XARXES MUNICIPALS

Localret

Agraïments

Aquest document és fruit d'un procés col·laboratiu d'anàlisi, reflexió i diàleg, al voltant del desplegament de xarxes IoT basades en tecnologia LoRaWAN, entre els grups de treball vinculats a l'eix 2 de l'Agenda Digital dels Municipis de Catalunya, iniciativa que s'emmarca en l'estratègia del municipi digital i que el Consorci Localret du a terme amb la finalitat d'acompanyar els ajuntaments en la seva transformació digital.

El present document ha estat elaborat pel Consorci Localret i ha comptat amb la participació i col·laboració de professionals que formen part de l'Ajuntament de Terrassa, l'Ajuntament de Reus, l'Ajuntament de Sant Esteve Sesrovires, l'Ajuntament de Granollers, Ajuntament de Manresa, l'Ajuntament de Calonge, l'Ajuntament de Tarragona i l'Ajuntament de Girona.

Data d'elaboració: Octubre de 2023

Índex

1. Introducció 3
2. Abast del document 4
3. Connectivitat IoT 5
4. Opcions tecnològiques NB IoT/5G i LoRaWAN 7
4.1 Serveis d'Operadores versus infraestructura pròpia 8
5. Tecnologia LoRaWan: Arquitectura de xarxa 8
6. Casos d'èxit 11
7. Com abordar un projecte LoraWAN? 13
7.1 Estudi de cobertura LoRaWAN 13
7.2 Gateways 15
7.3 Servidor on-premise o al cloud 16
7.4 Explotació de dades 19
8. Actuació supramunicipal 21
8.1 El rol de les administracions supramunicipals en el procés 21
Annex 1 – Implantació xarxa LoRaWAN a una ciutat mitjana (Granollers) 23

1. Introducció

El desenvolupament de les ciutats digitals ens facilita una forma viable de millorar els estàndards de vida urbans. Les ciutats digitals i intel·ligents tenen el poder d'influir en la vida urbana, optimitzant les operacions de ciutat, minimitzant l'impacte ambiental i millorant la qualitat de vida de la ciutadania.

El desplegament de la IoT (Internet de les Coses) a les ciutats està incorporant a les infraestructures municipals uns grans potencials que els ajuntaments estem obligats a aprofitar. No obstant això, l'existència d'una gran diversitat d'interlocutors, tecnologies, plataformes, eines i protocols aporta una gran complexitat al problema i fa necessari establir una estratègia el més clara i concreta possible a l'hora de fer-hi front.

Ens trobem en un moment on les ciutats hem de marcar una estratègia tecnològica el més homogènia possible entre nosaltres, per fer front al repte de la transformació digital a nivell local. No és un problema que podem abordar aïlladament, hem d'establir polítiques de col·laboració per coordinar-nos entre ciutats, reduir els recursos necessaris compartint els esforços. Projectes com el Metamodel i l'Agenda Digital dels municipis de Catalunya que està desenvolupant Localret, ens poden ajudar a establir les bases sobre la que construir les nostres estratègies.

El repte és molt gran, de gran abast i amb diversos nivells, des de les canalitzacions urbanes orientades a les telecomunicacions, fins a les plataformes de ciutat intel·ligent. No obstant això, un dels elements que els ajuntaments, com a entitats territorials, han de coordinar sense dubtes, és el desplegament de les xarxes de telecomunicacions en l'àmbit de la IoT.

2. Abast del document

Aquesta guia vol donar a conèixer les problemàtiques a les que hem de fer front i les possibles solucions que tenim al nostre abast, per donar resposta al desplegament de la Internet de les Coses a les nostre ciutats.

En un primer apartat, presentarem àmbits de millora i projectes concrets que s'estan treballant actualment a diverses ciutats de casa nostra i de fora, basats en l'aprofitament de la IoT. En un segon apartat, compararem les diferents tecnologies existents per construir o contractar una infraestructura de telecomunicacions per a la IoT, així com els avantatges de la construcció i gestió d'una infraestructura de telecomunicacions pública, basada en estàndards oberts. Per últim, analitzarem el paper que les administracions supramunicipals poden jugar per construir unes infraestructures segures, sostenibles i interoperables, que gràcies a la coordinació i la col·laboració de les administracions locals, maximitzin els resultats dels esforços que les ciutats realitzin de forma individual.

La principal tecnologia que es presentarà en aquesta guia és LoRaWAN, desenvolupada i gestionada per la LoRa Alliance, una associació oberta i sense ànim de lucre, formada per empreses i institucions, amb la missió de donar suport i promoure l'adopció global de la tecnologia.

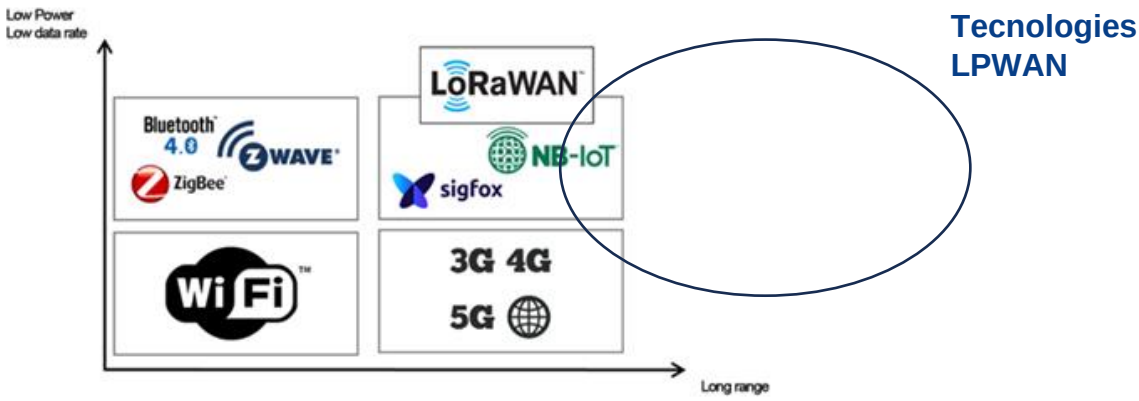
3. Connectivitat IoT

El terme IoT (Internet de les Coses) es va utilitzar per primera vegada al 1999, per en Kevin Ashton, directiu en aquell moment a una empresa de gran consum i que posteriorment va dirigir el Auto-ID Center del MIT, un centre orientat al desenvolupament de les tecnologies de comunicació via radio freqüència (RFid). El bressol del concepte i la tecnologia és el mon industrial, pretén descriure un sistema on Internet es connecta amb el mon físic mitjançant una xarxa estesa i omnipresent de sensors i actuadors.

Els processos vinculats a les prestacions dels serveis públics tenen similituds amb els processos industrials. Sense establir per exemple els mateixos de temps de resposta, a la ciutat els diversos serveis públics han de coordinar-se per prestar el millor servei a la ciutadania. De la mateixa forma la coordinació entre serveis precisa la connectivitat de les infraestructures per centralitzar les dades i avançar en la transformació dels nostres ajuntaments en organitzacions orientades a la dada.

Les tecnologies de comunicació IoT, eminentment sense fils, fan possible connectar equips mòbils i infraestructures: vehicles, contenidors, comptadors, en definitiva tota mena d'objectes i equips que ara poden facilitar informació del seu funcionament o el seu entorn, que seria impossible connectar per cable. Per altra banda les comunicacions mòbils tradicionals (3G, 4G,..) estan orientades a facilitar grans capacitats de transferència i per aquesta raó precisen de sistemes de transmissió potents, reduir la distància entre emissor/receptor i la utilització de freqüències altes que afavoreixin l'ample de banda.

Les necessitats de comunicació per a la IoT son més reduïdes, no es tracta de transmetre vídeo en *streaming* i grans quantitats de dades amb molta freqüència. La IoT precisa la transmissió d'un ample de banda reduït, on el punt clau és augmentar la cobertura i disminuir la potència necessària per a la transmissió, eliminant la necessitat de connectivitat a les xarxes d'energia elèctrica dels sensors i actuadors. En aquest context neixen les tecnologies LPWAN (*Low Power Wide Area Network)*. En definitiva, en l'enviament d'una dada, es maximitza la distància entre receptor/emissor i es minimitza el consum energètic.



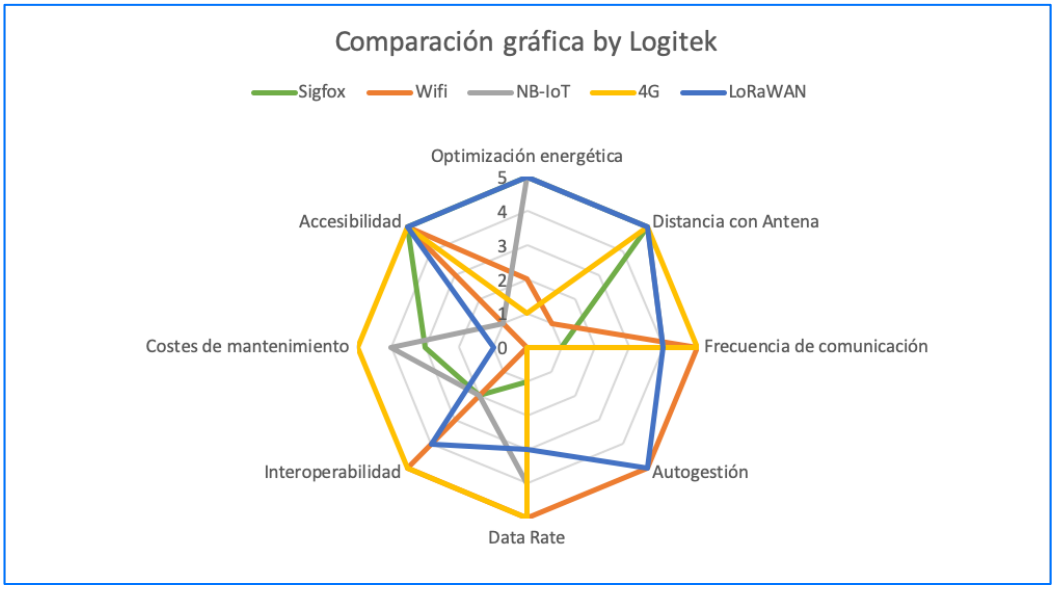
Existeixen diferents tecnologies denominades LPWAN. Algunes s'ofereixen com a servei per part d'operadores tradicionals i empreses de telecomunicacions més especialitzades. També existeixen solucions propietàries i altres basades en estàndards i programari obert. No obstant això, també és una realitat econòmicament sostenible la construcció d'aquestes infraestructures a nivell local.

4. Opcions tecnològiques NB IoT/5G i LoRaWAN

En aquest moment les diferents operadores de telecomunicacions han dissenyat i definit nous productes per oferir a la societat en l'àmbit de la IoT. Tecnologies cel·lulars (que es despleguen per les operadores sobre freqüències concessionades i amb una arquitectura cel·lular) com el NarrowBand IoT (NBIoT), LTE-M (4G) o les noves tecnologies 5G, es combinen amb altres basades en freqüències lliures i no cel·lulars, com ara Sigfox o LoRaWAN com a servei.

Per altra banda moltes ciutats, com per exemple les que s'inclouen al projecte WIFI4EU, estan desplegant xarxes de telecomunicacions públiques als seus territoris.

No totes aquestes tecnologies son les més adients per a la connectivitat de la IoT, s'han de tenir en compte molts paràmetres: la cobertura i la capacitat de penetració, les necessitats d'ample de banda segons els casos d'ús, els costos de manteniment, l'optimització energètica, etc... El treball realitzat per Logitek mostra en gràfica una estimació de tots aquests paràmetres en funció de les tecnologies de comunicació.



L'anàlisi d'aquestes tecnologies mostra el per què moltes ciutats, encara no al nostre estat però si a la resta d'Europa, s'han orientat a la construcció d'infraestructures de telecomunicacions pròpies per a la gestió de la IoT basades en el protocol LoRaWAN.

4.1 Serveis d'Operadores versus infraestructura pròpia

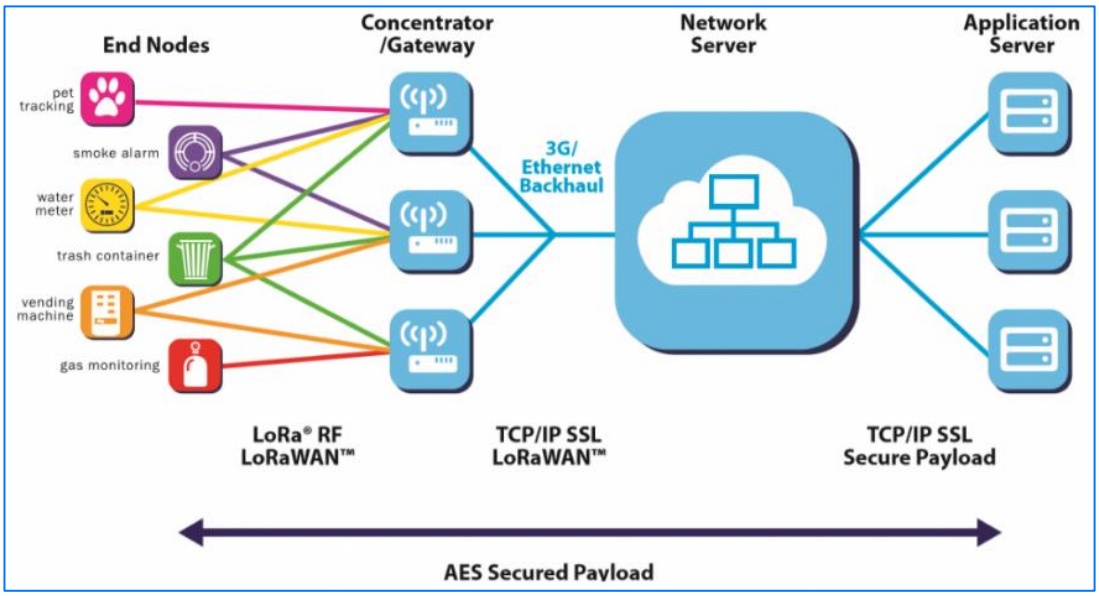
Les administracions territorials que vulguin aprofitar la IoT per a la millora dels serveis públics o per prestar nous serveis a la ciutadania, han de prendre una decisió de base: contractar els serveis d'una operadora de telecomunicacions o construir una infraestructura de xarxa pròpia. No és una decisió fàcil o directa, s'han de tenir en compte diversos paràmetres:

- Els casos d'ús previstos i la quantitat de nodes o "objectes" (sensors i/o actuadors) a connectar: en la mida que s'abordin projectes que comportin la connexió de milers de dispositius, més avantatjosa resultarà l'opció de construir una infraestructura pròpia.
- Lògicament la superfície de territori a cobrir i les característiques topogràfiques, de densitat de població i de nivell d'edificació del mateix. No és el mateix donar cobertura a una zona muntanyosa i poc poblada que a un nucli urbà d'alta densitat. En aquest sentit, també estarà relacionada la possibilitat de disposar de serveis d'operadora, amb moltes més probabilitats de disposar-ne en el segon cas que en el primer.
- Els recursos necessaris per construir un sistema d'aprovisionament i gestió del cicle de vida dels sensors i actuadors. La industrialització d'aquesta gestió és un repte, sobre tot per entitats petites, a mida que augmenten les funcionalitats i el número d'equips en xarxa.

En línies generals, el servei d'operadores NB té un cost proporcional al nombre de sensors, per tant serà beneficiós en cas de tenir una xarxa amb pocs sensors i la construcció d'infraestructura pròpia serà avantatjosa en cas de disposar d'una xarxa amb molts sensors.

5. Tecnologia LoRaWan: Arquitectura de xarxa

L'arquitectura d'una xarxa de telecomunicacions basada en LoRaWAN es pot veure al següent esquema:



L'arquitectura LoRaWAN estableix una topologia en estrella entre els nodes (sensors i/o actuadors) i els *gateways* (concentradors o portes d'enllaç). D'aquesta forma, no existeix una relació unívoca entre node i *gateway*, els nodes transmeten dades a tots els *gateways* que tenen al seu abast. Alhora, els *gateways* es connecten també amb una topologia en estrella amb el servidor de xarxa, que s'encarrega de la gestió dels missatges i fer-los arribar via el servidors d'aplicacions, a les plataformes IoT (com per exemple Sentilo) o les plataformes de ciutat intel·ligent.

L'avantatge més importat d'aquesta tecnologia de telecomunicacions (LoRaWAN) es basa en la utilització d'estàndards i d'eines de software lliure, que permeten el seu desplegament amb una relativa baixa inversió de recursos, així com amb garanties de sostenibilitat, gracies al suport d'un important i molt actiu sector industrial i de serveis.

Els costos de desplegament d'un *gateway* sobre el terreny a la coberta d'un equipament municipal, amb criteris professionals i equipament de primer nivell, es pot situar entre els

1.000 € i els 3.000€ en funció de si es requereixen treballs en alçada, plataformes elevadores, etc... Els costos de manteniment, al tractar-se eminentment d'un desplegament de maquinari, es situa entre el 10 % i el 15% com màxim.

El número de *gateways* necessaris per a la cobertura total d'un terme municipal, depèn òbviament de la seva extensió, però també en gran mesura del nivell de penetració i de l'escalabilitat que li exigirem a la infraestructura, que per la seva banda depenen del requisits que marquin els casos d'ús a implementar. Si ens orientem a connectar milers de nodes i/o aquests s'instal·len en ubicacions molt *indoor*, faran falta més. Els estudis realitzats a Terrassa en relació a la necessitat de cobertura per donar servei a la telelectura de comptadors d'aigua (potser el cas d'ús més exigent en relació a la necessitat de penetració i a la quantitat d'equips a connectar, més de 100.000 en el cas de Terrassa) estimen que seran necessaris entre 30 i 40 *gateways*, per garantir cobertura *deep indoor* molt propera al 100% del terme municipal. Aquest número tan elevat no és de cap manera un requeriment bàsic, altres ciutats han fet estudis de cobertura i per exemple, per una ciutat amb casos d'ús menys exigents en penetració *indoor,* un territori 15 Km^2 i un número de nodes inferior als 15.000, el desplegament de 6 *gateways* seria suficient.

6. Casos d'èxit

Els àmbits i les aplicacions de les tecnologies IoT son molts i estan contínuament ampliant-se. No només a nivell de la gestió urbana, la recopilació de dades, la monitorització i la tele-gestió son conceptes que formen una part molt important del fenomen de la transformació digital en la que estem vivint. No obstant això, si ens centrem en l'àmbit de la ciutat digital, podem destacar alguns dels camps d'aplicació més importants:

- La gestió de l'enllumenat públic.
- La mobilitat sostenible i l'aparcament intel·ligent.
- La gestió de la recollida de residus i la neteja viària.
- El control de les fonts, les xarxes de subministrament, la canalització residual i la depuració d'aigua.
- La prevenció i la gestió de les emergències, siguin per causes naturals i humanes.
- La gestió del trànsit.
- El control de la qualitat ambiental: de l'aire, acústica, radioelèctrica, etc...
- La seguretat pública.

La Generalitat de Catalunya, les Diputacions, altres entitats i administracions, també diverses ciutats del nostre entorn estan desplegant xarxes LPWAN i posant en servei nous cassos d'ús de ciutat intel·ligent per millorar en molt d'aquests àmbits.
Alguns exemples utilitzant la tecnologia LoRaWAN:

- Reg automàtica de jardins amb connectivitat LoRaWAN a Girona. 🔗
- Control de ramats extensius i dels depredadors al medi natural. 🔗
- Control de la qualitat de l'aire mitjançant tecnologia LoRaWAN a la ciutat de Manlleu. 🔗
- Xarxa Pública IoTIB d'alta disponibilitat basada en LoRaWAN a les Illes Balears. 🔗
- Control de la xarxa hídrica portuària del Port de Tarragona. 🔗
- Traçabilitat de contenidors, actius mòbils i altres funcionalitats al Port de Barcelona. 🔗

- Telelectura de comptadors d'aigua i sensors de pressió de la xarxa d'abastament a Terrassa. 🔗

A nivell internacional, existeixen grans projectes que aprofiten les avantatges o que construeixen xarxes IoT a l'àmbit de la ciutat intel·ligent, utilitzant la tecnologia LoRaWAN:

- Control de 70.000 llumeneres a Montevideo mitjançant tecnologia LoRaWAN. 🔗
- Xarxa pública LoRaWAN de la ciutat de Perth (Austràlia). 🔗
- Solucions d'accés a l'aigua potable. Garantir l'aigua potable a zones del tercer mon. 🔗
- Xarxa LoRaWAN amb cobertura estatal a Holanda. 🔗
- *TheThingsNetwork* (TTN) – The Netherlands, la xarxa LoRaWAN pública amb cobertura global. 🔗
- Diversos projectes urbans a ciutats de França basats en tecnologia LoRaWAN. 🔗

Existeix un ampli ecosistema d'empreses integradores i fabricants de sensors i equips de tecnologia LoRaWAN. Aquí podeu trobar un llista d'aquests proporcionat per Semtech (l'empresa inventora de la tecnologia de modulació LoRa):

Featured Sensor Use Cases | Ecosystem | LoRa Technology | Semtech

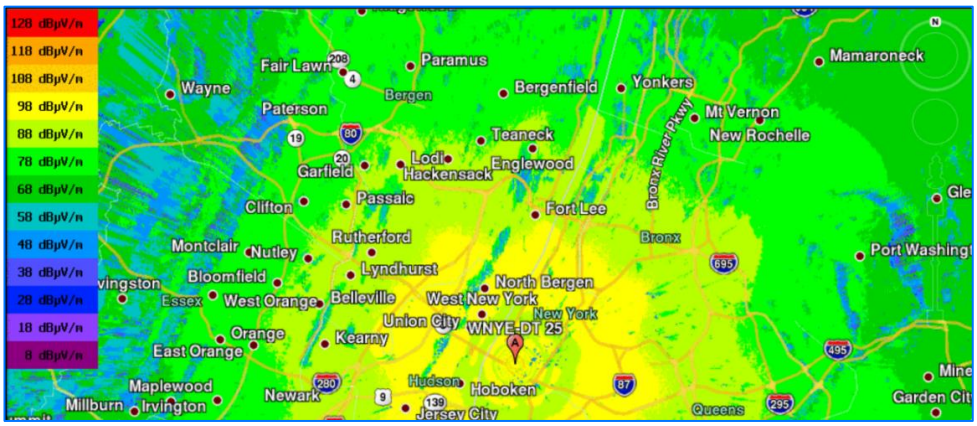
7. Com abordar un projecte LoraWAN?

Partint d'un anàlisi inicial, hem identificat casos d'ús importants per a la nostra ciutat, arribant a la conclusió que volem disposar d'una infraestructura pròpia i no dependre de serveis d'operadora. A l'hora d'afrontar un projecte de construcció d'una xarxa LoRaWAN a la nostra ciutat, hem de seguir els següents passos:

- Caldrà fer un estudi de cobertura per establir els millors emplaçaments dels *gateways*, haurien de ser ubicacions en espais municipals per reduir el cost de lloguer, manteniment i connectivitat..
- Farem un desplegament directe de la infraestructura física, és a dir els *gateways*, que haurem de seleccionar entre els diversos equipaments disponibles al mercat.
- Element bàsic de l'arquitectura és el servidor de xarxa, la plataforma de software que gestiona tot el sistema. Haurem d'analitzar quina serà la millor opció de les diverses disponibles.
- Per últim haurem de disposar d'una plataforma IoT o plataformes de ciutat intel·ligent, per portar a terme l'explotació de dades i desplegar totes les funcionalitats dels casos d'ús escollits.

7.1 Estudi de cobertura LoRaWAN

Per realitzar un estudi de cobertura teòric, partint del conjunt dels equipaments municipals per seleccionar les ubicacions dels nostres *gateways*, es poden utilitzar diversos paquets de software lliure, per exemple SPLAT.



No obstant això, una altra opció seria utilitzar equips de camp per determinar la cobertura real sobre el territori, com per exemple l'Adeunis FTD.

A l'hora de realitzar un estudi de cobertura cal tenir en compte:

- Les dimensions del territori a donar cobertura. Volem donar cobertura només al casc urbà o a tot el terme municipal? La cobertura dependrà molt de la instal·lació del *gateway*, a més alçada, millorarà la distància de cobertura i també la qualitat en general.
- Les característiques topogràfiques de terreny, les elevacions del terreny actuen de barreres naturals per a la propagació del senyal. La tecnologia i el protocol son molt eficients, però no poden fer màgia, si entre sensor/actuador i *gateway* s'ubica una muntanya, no podrà arribar la cobertura.
- Els tipus d'edificació existent: els grans edificis poden ser un obstacle per a la senyal.
- Els requeriments dels casos d'ús a implantar: sensors/actuadors ubicats al domini públic i a l'aire lliure (*outdoor*) o dins dels edificis i/o arquetes al subsol (indoor).
- El guany que pugui aportar l'antena dels *gateways*, mesurat en "dBi" (decibels de guany sobre un radiador isotròpic) també és un element que pot ajudar a millora la cobertura en general i la penetració en entorns *indoor*.

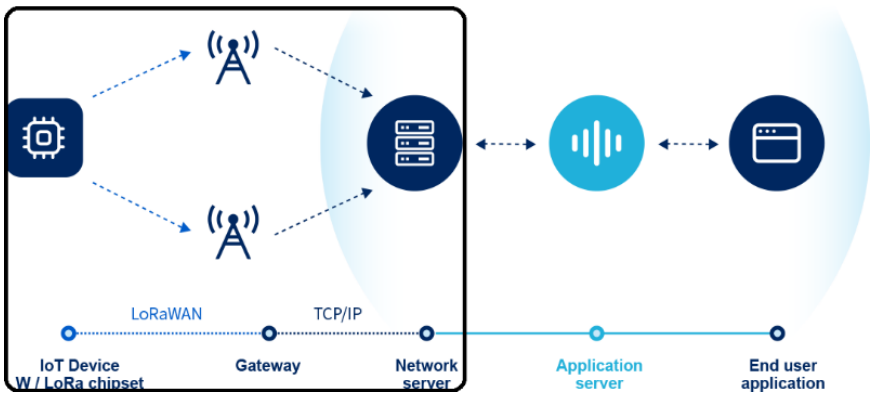
- El número previst de sensors/actuadors a instal·lar: la tecnologia i el fet d'utilitzar freqüències lliures estableix un límit als nodes (sensors/actuadors) amb els que pot comunicar un *gateway*. Aquest límit està vinculat a la freqüència d'enviaments, a la mida del paquet de dades a enviar, a la voluntat de complir amb les polítiques de compartició establertes pe la Lora Alliance, ETSI, regulacions nacionals, etc.. No existeix un càlcul precís, no obstant això, existeixen eines de càlcul que ens poden ajudar a determinar en aquest sentit, el número de *gateways* necessaris per als nostres casos d'ús.

El resultat final d'un estudi de cobertura ha de ser disposar d'una visió general aproximada de quina serà la qualitat de la comunicació, que s'establirà entre els nodes que desplegarem sobre el territori i la nostra xarxa de *gateways*. No obstant això, hem de tenir en compte que cadascun dels gateways i dels nodes que arribem a incorporar tindran unes característiques de radiació diferents i que sobre els resultats finals obtinguts de l'explotació d'una xarxa sense fils, tenen molt impacte les circumstàncies conjunturals de entorn, com les condicions atmosfèriques, la ocupació del mitjà radioelèctric, etc.

7.2 Gateways

Els *gateways* son els equips encarregats de connectar els nodes (sensors/actuadors) desplegats sobre el territori amb els servidor de xarxa, que s'ha tractarà a continuació. En territoris on hi ha un gran desplegament d'una xarxa pública (com per exemple el projecte *TheThingsNetwork* a Holanda) seria una part de l'arquitectura que es podria obviar, però aquest no és clarament el nostre cas. La iniciativa privada o educativa (per exemple les universitats) no tenen actualment projectes que contemplin el desplegament massiu d'aquests equips al nostre territori, per tant haurien de ser les administracions locals les que ho fessin, amb l'objectiu de disposar de xarxes per al IoT amb cobertura als termes municipals respectius.

El *gateways* son uns elements imprescindibles de l'arquitectura. A diferència dels sensors/actuadors, derivat del fet que fan de pont entre les comunicacions sense fils i les comunicacions Ethernet, han de tenir alimentació elèctrica i comporten una instal·lació en un espai estratègic per oferir la màxima cobertura.



Existeixen moltes marques de *gateway*, orientats al desplegament *indoor* i *outdoor*. Les seves característiques bàsiques han de complir les especificacions definides per la LoRa Alliance. No obstant això, les diferents solucions aporten més o menys rendiment en funció de la seva potència de càlcul, el guany de l'antena i les funcionalitats addicionals que puguin incorporar. A la pàgina de cerca de productes i serveis de la LoRa Alliance, es poden trobar les referencies més importants de *gateways* certificats per l'associació.

L'aprovisionament, la configuració i la instal·lació de gateways son processos que poden realitzar-se amb recursos propis dels Departaments TIC de les administracions locals o mitjançant empreses integradores especialitzades existents al nostre mercat.

Per últim cal assenyalar que quan parlem d'antenes en el cas dels *gateways*, no estem parlant de res semblant a una antena de telefonia mòbil tradicional. Aquests equips tenen una potència de transmissió molt baixa (fent honor a l'acrònim de la tecnologia LPWAN- Low Power...) que no supera normalment els 0,1 W, similar a la que emet un mòbil potent.

7.3 Servidor on-premise o al cloud

Un element vital a l'hora d'implementar una infraestructura de telecomunicacions IoT és l'elecció del servidor de xarxa. Existeixen moltes modalitats al *cloud* o *on-premise*, l'elecció de la solució més adient es basa en els mateixos criteris que actualment s'han de tenir en compte a l'hora d'implantar qualsevol eina o plataforma tecnològica. No obstant això, el nivell d'escalabilitat que tenen aquests sistemes, son un element molt important que permeten

dissenyar solucions de col·laboració i compartició per gestionar desplegaments de *gateways* a diversos termes municipals de forma conjunta sobre un únic servidor de xarxa.

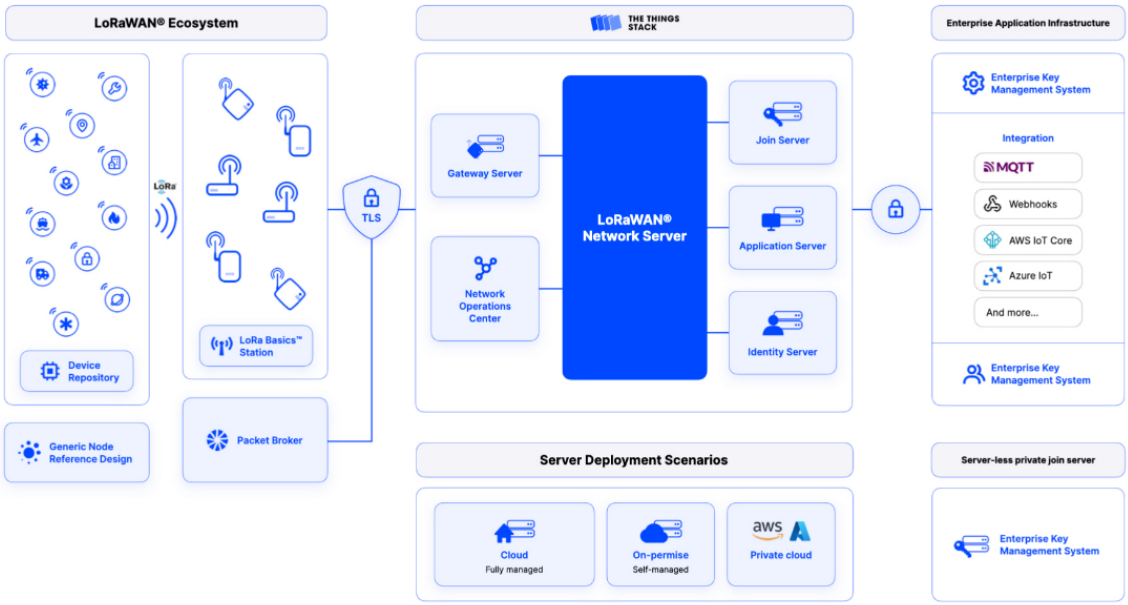
Existeixen al mercat diverses solucions al *cloud* que ofereixen els serveis en modalitat SaaS (*Software as a Service)* , per exemple:

- *TheThingIndustries*

Aquesta empresa comercialitza en mode servei instàncies del servidor de xarxa TTS (The Things Stack) desenvolupat per la comunitat *TheThingsNetwork*. També ofereixen serveis de consultoria i d'assessorament en projectes a gran escala. No obstant això, no tenen com a empresa seus a Catalunya, ni tant sols a Espanya, la seva seu és a Amsterdam i tota la relació amb l'empresa és telemàtica.

Els seus serveis cobreixen el suport a la construcció de tota l'arquitectura, des de la selecció de sensors/actuadors, fins a la gestió de la informació mitjançant eines de tercers. El seu servidor de xarxa és una implementació *multitenant* al *cloud*, però també podem liderar i mantenir instal·lacions *on-premise* en base al seu portfoli de serveis.

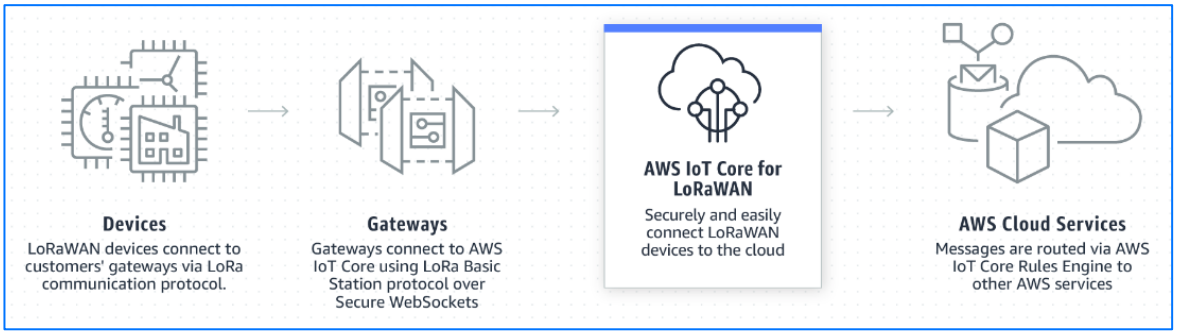
Els serveis de TTS (*TheThingStack*) al *cloud* tenen diferents nivells de suport i escalabilitat, proporcionant ANS (Acords de Nivell de Servei) per sobre del 99,9%



- AWS IoT Core

Amazon Web Services incorpora dins del seu catàleg de serveis al *cloud* una plataforma IoT que entre molts protocols de comunicació inclou LoRaWAN. Aquesta solució està dissenyada

per ser totalment al *cloud* i no incorpora l'opció *on-premise*. Incorpora la resta de serveis *cloud* que es poden interrelacionar i aportar valor afegit a la seva solució IoT, encara que sobre el paper la resta d'opcions, fins i tot la de disposar d'un servidor privat , instal·lat i mantingut amb recursos propis i *on-premise* també en podria gaudir d'aquests serveis AWS. Els altres actors principals dels serveis *cloud*: Google i Azure, també tenen els seus propis serveis orientats a la IoT: Azure IoT Hub, Google IoT Core, no obstant això, no tenen solucions pròpies LoRaWAN i Google ja ha fet públic que discontinuarà els seus serveis IoT per en principi, no fer competència als seus propis clients que ofereixen solucions en aquest àmbit.



Existeixen moltes altres opcions de servidor de xarxa al *cloud*: LORIoT, Cloud Studio IoT, ..., cadascuna amb les seves particularitats i algunes proporcionant solucions integrals, fins i tot en sectors concrets de mercat: telelectura de comptadors, agricultura, enllumenat públic, etc... No obstant això, moltes es suporten en definitiva en les arquitectures *cloud* globals (AWS, GoogleCloud, Azure) aportant els seus propis serveis com a valor afegit.

L'alternativa més tradicional a tots aquests serveis existents passa per dedicar infraestructura pròpia municipal per allotjar un servidor de xarxa privat, gestionat pels serveis TIC municipals, ja sigui *on-premise* o a un *cloud* privat. Existeixen diferents solucions de programari al mercat (https://IoTfactory.eu/products/software-platform/best-lorawan-network-servers/), però les més esteses fora de l'àmbit de les operadores tradicionals, més suport i que compten amb un ecosistema d'empreses al seu voltant, son les solucions TTS (de *TheThingsIndustries*) i Chirspstack. De fet aquestes dues solucions de programari son també les més utilitzades per les empreses que donen el servei SaaS al *cloud*, però ambdues es basen en llicències de programari lliure i poden ser instal·lades en servidors físics i virtuals.

La implementació i gestió d'aquests servidors de xarxa, així com de les plataformes IoT on finalment s'han de connectar totes les fonts de dades amb independència de les tecnologies

de connexió (LoRaWAN, 4G, cable, etc.), plantegen uns reptes nous als ajuntaments. Les plataformes orientades a la gestió de les dades provinents de la IoT, al tractar-se de solucions de programari en constant evolució i que han de gestionar en virtut del desplegament de la IoT uns fluxos de dades amb un creixement incert, requereixen recursos i dedicació d'uns equips de tecnologia que molt sovint no estan preparats per assumir.

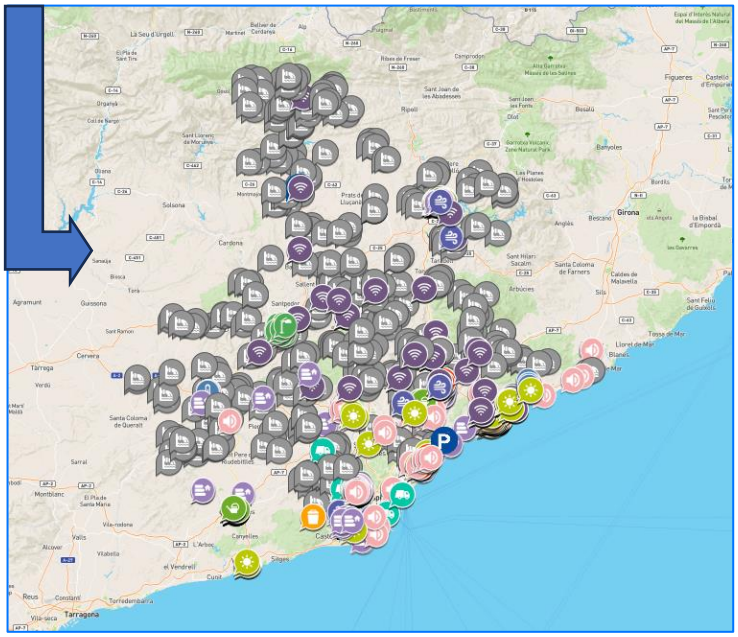
7.4 Explotació de dades

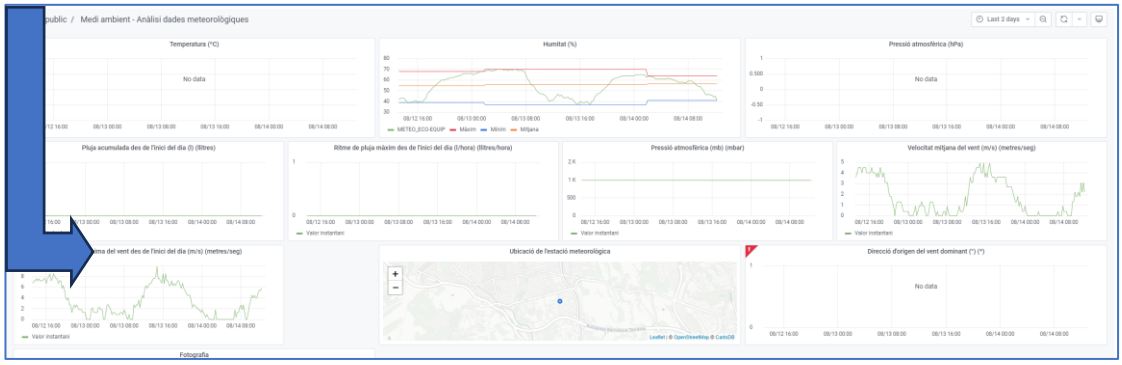
La necessitat que actualment tenen les ciutats per disposar de plataformes IoT i plataformes de ciutat intel·ligent, és un àmbit on d'entrada no es pretén incidir en aquest guia. No obstant això, cal assenyalar que les infraestructures de telecomunicacions, com per exemple les xarxes LoRaWAN, no representen un objectiu final en si mateix i no es poden estudiar sense tenir en compte on connectarem aquests xarxes i quina gestió li donarem a totes les dades que es transmetran. Cada vegada més, els ajuntaments es troben en la necessitat convertir-se en organitzacions orientades a la dada, com a conseqüència del fenomen de la transformació digital i els beneficis que s'hi deriven per a la presa de decisió.

Existeixen administracions supramunicipals (per exemple les Diputacions de Barcelona o València) que ofereixen plataformes IoT i de ciutat intel·ligent multiservei, per a la utilització dels ajuntaments de les seves demarcacions. Amb limitacions derivades de la manca de recursos d'aquestes entitats, aquestes plataformes estan servint per al desenvolupament de molts projectes en l'àmbit de la ciutat intel·ligent al nostre entorn i constitueixen a la pràctica l'única alternativa possible per a les petites i mitjanes administracions locals, per poder accedir als avantatges que aquestes noves tecnologies ofereixen.

En concret el projecte SmartRegion de la Diputació de Barcelona està fent accessible una plataforma IoT avançada, en constant evolució vers una plataforma de ciutat intel·ligent que compleixi la norma UNE 178104:2015 desenvolupada per al Comitè Tècnic de Normalització (CTN178) de l'Associació Espanyola de Normalització i Certificació (AENOR).

Comunitat
Smart Region
Barcelona





No obstant això, aquestes plataformes no baixen al nivell de les comunicacions i per tant no disposen de mòduls específics (per exemple un servidor de xarxa LoRaWAN) per a la connectivitat dels sensors/actuadors de la IoT. Les ciutats han d'assumir amb recursos propis (humans i materials) l'ús o desplegament de plataformes i infraestructures de telecomunicacions al seus territoris, en funció de si utilitzen o no els serveis de les operadores de telecomunicacions.

8. Actuació supramunicipal

La implantació i la gestió dels servidors de xarxes LoRaWAN per als desplegaments de la IoT, que donen solucions a diversos àmbits com per exemple la mobilitat, la gestió del medi ambient, la gestió del cicle de l'aigua urbà, etc., és un gran repte per una administració local mitjana o gran, i és quelcom pràcticament inviable per una de petita.

Com hem explicat, el desplegament de les infraestructures físiques de xarxa és un projecte abastable en principi per moltes administracions, fins i tot per a les relativament petites. No obstant això, si ens focalitzem en els objectius a aconseguir, està clar que disposar d'una infraestructura física no és un objectiu en si mateix, cal orientar-se al desenvolupament de projectes i casos d'ús de millorin la qualitat de vida de la ciutadania o que afavoreixen la transformació dels ajuntaments en organitzacions orientades a la dada.

Existeixen una sèrie de desafiaments des del desenvolupament d'un pilot fins al desplegament d'una solució industrial completament funcional, que sense cap dubte comporten un risc molt elevat per una administració local, amb independència de la seva mida. En aquest sentit, hem d'analitzar el rol que altres administracions de més alt nivell poden exercir davant d'aquestes problemàtiques.

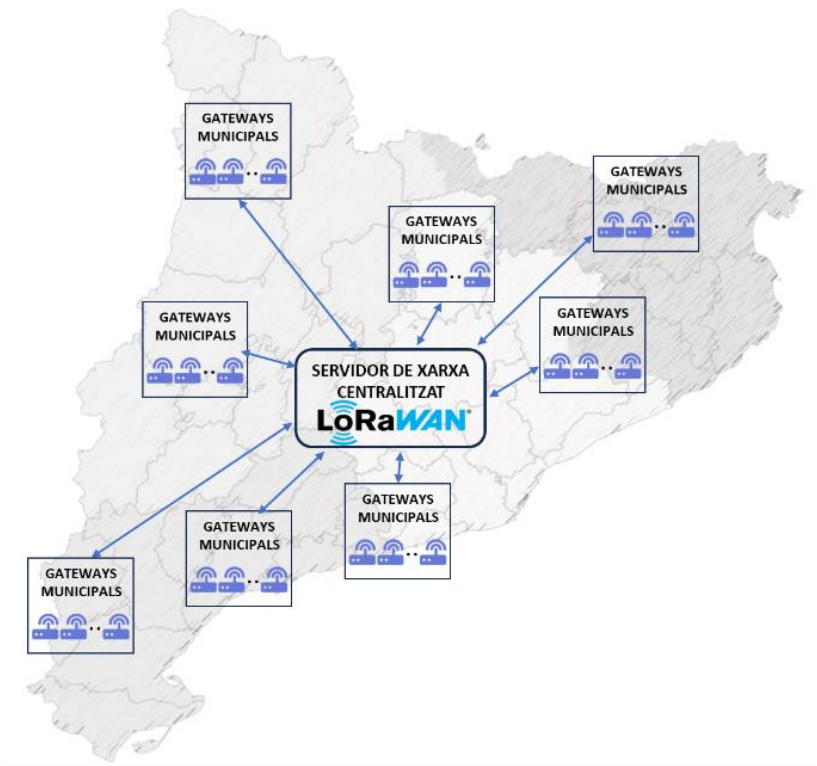
8.1 El rol de les administracions supramunicipals en el procés

El suport que s'està donant a les ciutats per al desenvolupament dels projectes de ciutat intel·ligent des de les Diputacions és imprescindible. La complexitat en la gestió actualment es relaciona de forma proporcional a la gran diversitat de serveis que presten els ajuntaments i malauradament de forma inversament proporcional al nivell de col·laboració i de reaprofitament de solucions entre els mateixos.

Les administracions supramunicipals, han de jugar també un rol protagonista en la implantació i la gestió dels servidors de xarxa de la infraestructures de telecomunicacions per a la IoT. Seran necessaris recursos per implementar i mantenir infraestructures tecnològiques centrals, sistemes d'integració amb verticals de negoci, definició de classificacions i de semàntiques de

dades comunes, mecanismes industrialitzats d'actualització de catàlegs de sensors, definició de processos, gestió de rols i d'usuaris, etc.

Un disseny homogeni de les solucions d'infraestructura de xarxa LoRaWAN, amb els mateixos processos, eines i plataformes, afavorirà la reutilització, incorporant un factor multiplicador als esforços de les administracions locals, reduint el risc i assegurant l'èxit dels projectes. Les ciutats farien un desplegament físic de *gateways* que es connectarien a un únic servidor de xarxa gestionat per una entitat supramunicipal.



En definitiva es planteja un projecte de país, que en una primera fase permeti avançar en la transformació digital dels serveis municipals, de forma homogènia a tot el territori amb independència de la mida de les entitats locals.

El desenvolupament de les xarxes LoRaWAN a nivell mundial estan donant com a resultat un model de construcció col·laboratiu d'infraestructures en xarxa. Algunes basades en models de negoci, com Helium Network, però altres basades en comunitats obertes i participatives, com el projecte *TheThingsNetwork.*

Al febrer de 2020, TTN va presentar una nova eina denominada Packet Broker que s'orienta a facilitar la interoperabilitat entre operadors IoT sota els principis oberts d'Internet. Aquestes

tecnologies que estan sorgint actualment, faran possible en una segona fase, l'obertura de les xarxes LoRaWAN locals a la utilització d'altres actors urbans, convertint-les realment en noves infraestructures de telecomunicacions a l'abast de la nostra ciutadania.

Annex 1 – Implantació xarxa LoRaWAN a una ciutat mitjana (Granollers)

Diverses ciutats estan desplegant xarxes LoRaWAN per donar cobertura a tot el seu terme municipal. Aquest és un exemple d'una ciutat mitjana i amb un cas d'ús força ambiciós.

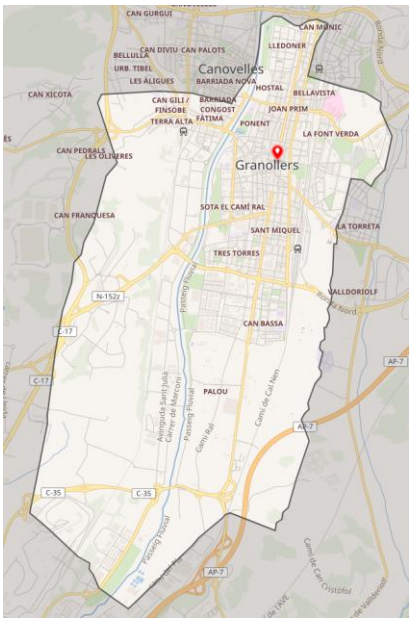
A Granollers s'ha optat per portar a terme una prova pilot plenament operativa, però sense abastar els objectius finals, amb la voluntat de testejar la tecnologia i capacitar a l'organització TIC.

Cas d'ús seleccionat:

El cas d'ús principal del projecte és la telelectura de comptadors d'aigua residencials, un dels casos d'ús més exigents per la ubicació, normalment soterrada, dels comptadors. Així mateix, s'incorpora el control de la qualitat ambiental als equipaments municipals amb sensors del nivell de CO_2.

Estudi de cobertura:

Granollers, és capital i ciutat més poblada de la comarca del Vallès Oriental amb un total de 60.981 habitants. El municipi té una extensió de 14,9 km^2, situada a la plana del Vallès té una alçada mitjana de 147 metres sobre el nivell del mar.



(terme municipal de Granollers)

Des del punt de vista del desplegament d'una xarxa LoRaWAN, hem de tenir en compte:

- Es tracta d'un àrea urbana, per tant l'alçada dels edificis seran un element que afectarà a la cobertura.
- L'orografia del terreny és eminentment planera, de forma que la selecció d'edificis alts per la ubicació dels *gateways* anirà a favor de l'augment de la cobertura.
- En virtut dels casos d'ús escollits es pot prioritzar una zona d'altres, la cobertura exterior a la interior, etc.
- El número total de nodes a desplegar (sensors o actuadors) també determinaran el número de gateways necessaris. Es estudis realitzats no aconsellen desplegar més de 2.500 nodes per gateway.

Selecció dels *gateways*:

El casos d'ús seleccionats i l'estudi de cobertura realitzat, ens aconsellen la instal·lació de inicial de 3 *gateways* per a la prova operativa de concepte i per al desplegament final es determina que seran necessaris un màxim de 30 *gateways* per donar total compliment a la telelectura de 30.000 comptadors d'aigua i 20 sensors de CO2.

Al mercat existeix una oferta molt àmplia d'aquests equips, tant orientats a instal·lacions interiors com a desplegaments urbans amb proteccions aptes per a ubicacions a la intempèrie. Per aquest projecte, s'han escollit *gateways* professionals de les marques RAKwireless i Kerlink. S'han realitzats instal·lacions a les cobertes per maximitzar el nivell de cobertura. Els equips seleccionats disposen de nivell de protecció IP67.

Selecció del servidor de xarxa:

Per al desplegament del pilot s'ha seleccionat el servidor TTS gratuït proporcionat per *TheThingsNetwork*. No obstant això, per al projecte en la seva fase en explotació s'ha seleccionat una implantació del servidor TTS a un *cloud* privat en modalitat SaaS. Com l'objectiu és obrir la xarxa a la utilització de la ciutat, aquest servidor es connectarà amb tot els serveis de TTN mitjançant la eina *Paquet Broker*.

Plataforma IoT / Plataforma de ciutat intel·ligent per la explotació de dades:

Per a l'explotació de les dades s'ha escollit la integració amb la plataforma DIBA-SmartRegion basada en Node-Red, Grafana i Sentilo. Aquesta opció permet aprofitar l'esforç realitzat per la Diputació de Barcelona, elimina costos recurrents, permet disposar de suport de l'equip SmartRegion i facilita la consulta pública.

Estudi de costos del projecte:

Tasques preparatòries: estudi de Cobertura i casos d'ús (recursos propis) 0 €

Pilot:

- Subministrament i instal·lació de 3 *gateways:*
    - Costos d'inversió (3 x 600 € p.u) 1.800 €
    - Instal·lació (recursos propis) 0 €
- Servidor de xarxa : TTS de *TheThingsNetwork* (servei gratuït) 0 €

- Plataforma IoT / Plataforma de ciutat intel·ligent (SmartRegion de Diba) 0 €

- Projecte complert:
- Subministrament i instal·lació de 30 *gateways* (27 addicionals)
  - Costos d'inversió (600 € p.u) 16.200 €
  - Instal·lació (preu mig 500 €) 13.500 €

Servidor de xarxa : *Saas* en *cloud* privat (cost anual) 0,30 €/node

Plataforma IoT / Plataforma de ciutat intel·ligent (SmartRegion de Diba) 0 €

Localret

https://localret.cat