplaçament és definir tarifes elèctriques amb discriminació horària. Es determinen períodes horaris que defineixen perfils de demanda diari (hores punta, pla i vall) i s'estableixen preus diferents d'energia per a cadascun d'ells. Un altre mètode és el control indirecte de tarifació variable, que consisteix en

l'enviament de senyals amb preus, amb l'objectiu de reduir-ne el consum en aquells períodes de cost més elevat.

- **Operabilitat**: aquesta actuació està relacionada amb les accions que controlen la demanda activa en temps real. Un tipus seria el control directe de càrregues, que requereix una comunicació entre l'operador i el client i consisteix a agrupar equips del mateix tipus i actuar sobre ells de la mateixa forma. Es pot definir l'ús d'equips en les hores de demanda baixa d'energia. Aquestes actuacions consisteixen a apagar equips per un període determinat fent servir diferents programes de funcionament. Aquest tipus de contracte es fa per nombre i durada de desconnexions, la qual cosa redueix la factura dels usuaris.

3.4.2. Comunicacions *in-home* o *in-building*

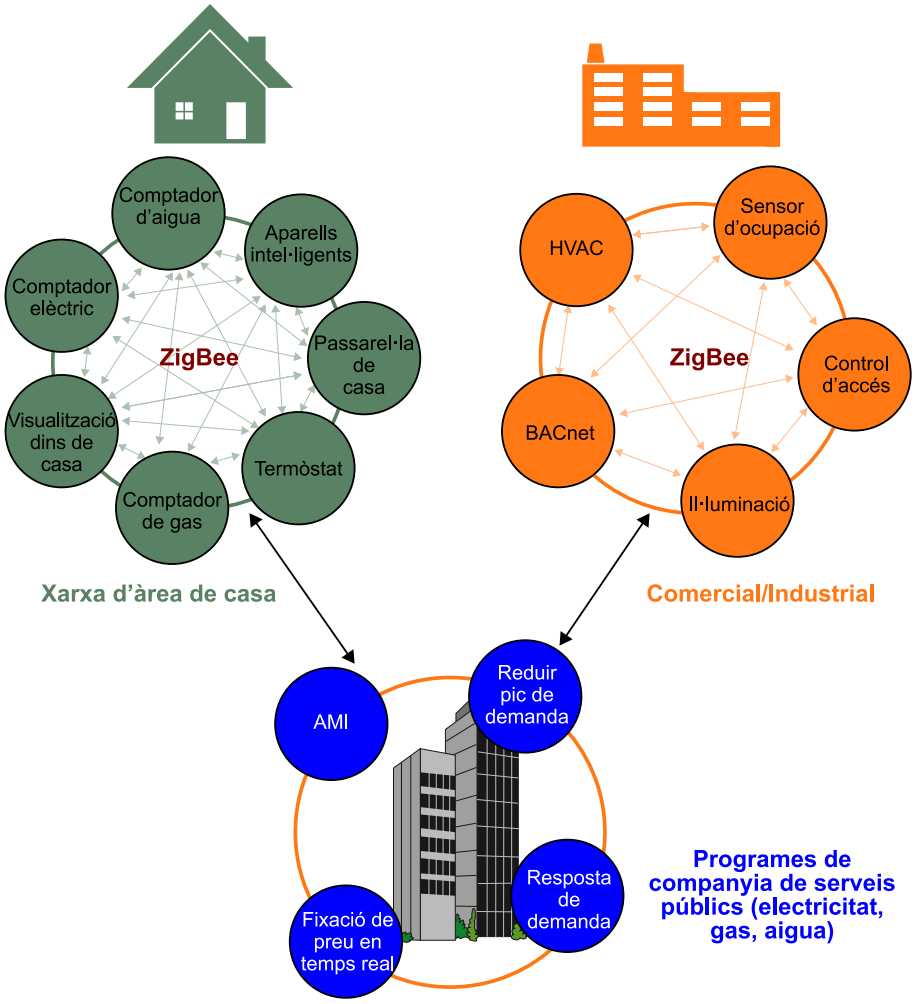
L'expansió de les xarxes de sensors en tot tipus d'aplicacions de monitoratge i control, en habitatges i edificis terciaris, facilita la recollida de paràmetres representatius del confort de les persones i permet una eficàcia més gran a l'hora de gestionar el consum energètic.

Per enviar comunicacions en edificis o habitatges ja existents, les tecnologies més indicades són les PLC, tant si són de banda estreta com de banda ampla, i les solucions sense fil.

Disposar d'un cablejat exclusiu per a aquestes finalitats pot suposar una inversió massa costosa, i solament és aconsellable, si fos d'interès, en edificacions noves.

Per a aquesta comesa, els dispositius amb comunicacions sense fil es presenten com la solució més sòlida i amb una relació qualitat/preu que està permetent una implantació molt ràpida en un gran nombre de sistemes.

Figura 37. Exemples d'utilització de ZigBee per al control en domicilis (HAN) o edificis



Font: ZigBee Smart Energy

Web de referència

El perfil públic de ZigBee Smart Energy està disponible a la seva pàgina web: http://www.zigbee.org/standards/zigbeesmartenergy/overview.aspx

Per exemple, el perfil públic de ZigBee Smart Energy defineix com un grup de dispositius treballen cooperativament dins d'una xarxa, de manera que els serveis públics puguin gestionar de manera intel·ligent càrregues d'energia, supervisar l'ús que se'n fa i optimitzar-ne el consum. Com que es tracta de la norma de comunicacions entre dispositius per a xarxes d'àrea domèstica, aquests equips formaran part d'una HAN, tal com heu vist en l'apartat dedicat a l'*smart mobility*.

Z-Wave també és un sistema que es fa servir en equips domèstics per a transmetre dades, desenvolupat com a protocol de comunicació comercial. L'índex de dades està per sota de ZigBee, i també el nombre de dispositius de la xarxa. No obstant això, en casos en els quals el nombre de nodes no sigui determinant, és una alternativa idònia, ja que resulta més econòmica que ZigBee, Wi-Fi i Bluetooth.

Z-Wave seria, amb ZigBee, la millor solució per a múltiples serveis en llars i pimes, ja que, a més de ser dispositius econòmics, el seu consum és molt baix: dues piles AA podrien proporcionar una durada d'uns vuit anys de vida.

En el mercat hi ha una gran quantitat de protocols, estàndards i sistemes propietaris que es poden fer servir com a mitjans de comunicació entre els diferents dispositius, com Modbus, TCP/IP, BACNet, Lonworks, KNX, etc.

TIC en edificis

Per aprofundir en les solucions TIC per a l'edificació, el llibre *ICT Supported Energy Efficiency in Construction Strategic Research Roadmap and Implementation Recommendations* presenta una col·lecció de les millors pràctiques, les tecnologies, els desenvolupaments innovadors i les recomanacions de l'ús de TIC en edificacions. El llibre està disponible en línia a:

http://ec.europa.eu/information_society/activities/sustainable_growth/docs/sb_publications/reeb_ee_construction.pdf

3.4.3. Solucions i productes existents

A continuació veurem diferents dispositius d'estalvi energètic com són:

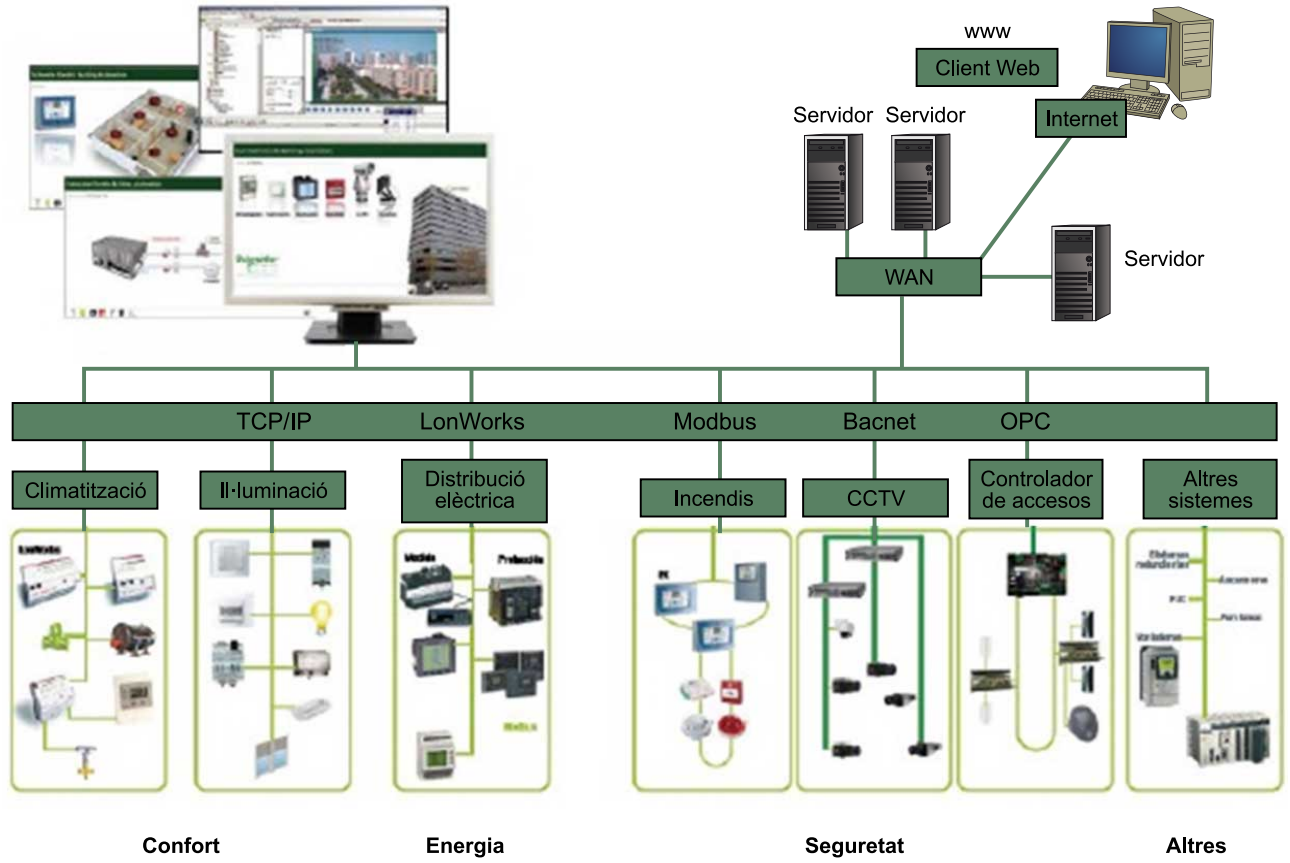
Reflexió

En les pàgines següents, veureu diferents dispositius per a l'estalvi d'energia. Però i el seu consum? Si han de transmetre dades, visualitzar-les en una pantalla i monitorar-les vint-i-quatre hores al dia set dies a la setmana, no estarem consumint més del que estalvien?

1) ***In-building***

TAC Vista és un sistema de gestió integral d'edificis de Schneider Electric que permet controlar tots els subsistemes d'un immoble, tant si són de confort, control de climatització i il·luminació, gestió de consum d'energia, seguretat, control d'accessos, detecció d'incendis com CCTV.

Figura 38. Arquitectura del sistema TAV Vista



Font: Schneider Electric

2) *In-home displays*

En aquest apartat veureu sistemes que presenten la informació de consums de la llar a l'usuari. Aquests sistemes es poden dividir en cinc categories, que acompanyem amb exemples:

- **Visualitzadors senzills que utilitzen una pinça amperimètrica**. En general, són adequats per a prestar serveis d'informació, amb anàlisi històrica i de mesures (en funció de les interfícies) i capacitat per a tractar consums històrics. Així mateix, poden ser el sistema de partida per a proporcionar informació als sistemes encarregats dels serveis tipus de visualització amb eines de consulta a Internet.

Exemple

L'equip Efergy I2 Classic utilitza tecnologia de transmissió sense fil. El protocol estàndard RF funciona amb senyals treballant a 433,92 MHz. El dispositiu funciona mitjançant un sistema prioritari de comunicacions i disposa d'un abast de fins a 70 metres.

Figura 39. Display I2

Font: Efergy (http://www.efergy.com/).

- **Visualitzadors amb comptador addicional a la llar**. Són solucions que parteixen de la instal·lació d'un comptador en el quadre elèctric de la llar (solució de comptador intel·ligent), amb més precisió de mesura que les pinces amperimètriques, més una aplicació de programari per a PC o web per a tractar les mesures.

Exemple

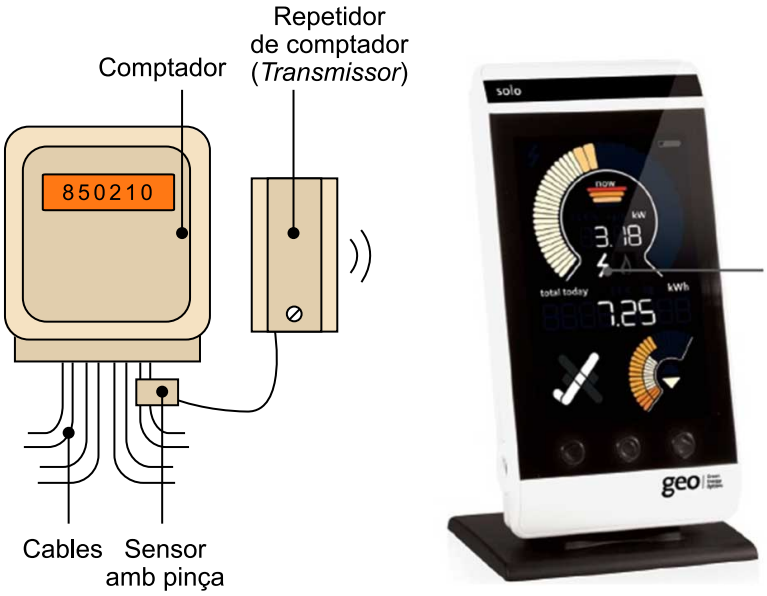
Com a exemple, teniu en la figura 40 l'Orbis Contax 3221 RF, que és un comptador estàtic monofàsic d'energia activa que permet controlar el consum d'energia d'una determinada instal·lació. A més, ofereix informació del consum mitjançant ZigBee.

Figura 40. Contax 3221

Font: Orbis (http://www.orbis.es/).

- **Visualitzadors amb accés al comptador electrònic**. Són els que recullen la informació del consum directament del comptador de l'empresa subministradora, per mitjà d'alguna de les interfícies de comunicació de les quals disposi aquest comptador.

Figura 41. Solo meter



Font: GEO (http://www.greenenergyoptions.co.uk/).

Exemple

L'empresa Green Energy Options disposa d'un equip amb un petit *display* portàtil per a llars o petites oficines en el qual l'usuari pot monitorar el seu consum i les seves emissions de CO_2. El *display* es connecta al comptador de l'habitatge mitjançant la tecnologia ZigBee, ja que tots dos dispositius posseeixen un mòdul emissor/receptor de disseny estàndard. El *display* es pot connectar a dos comptadors: a un comptador elèctric i a un altre de gas. És capaç d'emmagatzemar el consum de fins a set dies. Addicionalment, el dispositiu accepta targetes de tipus SD, per la qual cosa pot contenir totes les dades de consum que l'usuari vulgui.

- **Integrats en sistemes de gestió de l'energia o sistemes en web**. Són dispositius de visualització que recullen la informació de consum d'un sistema més complex, com per exemple de la infraestructura de comptador

intel·ligent. També s'inclouen sistemes principalment basats en un entorn web, en el qual els usuaris bolquen les dades i comparteixen les seves experiències de consum i estalvi.

Exemple

El Motorola 4Home Energy Management mesura, mitjançant sensors, tota l'energia de la llar. Analitza els patrons de consum i optimitza i millora l'ús de l'energia. Monitora l'ús de l'energia supervisant cada dispositiu connectat i permet discriminar consums en hores punta. Disposa d'integració amb sistemes de comptador intel·ligent.

Figura 42. Energy Monitoring Socket 2.0

Font: Motorola.

- **Altres visualitzadors**. Són mesuradors destinats a mostrar a l'usuari el consum específic de certs dispositius de la llar, però que no tenen un sistema de gestió i presentació de la informació.

Figura 43. Energy Monitoring Socket 2.0

Font: Efergy.

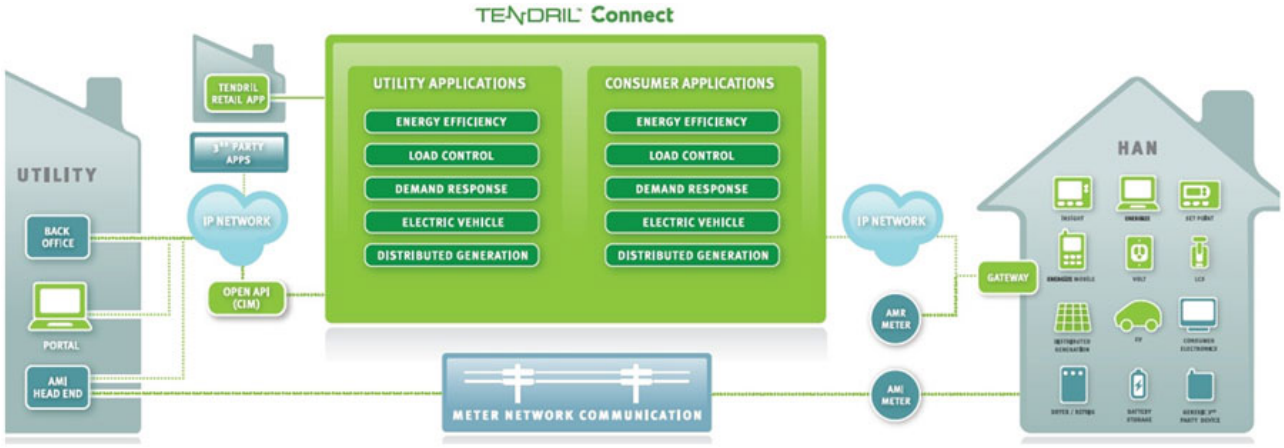
Exemple

L'Energy Monitoring Socket d'Efergy permet connectar els aparells i avaluar-ne l'eficiència mostrant no solament la quantitat d'energia que estan consumint, sinó també el cost del seu consum. Una pantalla LCD mostra el consum en kWh.

3) Equips de gestió de la demanda

Per a la gestió de la demanda veureu l'exemple de les aplicacions i els equips que proposa l'empresa americana Tendril.

Figura 44. Arquitectura de comunicacions i sistemes per a la gestió de la demanda



Font: Tendril.

El sistema de Tendril permet una gestió energètica amb tarifes dinàmiques, una gestió de la demanda amb control directe de les càrregues, una passarel·la residencial i un dispositiu de visualització amb accés multicanal i Web 2.0. Fa servir ZigBee com a protocol de transmissió de dades dins de la HAN. El sistema es compon d'un conjunt de dispositius maquinari i serveis programari que junts formen un *energy management system* (EMS). Aquesta solució permet, mitjançant interfície web, el monitoratge i el control en temps real dels diferents dispositius elèctrics de l'habitatge. El monitoratge del consum energètic també es pot fer amb un *in-homedisplay*.

El sistema obté els preus de l'electricitat en temps real (via Internet o via la xarxa intel·ligent de comptadors de la distribuïdora), amb la qual cosa es poden desenvolupar polítiques d'estalvi sensibles a aquest preu. Facilita la reducció de la càrrega en hores punta i calcula la despesa energètica a partir del comptador elèctric (connexió mitjançant ZigBee) d'altres dispositius similars. La comunicació s'estableix entre els components següents:

- **Tendril Vantage**: portal web que permet monitorar, gestionar i controlar el consum energètic i tots els dispositius intel·ligents de la llar, i també configurar la resta dels dispositius del sistema i crear-hi regles.

Figura 45. Captura de pantalla del Tendril Vantage

Font: Tendril

- **Tendril Insight**: *in-home display* que visualitza el consum energètic de la llar (en kWh i dòlars).

Figura 46. *In-home display* Tendril Insight

Font: Tendril

- **Tendril Outlet**: comptador energètic d'endoll. Permet monitorar el consum elèctric d'un endoll en particular i accionar-lo o apagar-lo.

- **Tendril Set Point**: termòstat sensible no solament a la temperatura, sinó també als canvis del preu de l'energia. És capaç de gestionar càrregues energètiques pic, configurables mitjançant regles introduïdes.

- **Tendril Ip Gateway**: dispositiu que permet connectar una llar que no disposi de xarxa de comptador intel·ligent i emmagatzemar les dades generades pel sistema durant dos dies en cas que la connexió a Internet estigués temporalment fora de servei. Una vegada restablerta la connexió, aquestes dades s'envien al servidor central de la distribuïdora. El sistema és compatible amb la gran majoria dels dispositius estàndard ZigBee.

Figura 47. Tendril IP Gateway

Font: Tendril.

3.5. Control de la il·luminació pública

En les *smart cities*, l'objectiu de controlar la il·luminació pública de carrers, jardins i parcs és proporcionar una solució d'il·luminació intel·ligent, normalment amb dispositius d'estat sòlid, com díodes emissors de llum (LED[7]), amb la finalitat de reduir el consum d'energia i controlar la intensitat lumínica dels llums segons les hores del dia i la nit o segons la presència de persones a les zones il·luminades.

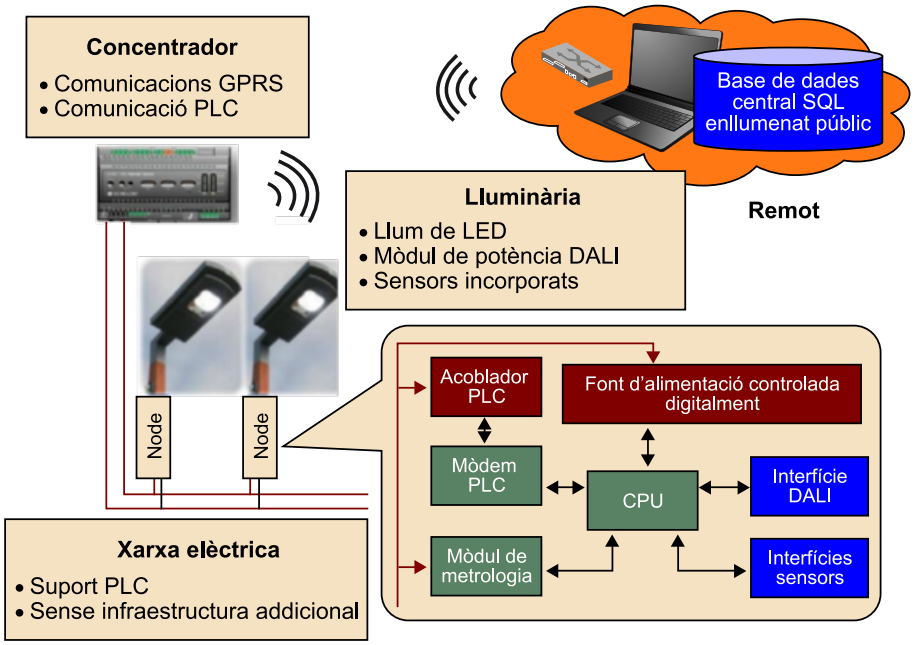
(7) De l'anglès *light emitting diode*.

L'element central de les solucions actuals resideix en el control actiu i dinàmic de l'atenuació de la llum mitjançant el control de potència de la lluminària. Aquest control es fa en funció de les condicions ambientals i gràcies a un conjunt de sensors incorporats que mesuren la llum ambient i la temperatura i detecten el moviment. El tractament d'aquesta informació el fa en temps real per la intel·ligència local integrada en les lluminàries, la qual cosa permet que els diversos dispositius instal·lats proporcionin una il·luminació adequada en cada ocasió i, d'aquesta manera, els ciutadans tinguin una experiència de llum més còmoda i segura.

Les dades generades pels llums s'envien a un concentrador col·locat en l'armari elèctric per mitjà d'un mòdul de comunicació que fa servir les línies elèctriques com a mitjà físic i la tecnologia PLC. El concentrador disposa de connexió GPRS a Internet, i un centre de control remot gestiona els dispositius.

Com podeu veure, la figura 48 representa de forma esquemàtica l'arquitectura explicada en el paràgraf anterior.

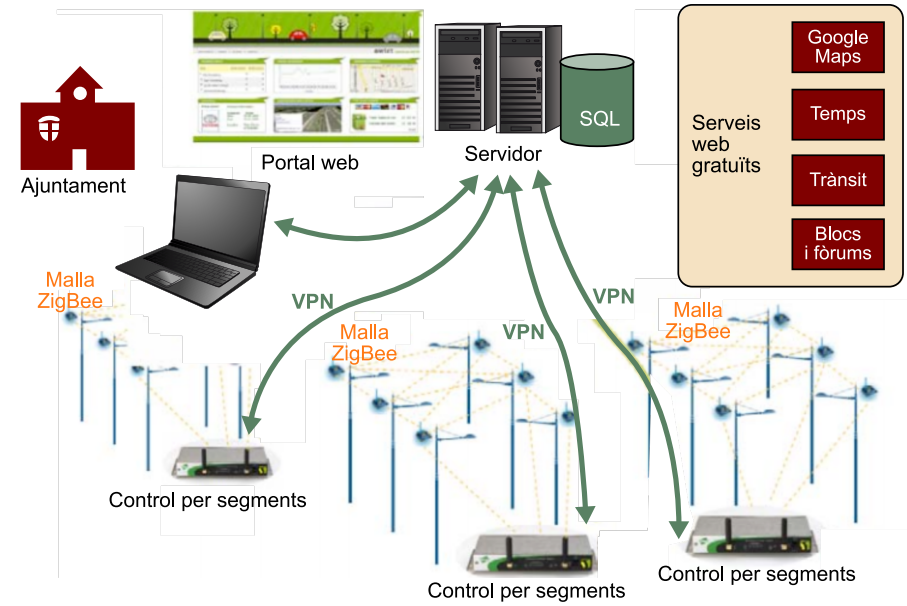
Figura 48. Arquitectura per al control de la il·luminació pública basada en PLC



Font: projecte LITES

També hi ha la possibilitat de connectar les lluminàries sense fil fent servir tecnologies com ZigBee, tal com es mostra en la figura 49. En aquests casos, el llum es converteix en un node d'una xarxa *mesh*, que pot generar informes d'esdeveniments i altres tipus d'informacions disponibles. Gràcies a la xarxa de comunicació existent, es poden enviar ordres a una lluminària concreta, a diverses lluminàries o fins i tot, a totes. La connexió també permet recollir informació relacionada amb el consum elèctric, la vida útil de la lluminària i les dades de cada llum.

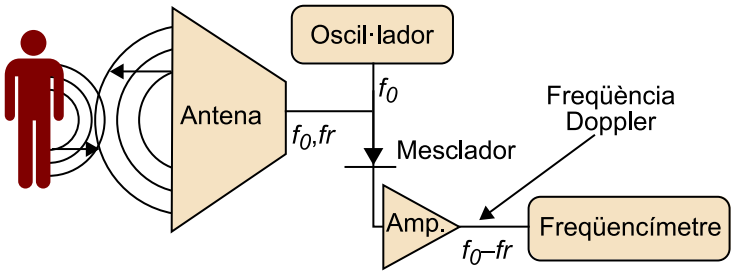
Figura 49. Pilot per al control de la il·luminació pública basat en ZigBee de la ciutat d'Almada (Portugal)



Font: Projecte BestEnergy

Per a detectar la presència hi ha diverses tecnologies que podríem dividir en dos grans nivells: detectors d'ocupació i detectors de moviment. Els primers detecten la presència de persones i objectes dins de l'àrea monitorada, mentre que els segons determinen si un objecte s'està desplaçant. Podeu veure un exemple de detector de presència en la figura 50. El funcionament és molt simple: quan les ones emeses per un emissor colpegen un objecte, aquestes es reflecteixen d'una manera difusa i es poden rebre en un detector, la qual cosa permet detectar la presència o el moviment. A més, si l'objecte s'està movent, les ones reflectides es diferencien de les ones emeses d'acord amb l'efecte Doppler.

Figura 50. Detector de presència basat en microones



Font: Projecte LITES

3.6. Conclusions

Els elements que formen part del concepte de *smart energy* proporcionen una sèrie d'avantatges tant a usuaris com a empreses.

Els usuaris disposen de sistemes d'informació que els permeten estalviar en la factura energètica de la llar, controlar el consum que tenen als habitatges, ser més eficients en l'ús de l'energia, gestionar-ne de manera remota els consums i, en general, poder conèixer i disposar d'informació per a poder prendre decisions energèticament intel·ligents i sostenibles. L'eficiència a la llar i als edificis pot estalviar consums innecessaris d'energia, amb totes les implicacions que això comporta: reducció de les emissions de CO_2 i aprofitament dels actius existents sense inversió en nous equips. Al llarg de l'apartat, heu vist que les tecnologies que es fan servir a la llar són o bé majoritàriament sense fil o bé fan servir PLC per a no invertir en obres i cablejats extres.

Les empreses també es beneficien de la implantació de sistemes intel·ligents de gestió de l'energia. D'una banda, obtenen beneficis econòmics en la prestació de serveis i, de l'altra, estalvien energia. Les empreses energètiques poden regular la demanda dels seus clients amb tarifes dinàmiques gràcies als comptadors intel·ligents. A més, la instal·lació de comptadors intel·ligents permet un monitoratge de la xarxa que repercuteix de manera positiva en l'obtenció de dades i paràmetres per a gestionar-les. Emprant l'anàlisi de consum, es podria augmentar l'eficiència, ja que s'identifiquen oportunitats per a reduir consums

que creen puntes de demanda. Com heu vist, els comptadors intel·ligents fan servir PLC per a transmetre les dades dels consums a un concentrador, dades que després s'envien a un centre de control mitjançant GPRS.

Amb la introducció de les *smart grids*, és possible operar a la xarxa de forma remota i de manera automàtica, aplicant intel·ligències que permetin minimitzar les pèrdues o maximitzar la integració d'energies renovables.

Les administracions també es beneficien de la implantació de les TIC a les ciutats. Per exemple, els controls de les lluminàries ajuden a estalviar energia amb un ús eficient i adequat de la il·luminació dels carrers, la qual cosa evita despeses innecessàries. Per controlar els punts de llum, heu vist dues solucions amb diferents plantejaments: una amb l'ús de comunicacions PLC i una altra mitjançant la creació d'una xarxa sense fil mallada.

En general, i com en tots els conceptes que formen una *smart city*, la societat i el conjunt dels ciutadans són els que surten beneficiats de l'aplicació de les TIC.

4. *Smart community*

El desenvolupament d'una *smart community* eficient i eficaç és un requisit previ per al desenvolupament d'una *smart city*. Les aplicacions i tecnologies d'*e-governance* han de ser capaces d'abordar les qüestions fonamentals de com funcionen les ciutats, com estan organitzades i com es pot treballar de manera més intel·ligent, amb la finalitat d'oferir valor a ciutadans i empreses. Una ciutat intel·ligent serà capaç de reunir la tecnologia, la informació i la visió política en un programa coherent de millora urbana i de serveis.

El desenvolupament de les *smart cities* afectarà milers de zones urbanes a tot Europa i a tot el món que actualment passa per diferents etapes de desenvolupament tecnològic, polític i administratiu. Aquestes diferències en la maduresa administrativa i tecnològica conformen i limiten la capacitat de les ciutats de ser més *smart*.

Open data

L'*opendata*, o dades obertes, és una filosofia i pràctica que persegueix que determinades dades estiguin disponibles de forma lliure per a tothom, sense restriccions de *copyright*, patents o altres mecanismes de control. Les dades obertes se centren en material no documental com informació geogràfica, compostos químics, fórmules matemàtiques i científiques o dades mèdiques, entre d'altres.

L'adopció de tecnologies que fan que les ciutats siguin més intel·ligents i ofereixin un servei millor als ciutadans requereix canvis organitzatius i estructurals importants per part de les mateixes ciutats i de les institucions que treballen oferint serveis als seus habitants.

> El desenvolupament d'*open data* i l'intercanvi de dades és un requisit per al desenvolupament de l'administració electrònica a les ciutats intel·ligents. Les dades públiques han de ser obertes i accessibles, mitjançant la creació i l'ús de repositoris amb estructures i definicions comunes que facin que les dades siguin consistents en la *smart city* i fins i tot en l'àmbit europeu.

Això proporcionarà una base estàndard perquè els desenvolupadors de programari puguin fer servir i reutilitzar el contingut de la comunitat incloent-hi l'adreça i la informació de serveis de localització, dades, mapes, informació de transport, horaris, etc.

4.1. *E-services*

4.1.1. Serveis d'assistència i salut

L'esperança de vida va augmentant a tots els països, la qual cosa implica que la població mundial és cada vegada més gran i que les necessitats assistencials i de sanitat van també en augment. El 2050, el nombre de persones de més de seixanta anys arribarà a dos mil milions, i està previst que la meitat dels habi-

tants del món desenvolupat visquin, com a mínim, amb una malaltia crònica per a tota la vida, fet que generarà la necessitat de tractaments assistencials i mèdics continus.

En els estudis fets sobre els serveis que la ciutadania considera prioritaris, l'atenció mèdica està sempre en les primeres posicions. Dins d'aquest àmbit, la recerca en noves solucions TIC per a persones grans, persones amb malalties cròniques o assistència mitjançant l'ús de dispositius mòbils, entre d'altres, ha d'exercir un paper clau a les ciutats intel·ligents del futur.

S'espera que un ús millor de les TIC en els serveis mèdics i assistencials pugui generar nous models d'atenció que beneficiïn usuaris, empreses i administracions.

Com a exemple d'això, podem destacar:

- **Una qualitat de vida millor de les persones grans i els seus familiars**: la localització geogràfica i el posicionament permeten a les persones d'edat avançada conèixer la ubicació de les persones i llocs que són importants per a ells, com amics, familiars i centres assistencials. Els serveis basats en aquests sistemes augmentaran la qualitat de vida de la gent i la seva activitat física i social.

- **Augment de l'ús d'aplicacions de xarxes socials**: en l'actualitat, les persones grans no estan familiaritzades amb la tecnologia ni amb l'ús de les xarxes socials, i les perceben amb desconfiança. Per tant, les TIC es perfilen com una oportunitat excel·lent per a incrementar els contactes socials i reduir la sensació d'aïllament.

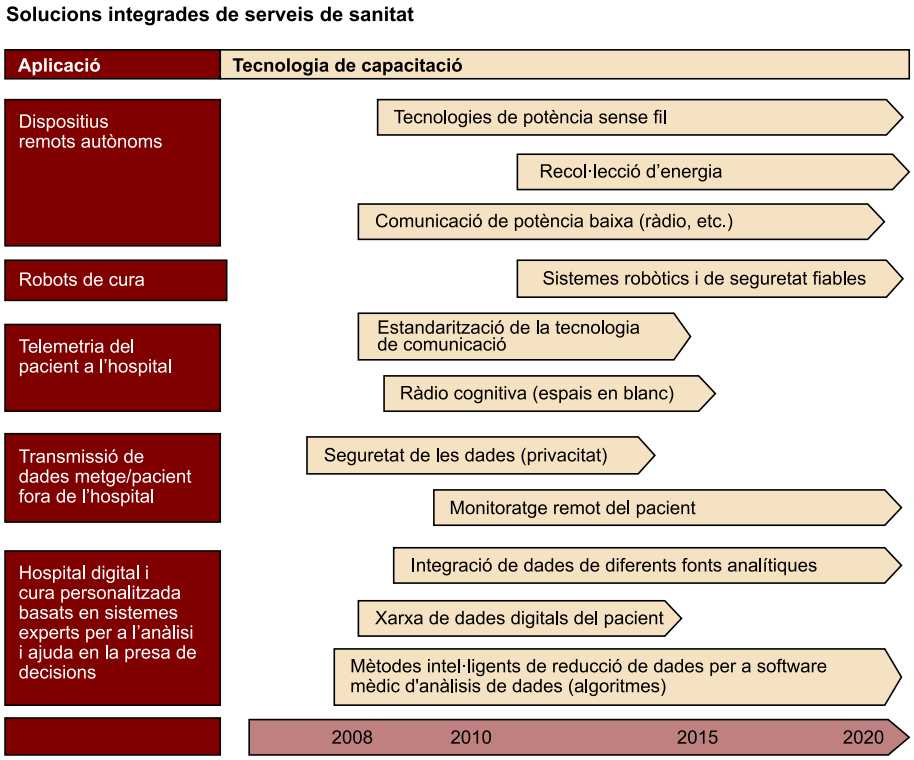
- **Personalització d'ajuda a domicili per a persones dependents**: es tracta de proporcionar un sistema integrat d'assistència, en el qual es doni un suport funcional i psicològic a persones que mereixin atenció especial.

- **Noves oportunitats de negoci per a empreses privades i proveïdors de serveis**: mitjançant l'ús de sistemes d'informació geogràfica per a donar suport als serveis necessaris per a les persones dependents, les empreses privades i els serveis públics poden oferir serveis més personalitzats, al mateix temps que augmenta la confiança dels pacients en el sistema i en les tecnologies.

El desenvolupament de les TIC és una de les àrees clau per a promoure canvis en el sector sanitari i de serveis socials. Les tecnologies mòbils estan entre les tecnologies que ens permetran serveis nous que podran conduir a un canvi en la manera de treballar de les empreses del sector sanitari (incloent-hi les empreses públiques) i, en concret, en la forma d'oferir serveis als seus clients.

Part dels avenços esperats en aquest camp es recullen en el full de ruta proposat per l'European Technology Platform on Smart Systems Integratio de la figura 51.

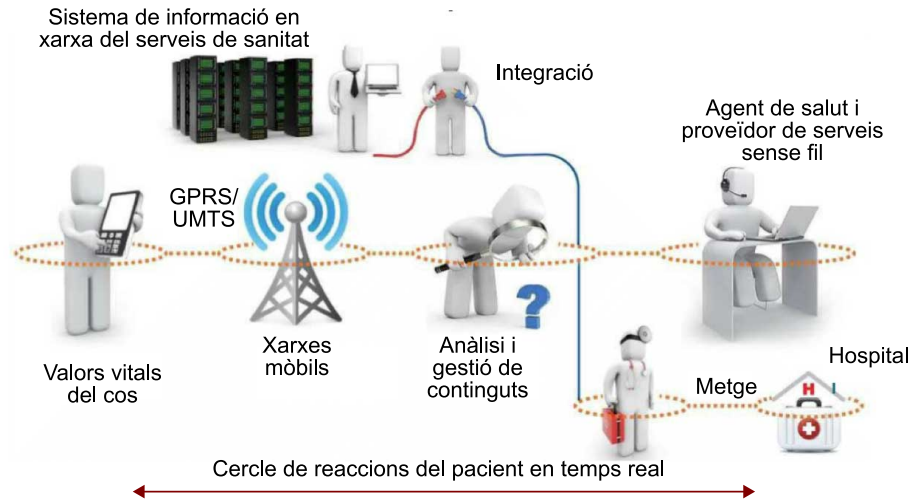
Figura 51. Full de ruta per a la introducció de les TIC en els serveis de salut proposat per The European Technology Platform on Smart Systems Integration



Font: EPoSS.

Entre aquestes tecnologies hi ha sensors, xarxes WLAN, ús de satèl·lits i sistemes basats en comunicacions cel·lulars com l'M2M. Els biosensors i les altres tecnologies mèdiques reduiran els seus costos dràsticament a mitjà termini, i permetran una autodiagnosi dels pacients al seu domicili. Podeu veure un exemple d'arquitectura TIC per a aquests serveis en la figura 52. A més a més, els avenços recents en el tractament de la imatge i la transmissió sense fil de vídeo per a fer diagnòstics remots ajudaran a dur a terme diagnòstics en línia.

Figura 52. Arquitectura de serveis de salut proposada per Ericsson



Font: Ericsson

Les últimes tecnologies de banda ampla d'accés sense fil, incloent-hi Wi-MAX, UMTS i LTE[8], permeten una amplada de banda més gran, la qual cosa proporciona els mitjans adequats per fer telemedicina amb aplicacions avançades i segures, mantenint a més els nivells de qualitat exigits. L'explotació adequada de les noves tecnologies i el desenvolupament d'eines a mida per a la compressió de vídeo i la transmissió en aquests sistemes són alguns dels reptes principals en aquesta àrea. La tendència cap a una diagnosi amb imatges digitals 3D requerirà fins i tot necessitats més grans d'amplada de banda.

(8)De l'anglès *long term evolution*.

4.1.2. E-administració

L'administració electrònica o e-administració consisteix a oferir tots els serveis que els organismes públics ofereixen actualment de manera presencial però d'una forma electrònica i via Internet. Per a això cal introduir les TIC en l'administració i arribar a dues àrees principals: una que involucra la part interna de funcionament de les oficines i una altra que afecta la part externa, que està en contacte amb els ciutadans, amb l'objectiu de crear una finestreta única per mitjà de la qual es puguin gestionar tots els assumptes relacionats amb l'administració.

> El desenvolupament de l'administració electrònica com a peça clau per a la modernització dels serveis públics requereix que les administracions comparteixin informació i treballin de manera coordinada, i per a això cal una xarxa de comunicacions interconnectada.

Un exemple d'això és la xarxa SARA (sistema d'aplicacions i xarxes per a les administracions). La xarxa SARA és un conjunt d'infraestructures tecnològiques que permeten la interconnexió entre si de les administracions públiques, la qual cosa facilita l'intercanvi d'informació i serveis entre elles.

La xarxa SARA està dissenyada amb tecnologia VPLS[9] i també implementa mesures de seguretat com l'establiment de VPN, en les quals el trànsit circula xifrat.

(9)De l'anglès *virtual private LAN services*.

Un altre exemple són els serveis als quals es pot accedir amb el DNI electrònic. Aquest DNI passa de document convencional a targeta intel·ligent, amb dos certificats electrònics –un per a autenticació i un altre per a signatura electrònica–, que permet signar documents amb el mateix valor legal que la signatura manuscrita.

4.2. Serveis de gestió ambiental

A les grans ciutats, molts dels serveis que actualment es presten es podrien fer de manera més eficient amb la implantació de sensors, sistemes i comunicacions adequats; en altres paraules, introduint intel·ligència en els processos.

Això permetria a les administracions optimitzar recursos, estalviar costos i millorar la qualitat dels serveis.

Destaquem en aquest subapartat 2 solucions destinades a millorar les eficiències en la gestió ambiental i de residus.

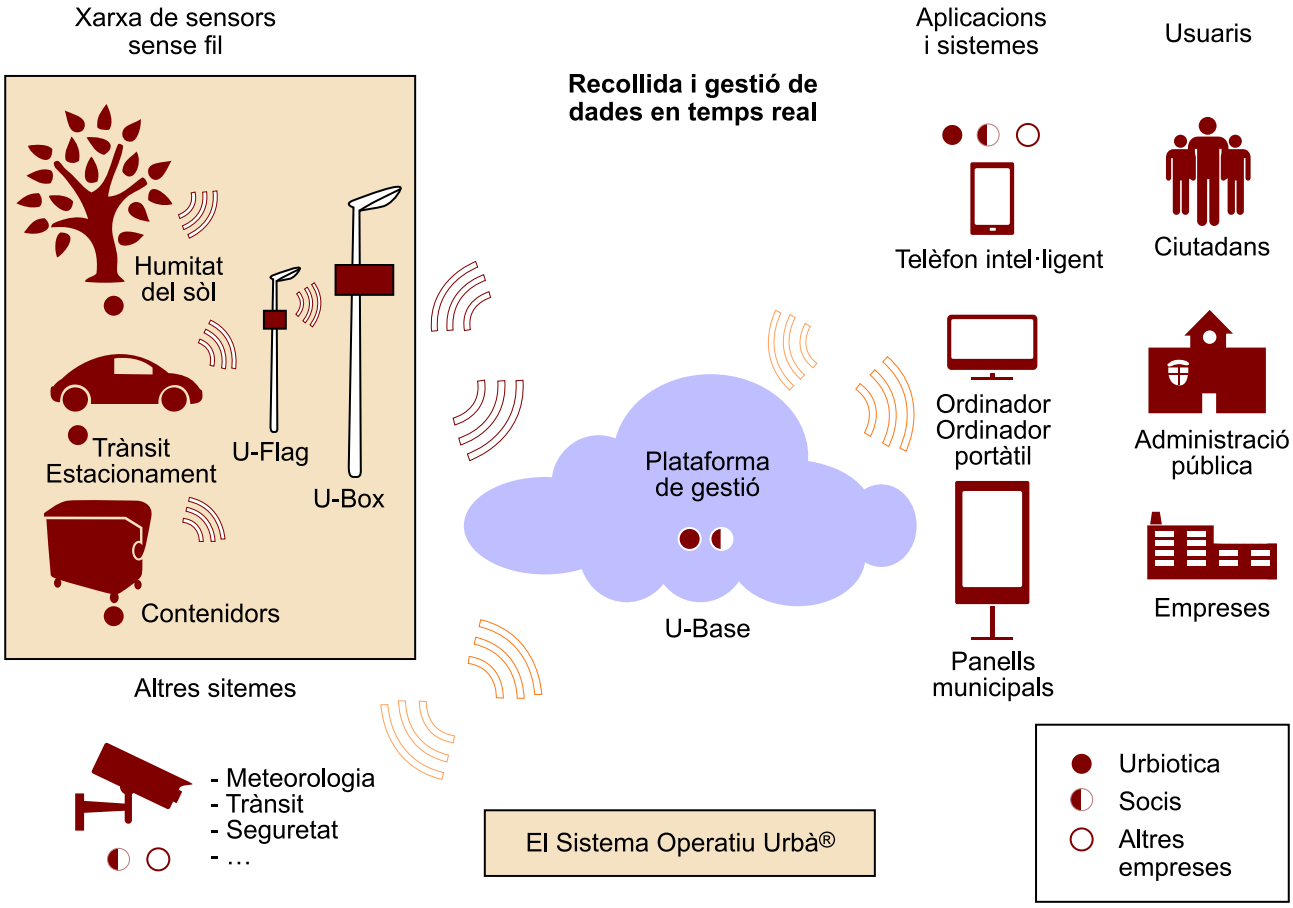
D'una banda, la instal·lació de sensors en els contenidors d'escombraries (vegeu la figura 53) permet gestionar la recollida i el buidatge dels contenidors només quan estan plens. Mitjançant aquests sensors, basats en ultrasons, es pot calcular si el contenidor està a punt d'omplir-se o encara té capacitat per a donar servei.

Figura 53. Sensor d'Urbiotica instal·lat en un contenidor de paper

Font: Urbiotica

Per tant, els camions de recollida solament passaran pels contenidors que calgui buidar. D'aquesta manera, s'estalvia en viatges innecessaris, hores improductives i en combustible, la qual cosa implica una reducció també de CO_2. Al mateix temps, s'aconsegueix una disminució de la contaminació acústica generada per les recollides, la qual cosa repercuteix en una millora de la qualitat de vida dels ciutadans. A més, amb les dades recollides pels sensors, es poden generar informes estadístics d'ús per a optimitzar les rutes de recollida.

Figura 54. Arquitectura de comunicacions usada per l'empresa Urbiotica



Font: Urbiotica

En la figura 54, podeu observar l'arquitectura de comunicacions proposada per l'empresa Urbiotica per a la gestió dels contenidors i la recepció de les dades generades pels sensors. Les xarxes de sensors capten la informació en temps real. Aquestes dades es transmeten sense fil als elements de comunicació instal·lats en el mobiliari urbà.

Un enrutador (U-Flag, vegeu la figura 55) és l'encarregat de recollir la informació dels sensors, que transmet després a un concentrador (U-Box) amb un protocol propi desenvolupat per Urbiotica que optimitza la vida útil de les bateries. Al seu torn, s'envien totes les dades a la plataforma de gestió mitjançant ZigBee, Wi-Fi o GPRS. En la plataforma, les dades es converteixen en informació útil en temps real, i posteriorment s'emmagatzemen i es posen a disposició dels sistemes informàtics i d'aplicacions externes. Aquest sistema de gestió de residus s'ha instal·lat en el districte 22@ de Barcelona.

Figura 55. Enrutador U-Flag instal·lat en el mobiliari urbà

Font: Urbiotica

Una altra aplicació que utilitza la mateixa arquitectura de sensors distribuïts i que pot establir sinergies amb els mateixos elements de transmissió de dades ja instal·lats, com els explicats en el paràgraf anterior, és l'ús de sensors d'humitat del sòl en parcs i jardins, que destaquem com a sistema eficient d'estalvi de recursos naturals.

Figura 56. La primera foto correspon a un sensor d'humitat enterrat en una zona enjardinada i la segona, a una vista de perfil del mateix sensor

Font: Urbiotica

Gràcies a aquests sensors, es poden programar i gestionar amb més eficàcia les necessitats d'aigua de la gespa i les plantes. Amb sistemes de reg controlats, podem fer servir únicament l'aigua que es necessita segons el moment del dia o de l'estació en què ens trobem. Per exemple, si estem en una època en la

qual les pluges són habituals, amb els sensors podem detectar que la terra està humida i, d'aquesta manera, evitem obrir el sistema de reg automàtic. Aquest sistema ha estat instal·lat per Urbiotica a la ciutat de Sant Cugat, Barcelona.

4.3. Conclusions

Una gran part dels serveis que ofereixen les administracions es poden convertir en intel·ligents amb l'ús adequat de les TIC. Aquests serveis nous facilitaran el contacte dels ciutadans amb l'administració i, al mateix temps, permetran estalviar costos, ja que els processos podran ser més eficients.

Heu vist al llarg de l'apartat que, en el cas de la *smart community*, el desenvolupament d'*open data* i l'intercanvi de dades són requisits indispensables per al desenvolupament de l'administració electrònica a les ciutats intel·ligents. Les dades públiques han de ser obertes i accessibles, mitjançant la creació i l'ús de repositoris amb estructures i definicions comunes.

Destaquem, per l'ús intensiu i innovador de les TIC, la millora que es pot aconseguir per als ciutadans en els serveis d'assistència i en els serveis mèdics. Entre aquestes tecnologies hi ha sensors, xarxes WLAN, ús del satèl·lit i sistemes basats en comunicacions cel·lulars com l'M2M. Les aplicacions d'autodiagnosi a les llars requeriran comunicacions amb amplades de banda molt àmplies, compatibles amb l'enviament d'imatges i vídeos de diagnosi.

Per al desenvolupament de l'e-administració, cal introduir les TIC en dues àreas principals: una inversió en TIC en els processos interns i una altra que afecti la part externa, la que està en contacte amb els ciutadans, amb l'objectiu de crear una finestreta única. Això requereix que les administracions comparteixin informació i treballin de manera coordinada, i per a això cal una xarxa de comunicacions interconnectada.

Resum

Una *smart city* és una ciutat que busca millorar la qualitat de vida dels ciutadans i un desenvolupament sostenible, i que per a aconseguir-ho fa servir les TIC com a element bàsic per a la definició d'arquitectures i processos comuns que generin sistemes intel·ligents en mobilitat, en eficiència energètica i en capital humà.

Com heu vist en els apartats anteriors, l'arquitectura de comunicacions per a la *smart city* es basa sempre en la mateixa filosofia: una xarxa de sensors distribuïts que s'encarreguen de captar la informació necessària; una xarxa de concentradors que reben les dades d'aquests sensors i que les envien a centres de control, que disposen d'una capacitat d'emmagatzematge i d'anàlisi de la informació rebuda; i, finalment, amb la informació procedent d'aquesta anàlisi, s'ofereixen els serveis als ciutadans. Un exemple d'això són els sensors per a la gestió dels residus urbans: disposem d'una xarxa de sensors distribuïts que capten la informació de l'estat de saturació del contenidor. Aquestes dades s'envien, mitjançant equips de comunicació, a un centre de control, que les analitza i que, posteriorment, optimitza els serveis de recollida.

En el cas del control de lluminàries, el control de la xarxa elèctrica i en gran part dels exemples que hem anat veient en el mòdul, l'estructura és la mateixa. Canvia el mitjà físic o la tecnologia de transmissió perquè els requeriments són diferents, però tots es basen en el mateix procés, format per captació, enviament, anàlisi i oferiment de serveis.

En l'apartat "*Smart mobility*" heu estudiat com les TIC ajuden a crear una mobilitat intel·ligent, on els VE tenen un paper clau. El VE redueix les emissions de CO_2 respecte a un vehicle de gasolina i, a més, permet la integració de més energia renovable a la xarxa elèctrica. Cal que el VE disposi de comunicacions per a poder controlar-ne la càrrega i conèixer-ne paràmetres interns, com l'estat de la bateria. Igualment, si volem recarregar el nostre vehicle en un punt de recàrrega públic, necessitarem sistemes capaços de validar-nos com a usuaris de confiança, per la qual cosa haurem de disposar de sistemes d'identificació que enviïn les dades als sistemes centrals i comprovin si poden donar-nos accés a l'energia o no.

Una mobilitat més sostenible també s'aconsegueix gestionant i facilitant l'aparcament a les ciutats mitjançant sensors, panells i aplicacions per a dispositius mòbils que ens indiquin les places lliures properes al lloc on ens trobem.

En l'apartat "*Smart energy*" heu estudiat el concepte de *smart energy*, que comprèn els aspectes relacionats amb la gestió i el consum d'energia i que se centra a aconseguir els objectius següents: un ús eficient de l'energia a les llars,

edificis i ciutats; la integració d'energies renovables distribuïdes; la gestió de la demanda i la producció d'energia, i el monitoratge i la gestió de la xarxa elèctrica.

Els comptadors intel·ligents són un element clau de les *smart grids*, i també la complexa infraestructura de comunicacions necessària per a poder gestionar-los. Els comptadors intel·ligents ens permeten tarifar per franges horàries, fer mesures de qualitat o enviar informació de consums, entre d'altres.

Heu comprovat que les TIC ens permeten controlar, monitorar i gestionar els consums interns a les llars i edificis, desplaçant, per exemple, els consums d'hores punta a hores vall, la qual cosa permet una millora de l'eficiència energètica i un estalvi en la factura. A les llars, les tecnologies de comunicacions sense fil de baix consum es presenten com la solució ideal per a comunicar-se amb els dispositius intel·ligents.

L'eficiència energètica no solament s'aconsegueix en llars i edificis, sinó que també és possible traslladar-la a la despesa energètica més gran de les ciutats: la il·luminació dels carrers. Amb la instal·lació de sensors de presència i equips de comunicació que permeten un control individual de les lluminàries, es pot modificar la intensitat lumínica dels llums adaptant-la a les necessitats del moment.

Finalment, en l'apartat "*Smart community*", dedicat a conceptes de *smart community*, heu estudiat alguns dels serveis que les administracions, mitjançant l'ús de les TIC, poden oferir als ciutadans perquè aquests guanyin en atenció i rapidesa. Entre ells, hi ha la creació d'una finestreta única de contacte per a processos administratius, la prestació de serveis assistencials a distància i, en un futur, l'assistència sanitària en línia.

També resulta possible gestionar l'ús dels recursos naturals, com per exemple en el control de l'aigua usada per regar parcs i jardins. Heu vist que, gràcies a la instal·lació de sensors d'humitat i una infraestructura de comunicacions apropiada, podem controlar exactament la quantitat d'aigua que necessiten les plantes i estalviar en un be tan valuós.

Abreviatures

ADA *advanced distribution automation*

AES *advanced encryption standard*

BPSK *binary phase shift keying*

BT baixa tensió

CAN *controller area network*

CCTV circuit tancat de televisió

DALI *digitally addressable lighting interface*

DER *distibuted energy resources*

DSO *distribution system operator*

EMS *energy management system*

EPRI Electronic Power Research Institute

EVSE *electric vehicle supply equipment*

FTTH *fiber to the home*

G4V *grid for vehicles*

HAN *home area network*

ICE *internal combustion engine* (motor de combustió interna)

IDAE Institut per a la Diversificació i Estalvi de l'Energia

IEC International Electrotechnical Commission

LED *light emitting diode*

LTE *long term evolution*

M2M *machine to machine*

MT mitja tensió

NFC *near field communications*

NIST National Institute of Standards and Technology

OFDM *orthogonal frequency-division multiplexing*

PLC *power line communications*

PWM *pulse with modulation*

SARA sistema d'aplicacions i xarxes per a les administracions

TIC tecnologies de la informació i la comunicació

TSO *transmission system operator*

VE vehicle elèctric

VPLS *virtual private LAN services*

VPN *virtual private networks*

WAN *wide area network*

Bibliografia

1) Conceptes generals de *smart cities*

"Mapa Tecnológico, Ciudades inteligentes" (abril 2012). IDAE. [En línia]. http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_Borrador_Smart_Cities_18_Abril_2012_b97f8b15.pdf

http://www.smart-systems-integration.org

"Internet of Things in 2020, a Roadmap for the Future" (2008). European Technology Platform on Smart Systems Integration (EPoSS).

"Strategic Research Agenda" (2009). European Technology Platform on Smart Systems Integration.

http://www.smartcitymalaga.es/

http://smartcity.santcugat.cat/

http://www.smartsantander.eu/

http://www.smart-cities.eu/

http://www.smartcities.info

http://www.cisco.com/web/strategy/docs/scc/whitepaper_cisco_scc_idc.pdf

Vídeos

http://www.tv3.cat/videos/3940050/Gestio-intelligent-a-Sant-Cugat-del-Valles

http://www.rtve.es/noticias/20120210/informe-semanal-ciudades-que-piensan/497293.shtml

2) *Smart mobility*

http://www.endesavehiculoelectrico.com/vehiculo-electrico/recarga/modos-de-recarga

http://www.chademo.com

http://www.g4v.eu

http://www.greenemotion-project.eu/

3) *Smart energy*

"Report to NIST on the Smart Grid Interoperability Standards Roadmap". [En línia]. http://energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/Report_to_NIST_August10_2.pdf

http://externo.canalendesa.tv/index_eng.php?MetaDataID=16334&idioma=eng

http://www.openmeter.com/

http://www.metersandmore.com/

http://www.cisco.com/web/strategy/docs/energy/gridblocks_ref_model.pdf

http://www.lites-project.eu/

http://www.bestenergyproject.eu/

4) *Smart community*

http://www.urbiotica.com

"Open Data Handbook". [En línia]. http://opendatahandbook.org/