

ESTAT ACTUAL

Des de 1991 l'ICC està treballant en el projecte SPGIC (Servei de Posicionament Integrat de Catalunya) amb l'objectiu de facilitar el posicionament sobre Catalunya. SPGIC comprèn un conjunt de estacions geodèsiques permanents, xarxes, procediments, dades, comunicacions, programari, maquinari i suport tècnic que permeten la determinació de coordenades al territori de Catalunya.

SPGIC és un servei de posicionament a l'abast del públic que inclou: *xarxes geodèsiques clàssiques*, com ara la xarxa utilitària o la xarxa d'anivellació (cal remarcar que en ser les observacions GPS 3-dimensional amb un bon coneixement del geoide la xarxa utilitària també és una xarxa 3-dimensional); *sistemes de posicionament actius* que inclou la xarxa CATNET d'estacions permanents GPS amb els serveis de posicionament desplegats al seu voltant i els *elements de suport geodèsics* que inclou el coneixement del geoide, dels paràmetres de canvi de sistemes de referència, procediments per a transformacions de coordenades, dispensador de fitxes dels vèrtexs geodèsics,... amb l'objectiu de facilitar les tasques de posicionament.

Xarxes geodèsiques clàssiques

Les xarxes geodèsiques clàssiques corresponen a punts materialitzats sobre el territori que tenen les coordenades determinades amb una alta precisió, comptant els vèrtexs adscrits al ICC i els adscrits al IGN, a principis del 2009 hi ha desplegat 3713 vèrtexs (veure figura 1) corresponents a la xarxa utilitària (punts amb una bona determinació de la planimetria i de la cota el·lipsoidal) i 2539 km (veure figura 1) de la xarxa d'anivellació (amb una bona determinació de la cota ortomètrica).

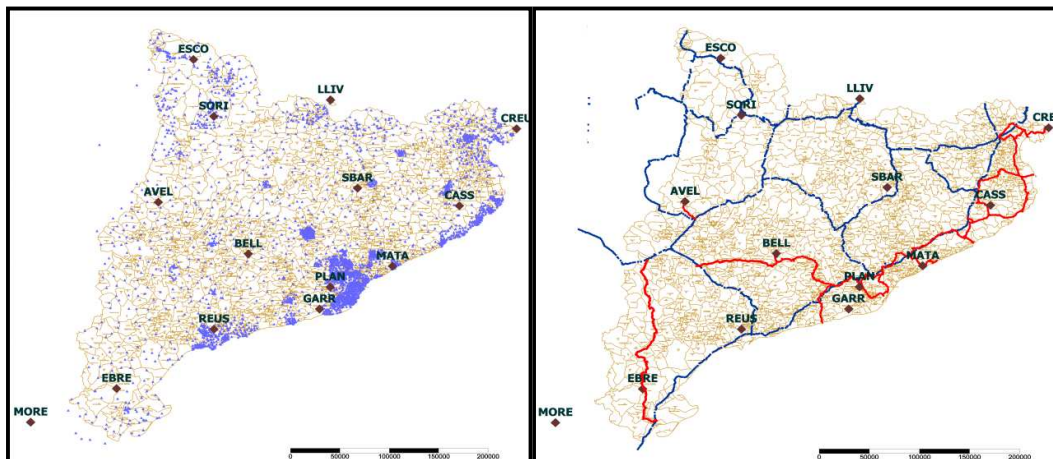


Figura 1: xarxa utilitària de Catalunya (XU) i xarxa d'anivellació de Catalunya (XdA)

Sistemes de posicionament actius

Un dels objectius del projecte SPGIC és utilitzar les noves tecnologies per a facilitar el posicionament sobre Catalunya. Atès que els sistemes GNSS han demostrat la seva utilitat en el posicionament geodèsic un dels pilars del projecte SPGIC és la xarxa d'estacions permanents GNSS que l'ICC està desplegant sobre Catalunya (CATNET). Aquesta xarxa d'estacions emmagatzema constantment observacions dels satèl·lits GNSS i és la base per oferir un conjunt de serveis públics de posicionament actius. Les xarxes geodèsiques clàssiques es materialitzen sobre el terreny amb fites i senyals mentre que els sistemes de posicionament actius es basen en el subministrament de dades i procediments que permeten el posicionament.

La xarxa CATNET que es compon de 15 estacions permanents (veure figura 2) amb receptors GNSS. Les estacions es componen d'un receptor GNSS de doble freqüència que emmagatzema una observació cada segon. Els receptors disposen d'antenes *Choke Ring* que tenen una gran estabilitat del centre de fase i una alta reducció de multicamí rebut. L'antena s'instal·la, en la majoria dels casos, sobre un pilar de formigó d'uns 50 cm de diàmetre tot assegurant l'estabilitat del mateix. Per a poder oferir diversos serveis públics basats en les dades recollides per les estacions permanents és necessari disposar d'un sistema de recollida de dades i transmissió cap a la seu de l'ICC i posteriorment dependent del servei d'un sistema de difusió del mateix. El sistema de transmissió en temps real està basat amb el sistema VSAT (Very Small Aperture Terminal). El sistema VSAT va ser inicialment dissenyat per a transmetre dades sísmiques en temps real i va ser adaptat per a la seva utilització per a dades de estacions permanents GPS. En les ubicacions on hi ha bona cobertura internet l'enviament de les dades es realitza per aquest mitjà. Addicionalment les estacions estan dotades de connexió GPRS per a poder rebre les dades en cas de problema del sistema primari de connexió en temps real.

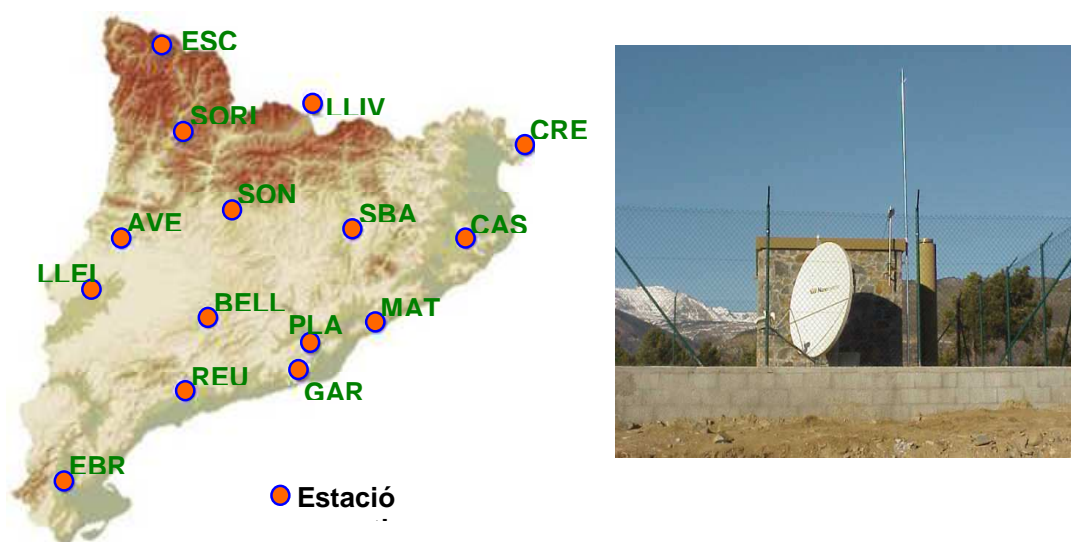


Figura 2: xarxa d'estacions permanents i estació permanent de Llívia

A partir de les dades recollides per aquestes estacions permanents l'ICC ofereix diversos serveis de posicionament, assolint la distribució de més de 20 milions d'èpoques al mes servides a un total de més de 600 usuaris registrats dels que en fan un ús habitual uns 300. L'estructura del servei segueix l'esquema de la figura 3; les dades de les estacions permanents GNSS són enviades a la seu de l'ICC mitjançant enllaços de dades en temps real, un cop són a l'ICC es realitza un càlcul conjunt de totes les observacions de la xarxa per a determinar els errors que afecten als observables GNSS (errors de troposfera, d'ionosfera, dels rellotges de satèl·lits i de les òrbites). Els usuaris que necessiten realitzar un posicionament de precisió sobre el territori es connecten al servidor de l'ICC mitjançant enllaços GPRS i l'ICC el proporciona les correccions vàlides per a la seva ubicació; les correccions enviades per l'ICC permeten que l'usuari determini la seva posició amb pocs segons de temps, amb una precisió centimètrica i coherent amb el marc definit per les estacions de l'ICC.

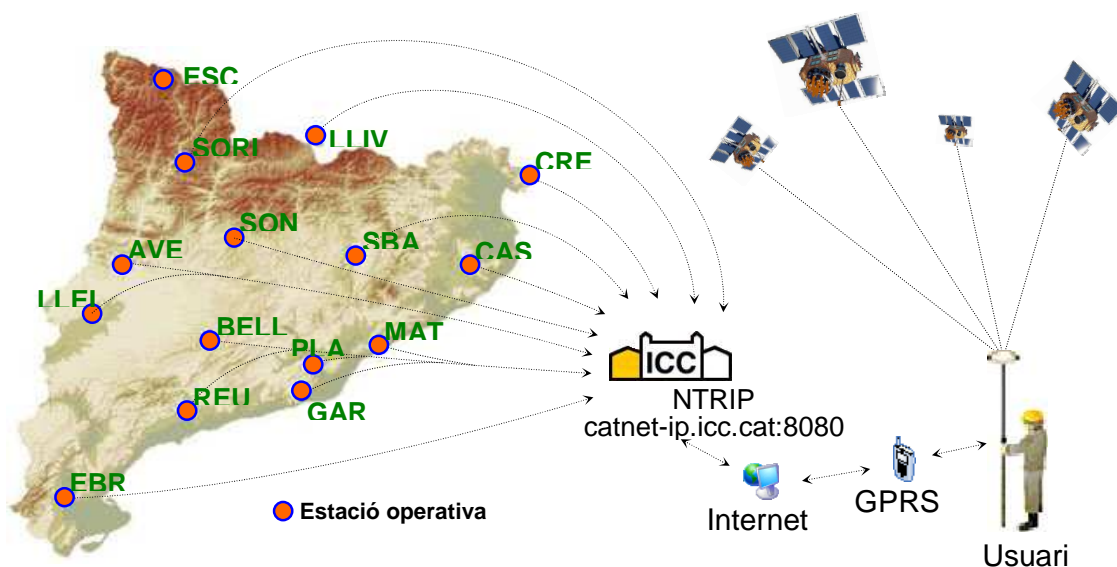


Figura 3: Esquema de càlcul i transmissió de correccions diferencials als usuaris

A partir de les dades de la xarxa CATNET d'estacions permanents l'ICC ofereix els següents serveis de posicionament:

- Servei RTKAT que, mitjançant el protocol NTRIP, ofereix un servei de posicionament centimètric en temps real a partir de les correccions diferencials de la fase generades a partir de les observacions de la xarxa CATNET.
- Servei CODCAT que permet utilitzar les correccions de codi de la xarxa per a obtenir un posicionament decimètric.
- Servei de Geofons i Botiga RINEX, que consisteix en la distribució de les observacions de la xarxa d'estacions permanents en format RINEX (ja siguin les dades originals o bé

amb correccions aplicades) per a la seva posterior utilització en aplicacions que requereixin un postprocés de les dades.

- Servei RASANT que proporciona correccions diferencials de codi via una subportadora de les emissores de FM comercials.

El servei de posicionament actius són gratuïts per els usuaris, en la figura 4 es mostra una estadística de l'ús dels serveis en temps real durant els dos darrers anys 2007 i 2008. L'alçada de les barres mostra les èpoques servides per cada mes de l'any, cada època servida representa aproximadament un segon de connexió al servei per part de l'usuari, com es pot observar hi ha una dispensació d'entre 10 i 20 milions d'èpoques al més.

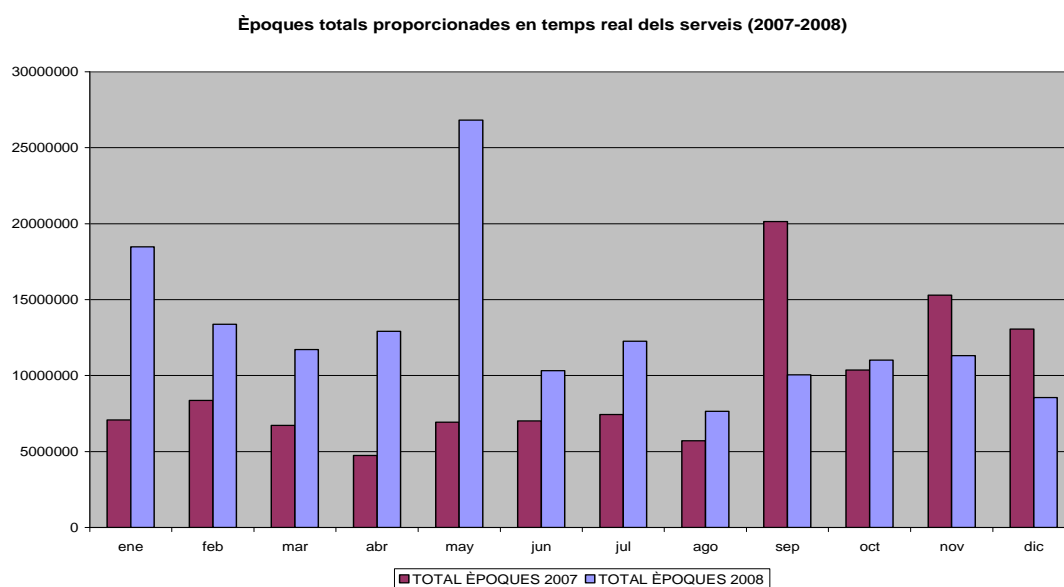


Figura 4: Estadístiques d'ús del servei de posicionament en temps real

En referència al servei de dispensació d'observacions GNSS per a la seva utilització en postprocés, s'estan distribuint de l'ordre de 6 milions d'èpoques per mes de les quals aproximadament una quarta part correspon a fitxers amb correccions aplicades per la simulació d'estacions de referència en punts determinats del territori i la resta a observacions originals de les estacions permanents de l'ICC. Aquest servei de dispensació d'observacions GNSS per a postprocés és de gran utilitat quan hi ha problemes de cobertura GPRS que impedeix a l'usuari accedir a les correccions en temps real que proporciono l'ICC.

En relació a l'àmbit d'ús del servei de posicionament en temps real s'ha constatat que hi ha una distribució per tot el territori de Catalunya amb una concentració en les zones econòmicament més actives i als eixos viaris. En la figura 5 es poden apreciar les ubicacions des de les quals s'ha sol·licitat i servit correccions diferencials per a poder calcular la posició

amb una precisió. El gràfic correspon a un any de període (abril 2007-març 2008) i comprés més de 70 000 ubicacions diferents.

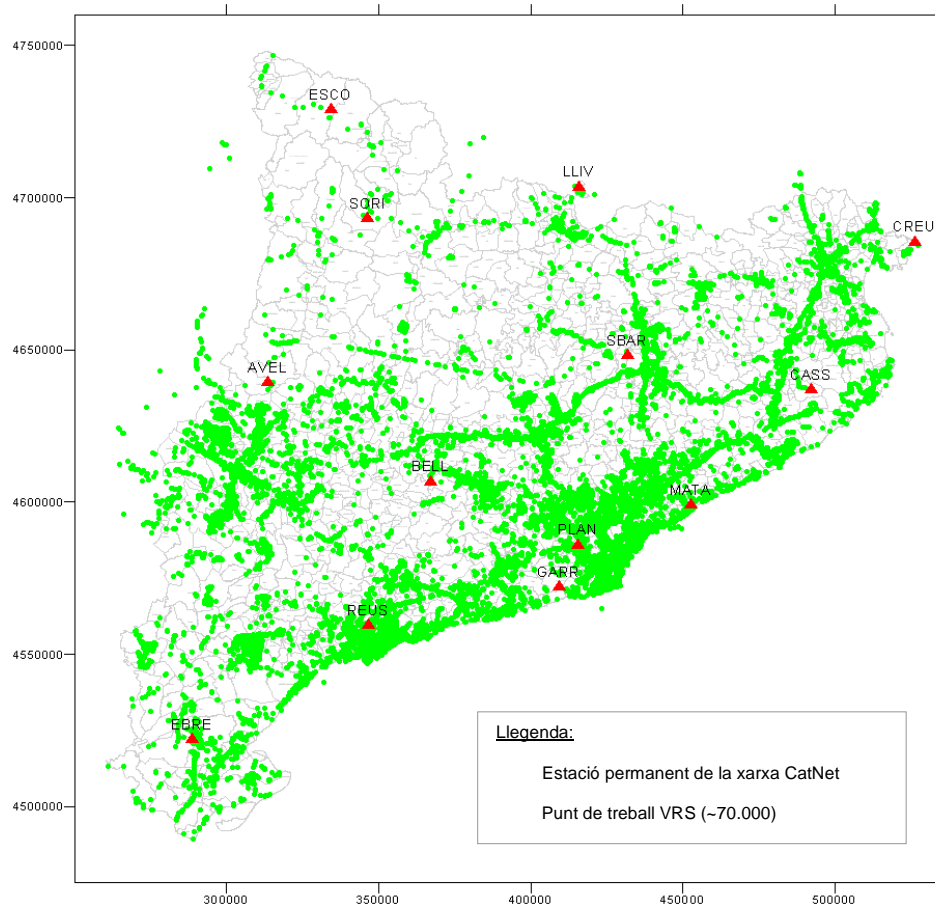


Figura 5: Estadístiques d'ús del servei de posicionament en temps real

Coordinació estatal i internacional

Per garantir la coordinació del SPGIC i els seus resultats amb els estàndards estatals, europeus i internacionals existents en aquest àmbit, l'ICC s'han integrat part de les seves estacions permanents en xarxes internacionals (IGS) i europees (EUREF). Aquestes dues organitzacions internacionals imposen tot un conjunt de requeriments (considerats estàndards de facto) per a l'acceptació d'estacions permanents en les seves xarxes.

- S'ha integrat l'estació d'EBRE a la xarxa mundial IGS (International GNSS Service) que és un servei de l'IAG (Associació Internacional de Geodèsia). En la figura 6 es mostra la xarxa IGS i es pot apreciar que EBRE forma part d'una d'aquesta xarxa. Les estacions de la xarxa IGS s'utilitzen per a definir els marcs de referència mundials ITRF, per a

determinar la els moviments tectònics i per a determinar les òrbites precises dels satèl·lits que formen part de les constel·lacions GNSS.

- Les estacions d'EBRE, BELL, CREU, LLIV i ESCO s'han integrat a la xarxa EPN (European Permanent Network) d'EUREF (European REference Frame), responsable de la definició del sistema ETRS89. Amb la integració d'aquestes 5 estacions EUREF proporciona setmanalment un càlcul combinat de les estacions de l'ICC amb la resta d'estacions europees que permet controlar la qualitat de les coordenades de les estacions de la xarxa CATNET i garantir el marc de referència dels serveis de posicionament en temps real del SPGIC.

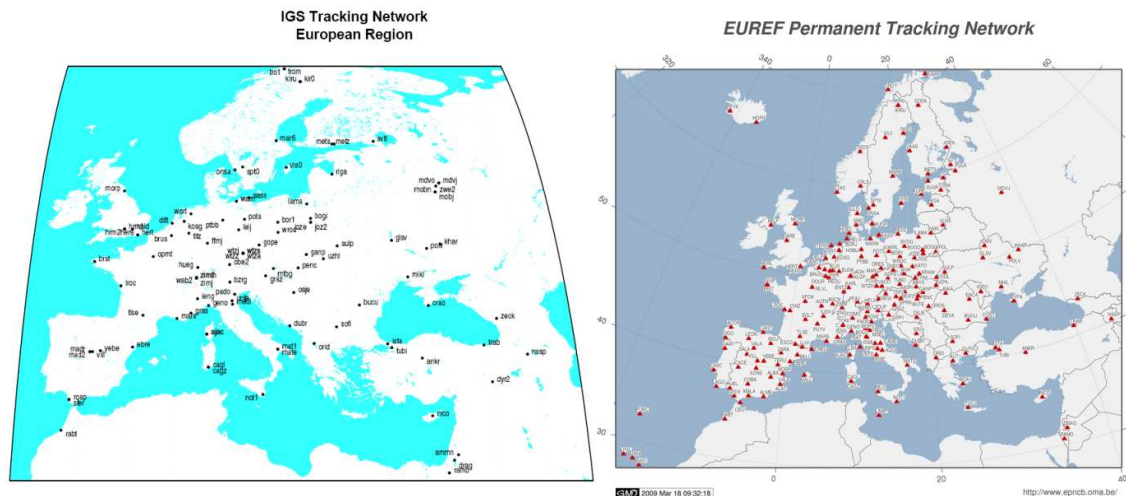


Figura 6: xarxa mundial IGS a la que pertany EBRE i xarxa EUREF amb les 5 estacions de l'ICC que hi formen part (ESCO, LLIV, CREU, BELL i EBRE)

En relació a les tasques d'ajust de la xarxa geodèsica i per tal de garantir la compatibilitat amb el real decreto 1071/2007 de 27 de juliol 2007 de regulació del sistema geodèsic de referència oficial a Espanya, el qual oficialitza el sistema ETRS89 a l'estat espanyol, la Xarxa Utilitària de Catalunya s'ha coordinat, mitjançant conveni amb l'IGN, amb la xarxa REGENTE (de classe "C" segons els estàndards EUREF) i amb les estacions permanents EUREF de l'ICC (de classe "A" segons EUREF).

Elements de suport geodèsic

Els elements de suport geodèsic inclouen les diferents eines, dades i informació que poden ser necessaris el els processos de posicionament com ara les ondulacions del geoide, paràmetres de canvi de datum, calculadores geodèsiques o l'aplicació per accedir a les fitxes del senyals geodèsics.

El geoide de Catalunya és una eina clau per a poder utilitzar els serveis de posicionament basats en la xarxa CATNET, en aquests moments existeix un geoide local a Catalunya calculat a l'any 91 (UB91) i corregit per observacions de anivellació. Aquest geoide té una precisió relativa de l'ordre dels 2 ppm (parts per milió).

L'any 2007 es va realitzar un canvi del sistema de referència oficial (de ED50 a ETRS89), aquest canvi de sistema de referència comporta una transició, durant als propers anys, de tota la cartografia i dades georeferenciades al nou sistema ETRS89. L'ICC està calculant i facilitant els paràmetres de canvi de datum necessaris per a poder realitzar aquesta migració amb la major precisió possible.

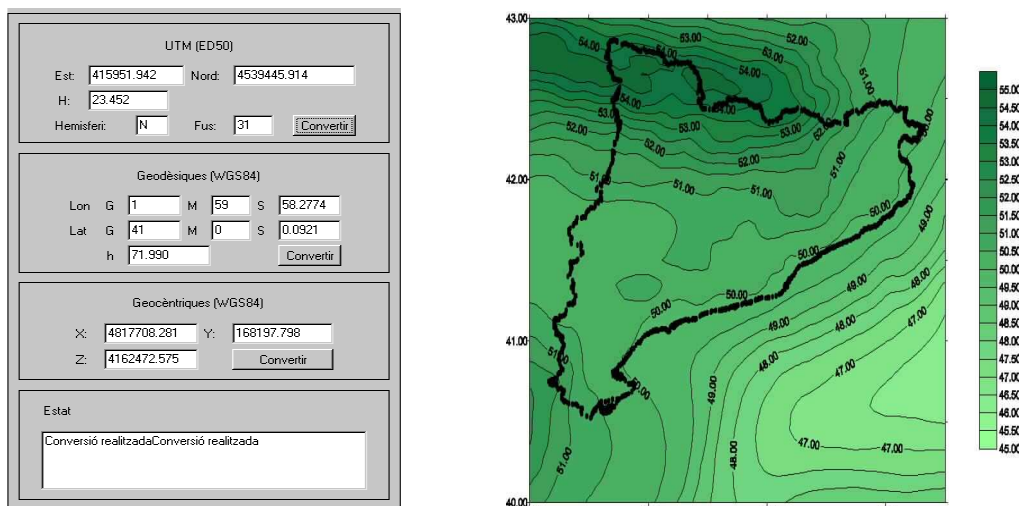


Figura 7: Calculadores geodèsiques de canvi de datum i geoide de Catalunya

FUTUR DEL SPGIC: LÍNIES DE MILLORA

En els propers dos anys es preveu finalitzar el desplegament de la Xarxa Utilitària (XU) per totes les comarques de Catalunya. Un cop assolida la fase de desplegament d'acord a paràmetres de població s'entendrà la XU proveint un punt de control geodèsic a totes les poblacions. Aquest desplegament obeeix al fet que l'ús cada dia més generalitzat de les tècniques GNSS per part de la comunitat professional de topògrafs i altres sectors que requereixen de posicionament precís, requereix una disponibilitat dels marcs de referència oficial més generalitzada territorialment. Així amb aquest desplegament es vol garantir un punt de coordenades conegudes on es pugui comprovar la correcta configuració dels dispositius de mesura. També es preveu treballar en la millora de la determinació de la cota ortomètrica dels punts de la (XU) a partir de l'enllaç amb la xarxa d'anivellació.

L'evolució dels marcs de referència oficials clàssics es basen en extenses xarxes de triangulació com el ED50. Els actuals combinen tècniques d'observació espacial com el VLBI, SLR amb els GNSS, i en general els estats oficialitzen els marcs oficials amb xarxes de triangulació

realitzades amb tècniques GNSS que densifiquen aquests , com és el cas del sistema ETRS89 a Espanya amb la xarxa REGENTE que materialitza el marc de referència .

El màxim profit d'aquests marcs s'extreu mitjançant el desplegament d'estacions permanents sobre el territori que monitoritzen el moviment de l'escorça en l'àmbit més proper i integra les dades en xarxes d'àmbit regional i mundial com EUREF a Europa que a l'hora s'integren a nivell mundial a la xarxa IGS. Es vol replicar els treballs que es realitzen a nivell mundial per aquestes xarxes a nivell català per tal de proporcionar un model de velocitats de l'escorça a Catalunya que juntament amb les òrbites precisses calculades a nivell global permetrien un posicionament molt més precís a tot el territori.

A més llarg termini aquests treballs serien la base dels futurs marcs de referència oficials que podrien sostenir-se directament sobre aquestes xarxes d'observació contínua per establir marcs actius de referència.

Per altra banda, la finalització del desplegament del sistema de posicionament Europeu Galileo també comportarà una adaptació dels receptors de la xarxa CATNET per receptors adaptats a les noves constel·lacions (GPS, Galileo i possiblement GLONASS) i juntament amb el desplegament de les noves estacions que es mostren a la figura permetran que els serveis donats per la xarxa de posicionament actiu millorin en robustesa, disponibilitat i rapidesa en el posicionament.



Figura 8: futures densificacions de la xarxa d'estacions permanents de l'ICC

La recepció de senyals en el territori sempre es troba molt condicionat als obstacles que bloquegen els senyals provinents dels satèl·lits, i això condiona en gran mesura la possibilitat de posicionar-se amb alta precisió. La disponibilitat de noves constel·lacions multiplica la capacitat de rebre senyals i augmenta de forma significativa la disponibilitat de poder posicionar-se de forma precisa al territori, inclòses zones amb un constel·lació resulta molt costós, per exemple zones urbanes o per sota de zones boscoses. Per poder estendre els serveis d'alta precisió de la xarxa CATNET caldrà actualitzar els sistemes de recollida de dades per poder explotar les capacitats esmentades.

A més, hi haurà un procés de millora dels diferents elements de suport geodèsics i molt especialment la determinació del geoide de Catalunya. Les missions actuals i futures de observació del camp gravitatori permetrà una determinació acurada del geoide a nivell global. La continuïtat de millora d'aquests models globals, i la aportació de les dades del SPGIC recollides en aquest àmbit relacionades amb les xarxes d'anivellació, campanyes gravimètriques, permetran obtenir un model acurat per Catalunya integrat a la distribució mundial d'aquests models.

Segons la Llei 16/2005, tenen caràcter oficial les coordenades obtingudes mitjançant el servei SPGIC. Addicionalment, per garantir la qualitat de les mateixes, és imprescindible que les coordenades s'hagin obtingut mitjançant uns procediments que comportin un bon ús de les tècniques utilitzades. L'ICC, a fi d'establir els procediments a seguir per garantir un nivell de qualitat acceptable, està procedint a recopilar la informació necessària que permeti l'establiment d'uns procediments complets, clars i avançats.

El desplegament de la XU de forma general a tot el territori mitjançant els punts de control esmentats anteriorment permetrà que aquests siguin una eina que donarà suport al procediment de bon ús de les tècniques de mesura.

Per a la realització de les tasques que li són pròpies, els Ajuntaments i altres organismes o el sector privat, poden establir xarxes geodèsiques d'àmbit local densificant la Xarxa Utilitària. L'ICC està desenvolupant una proposta d'especificació per a la integració d'aquestes xarxes densificades amb la Xarxa Utilitària del SPGIC.

En aquest sentit cal aclarir que només l'ICC pot establir xarxes d'estacions permanents i Xarxes Utilitàries integrades en l'SPGIC però qualsevol empresa o organisme pot realitzar densificacions de la Xarxa Utilitària. Aquestes densificacions es consideraran integrades en el SPGIC si, per a establir-les, es segueixen els procediments que definirà la Comissió de Coordinació Cartogràfica a proposta de l'ICC i que, a més a més, aquestes densificacions hagin estat validades per l'ICC.