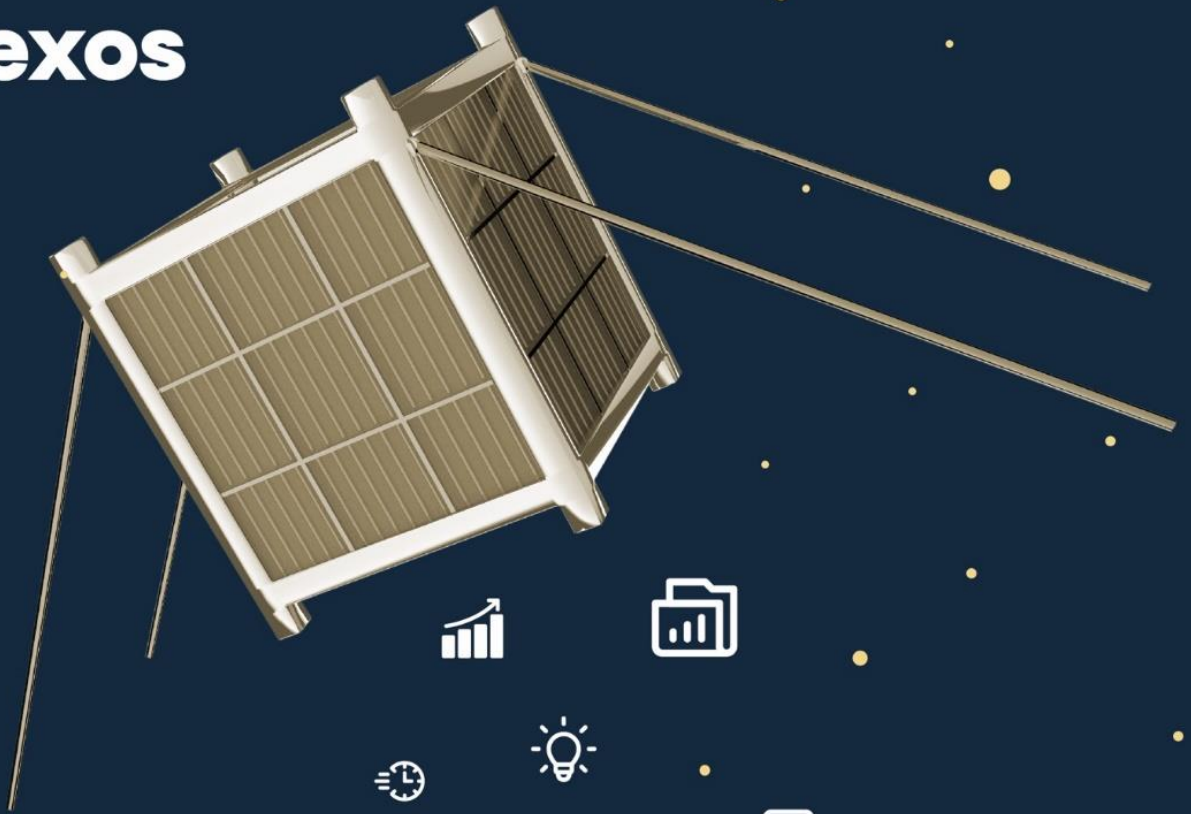


Estratègia NewSpace de Catalunya

Annexos



Generalitat
de Catalunya



Índex

Índex	2
Annex I. Estat actual del NewSpace	3
I.1. Plataforma de satèl·lits	3
I.2. Càrrega útil dels satèl·lits.....	16
I.3. Llançadores	32
I.4. Segment Terra.....	34
I.5. Sistemes de disseny per a missions espacials	38
I.6. Alternatives als satèl·lits en òrbites LEO.....	40
Annex II. Capacitats formatives i centres de coneixement	42
II.1. Capacitat formativa orientada al NewSpace	42
II.2. Capacitats formatives de les universitats catalanes en tecnologia	44
II.3. Centres i grups d'investigació amb experiències en el NewSpace	47
Annex III. Descripció de les infraestructures científiques	60
III.1 Applus + Laborories (LGAI Technological Center, S.A.).....	60
III.2 UPC NanoSat Lab	61
III.3 Altres instal·lacions de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)	62
III.4 Instal·lacions a la Universitat de Barcelona (UB)	65
III.5 IEEC Labs i Observatori Astronòmic del Montsec (OAdM)	66
III.6 UPC/IEEC - Estació de Terra del Montsec.....	67
III.7 Instal·lacions a la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB).....	67
III.8 Instal·lacions al Consell Superior d'Investigacions Científiques (CSIC)	69
III.9 Instal·lacions a l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC).....	69
III.10 Instal·lacions del Centre Tecnològic de Telecomunicacions de Catalunya	69
Annex IV. Normes competencials	71
Annex V. Estructura de l'Agència Espacial Europea	83
Annex VI. Regulació d'activitats espacials en altres països	85
VI.1 El cas dels Estats Units d'Amèrica.....	85
VI.2 El cas de Luxemburg	87
VI.3 El cas dels Emirats Àrabs Units	89

Annex I. Estat actual del NewSpace

I.1. Plataforma de satèl·lits

Tots els satèl·lits, siguin grans o petits, estan formats per diferents sistemes encarregats de gestionar una problemàtica diferent. La figura I.1 presenta gràficament aquesta composició de sistemes. Així doncs, a més de l'estructura pròpia del satèl·lit que suporta tots els altres subsistemes, els satèl·lits consten dels sistemes següents:

- El **sistema de potència elèctrica**, conegut com a *electrical power system* (EPS), que és el responsable de la generació i distribució de la potència elèctrica del satèl·lit.
- El **sistema d'apuntament**, tradicionalment anomenat *attitude determination and control system* (ADCS), que s'encarrega de l'orientació del satèl·lit en òrbita.
- El **sistema de control d'òrbita**, conegut com a *attitude and orbit control system* (AOCS), que és utilitzat (en certes ocasions) per mantenir la trajectòria correcta del satèl·lit.
- El **sistema de control de temperatura** del satèl·lit, anomenat *thermal control system* (TCS).
- L'**ordinador de bord o el sistema de tractament de dades**, conegut com a *on board data handling* (OBDH) system, que és el responsable de la gestió dels sistemes i la generació de les dades de l'estat del satèl·lit.
- El **sistema de comunicacions** (COMMS), que és el responsable d'interactuar amb les estacions terrestres per a la descàrrega de dades i per al control del satèl·lit.
- Nous **sistemes de comunicacions entre satèl·lits** que permeten interactuar entre els satèl·lits fent servir solucions basades en *inter-satellite link* (ISL).
- La **càrrega útil**, anomenada *payload* en anglès, esdevé l'element principal de la missió. Poden ser instruments d'observació de la Terra, sistemes de comunicacions o dispositius per a altres aplicacions.

A continuació, es presenta el detall de cadascun dels sistemes, així com un conjunt de taules comparatives de les diferents solucions tecnològiques.

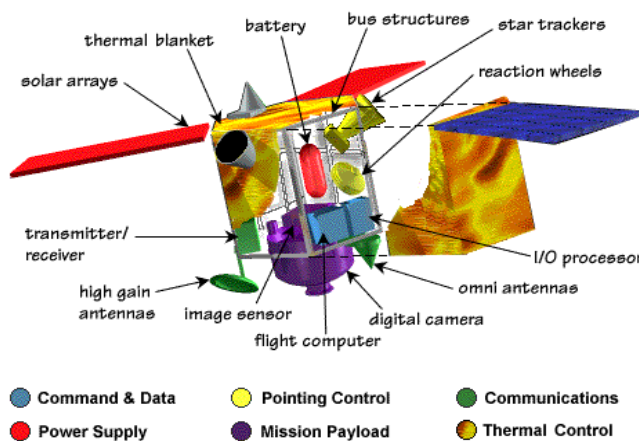


Figura I.1 Parts fonamentals d'un satèl·lit agrupades per colors.¹

¹ The Satellite Site <https://teachers.henrico.k12.va.us/deeprun/lambert_r/satellite/satellite/home.html>

I.1.1. Sistema de potència elèctrica i panells solars

L'emmagatzematge d'energia en un satèl·lit és cabdal per al compliment de la missió. Quan el satèl·lit està orbitant en l'espai, rep l'energia del Sol durant un període de temps. En aquest moment, les cel·les solars instal·lades en els panells solars (les cares externes del satèl·lit) són capaces de generar energia elèctrica a partir de l'energia solar. Quan el satèl·lit segueix movent-se, aquest arriba a zones on el Sol queda tapat per la Terra i esdevé un eclipsi. En aquesta situació, els panells solars deixen de generar electricitat i el satèl·lit ha de fer servir l'energia que s'ha emmagatzemat prèviament a les bateries. Així doncs, el sistema de potència elèctrica, també conegut com a *electrical power subsystem* (EPS), és el responsable de generar, d'emmagatzemar i de distribuir l'energia elèctrica en el satèl·lit.

Aproximadament, el 85% dels nanosatèl·lits estan equipats amb panells solars que contenen **cel·les solars**, que esdevé el mecanisme predominant de generació de potència. Les cel·les fotovoltaïques, conegudes com a cel·les solars, poden transformar energia solar en elèctrica, amb certes limitacions. En concret, la quantitat d'energia generada està directament lligada a la seva superfície i la seva eficiència, normalment al voltant del 30% per a les cel·les d'arseniür de gal·li (AsGa) de triple unió. Aquesta eficiència decreix al llarg de la missió degut a la radiació acumulada i també a la temperatura. S'estan avaluant i investigant noves tecnologies per augmentar la quantitat de potència generada. Les cel·les solars flexibles i orgàniques, les cel·les d'hidrogen i les fonts de potència termonuclear són exemples d'aquestes innovacions.

L'energia generada pels panells solars és emmagatzemada en bateries recarregables pels moments d'eclipsi al llarg de l'òrbita. Tradicionalment, aquestes **bateries** eren de plom, però avui en dia s'han reemplaçat per les d'**ió liti** (Li-ion), que poden emmagatzemar més quantitat d'energia elèctrica amb una massa menor. No obstant això, aquest tipus de bateries estan limitades pel seu rang de temperatura operacional. Alternativament a aquestes bateries tradicionals, en els últims anys s'ha estat estudiant un nou sistema basat en **supercondensadors**. Els supercondensadors tenen una llarga durada de vida, superior a les bateries tradicionals (p. ex. 1.000.000 de cicles de càrrega/descàrrega enfront d'uns milers en el cas de les bateries de Li-ion amb una baixa profunditat de descàrrega), i resisteixen millor les temperatures extremes. Aquests supercondensadors, però, no són capaços d'emmagatzemar la mateixa quantitat d'energia, tot i poder oferir consums d'electricitat ràpidament. Mentre que una bateria tradicional pot oferir 200 W/kg, un conjunt de supercondensadors pot oferir 10 kW/kg durant poc temps (vegeu la figura I.2). Certes investigacions han començat a avaluar les capacitats de **bateries compostes de grafè** en els satèl·lits. Aquest tipus de bateries ofereixen un gran emmagatzematge i llarga durada de vida. Actualment, s'estan fent esforços per miniaturitzar aquestes tecnologies per a CubeSats.

PARAMETER	BATTERY	ULTRACAPACITOR
Energy Density	100Wh/kg	10Wh/kg
Power Density	1kW/kg	10kW/kg
Efficiency	~80%	>90%
Cyclability	400 – 2500	1,000,000
Calendar life	Short (4..6 years)	Long (15+ years)
Low Temperature	-20°C	-40°C
High Temperature	+60°C	+85°C...+100°C
Death	Sudden	Predictable
Principle	Electrochemical	Electrostatic
Cost	0.07 - 0.2 \$/kWh/cycle	\$0.006 \$/kWh/ cycle

Figura I.2 Taula comparativa entre bateries i condensadors.²

Altres investigacions estan avaluant la possibilitat de la **transferència de potència sense fils**, coneguda com a *wireless power transfer*. El concepte d'aquesta tecnologia és la possibilitat de transferir energia d'un satèl·lit a un altre. Una de les tècniques de transmissió investigades és mitjançant ones electromagnètiques (és a dir, ones de ràdio), que el receptor pot convertir en energia elèctrica. Aquest mecanisme està limitat per la distància entre els satèl·lits, la qual cosa provoca moltes pèrdues durant la propagació. Hi ha, però, nous estudis que apunten la possibilitat de transferència mitjançant làsers (en el domini òptic), com exemple, el projecte WIPTherm, del programa europeu FET Open, el qual vol demostrar la viabilitat d'aquest sistema, que permetria realitzar aquesta transferència a llargues distàncies, amb la possibilitat de carregar satèl·lits també des de la Terra. Aquesta tecnologia, però, es troba en estudi per a la seva futura aplicació.

Un gran conjunt de tecnologies han estat desenvolupades en els darrers anys per a la generació, emmagatzematge i transferència d'energia. La taula següent resumeix les diferents prestacions de cadascuna, anteriorment presentades.

Taula I.1 Resum de les característiques dels sistemes de potència elèctrica

Tecnologia	Característiques
Generació d'energia	
Cel·les solars	<ul style="list-style-type: none"> • Permeten generar energia elèctrica a partir de la solar. • Depenen de la superfície i temperatura. • Tenen un baix cost i massa. • Han estat llargament instaurades en CubeSats.
Noves tecnologies	<ul style="list-style-type: none"> • Es tracta de cel·les solars flexibles i orgàniques, cel·les d'hidrogen i fonts de potència termonuclear. • Provoquen una millora en la transformació d'energia. • Actualment en situació d'estudis inicials i desenvolupament.

² <<https://www.nextbigfuture.com/2017/08/supercapacitors-game-changing-improvement-on-energy-density-compared-to-batteries.html>>

Emmagatzematge d'energia	
Bateries d'ió liti	<ul style="list-style-type: none"> • Tenen una gran capacitat d'emmagatzematge respecte a la massa. • Estan limitades per la durada i per la temperatura. • Àmpliament instaurades en CubeSats.
Supercondensadors	<ul style="list-style-type: none"> • Tenen menys capacitat d'emmagatzematge. • Ofereixen una llarga durada. • Són resistent a temperatures extremes. • Els primers models han estat implementats i verificats.
Bateries de grafè	<ul style="list-style-type: none"> • Tenen gran capacitat d'emmagatzematge. • Ofereixen una llarga durada. • Són resistent a temperatures extremes. • S'estan fent estudis per a la seva viabilitat en satèl·lits.
Transferència d'energia	
Ones electromagnètiques	<ul style="list-style-type: none"> • Està limitat a distàncies curtes. • Es tracta d'un sistema més senzill. • S'estan fent estudis per a la seva viabilitat en satèl·lits.
Mitjançant làsers	<ul style="list-style-type: none"> • Permet la transferència d'energia a distàncies llargues. • Es tracta d'un sistema més complex. • S'estan fent estudis per a la seva viabilitat en satèl·lits.

I.1.2. Sistema de control d'apuntament

El sistema de control d'apuntament és necessari per assegurar la correcta orientació de les càrregues útils o les antenes de comunicacions cap a terra, cap a un altre satèl·lit, o cap a un altre punt a l'espai. Aquesta capacitat és necessària en els satèl·lits que contenen càrregues útils que requereixin ser orientats cap a un objectiu, com per exemple instruments òptics, microones que realitzen interferometria o antenes de comunicació molt directives. La precisió i l'estabilitat de l'apuntament depenen de la necessitat d'aquestes càrregues útils.

Per poder controlar l'apuntament del satèl·lit és important determinar la seva orientació actual mitjançant el **sistema de determinació**. Aquest sistema utilitza diferents sensors integrats en el satèl·lit per poder estimar-ne l'orientació. Els sensors capten informació del seu entorn per poder concebre l'orientació respecte d'aquest. És el cas dels magnetòmetres que mesuren el camp magnètic de la Terra, o els giroscopis que mesuren el gir del satèl·lit. A més, els sensors solars mesuren la intensitat del Sol i, per tant, coneixen la seva direcció, igual que els sensors terrestres fan amb la Terra. Tots aquests tipus de sensors es caracteritzen per tenir una baixa precisió quan determinen l'apuntament. No obstant això, tenen un cost reduït i són fàcils d'integrar en plataformes CubeSat, raó per la qual han estat molt utilitzats en els darrers anys. A diferència d'aquests sensors, hi ha d'altres que ofereixen més precisió. És el cas dels sensors estel·lars, coneguts en anglès com a *star trackers*, que són càmeres que segueixen la posició de les estrelles per obtenir l'orientació del satèl·lit respecte d'aquestes. Tot i que s'han fet grans esforços de miniaturització, el cost i el volum

d'aquests sensors fa que sigui aplicable només en certes plataformes CubeSat (com per exemple de 3U i 6U).

Un cop s'ha determinat l'apuntament, el satèl·lit ha de poder modificar la seva orientació utilitzant els **sistemes d'actuació**. Aquests sistemes també poden fer servir l'entorn per aconseguir el gir necessari que canviï l'orientació del satèl·lit. És el cas dels actuadors magnètics o *magnetorquers* que mitjançant un corrent elèctric generen un camp magnètic que interactua amb el de la Terra provocant el gir. Aquest tipus d'actuador és de reacció lenta, i no és capaç de controlar els tres eixos del satèl·lit. Tot i això, tenen un volum petit i un baix cost, la qual cosa els fa ideals per a les plataformes CubeSat. Hi ha altres actuadors més precisos que permeten controlar lliurement els tres eixos d'orientació d'un satèl·lit. És el cas de les rodes d'inèrcia, també conegudes com *reaction wheels*. S'han fet grans esforços per miniaturitzar-les, però a causa del seu elevat consum de potència, només es fan servir en plataformes CubeSat grans (com per exemple 3U i 6U).

Taula I.2 Resum de les característiques dels sistemes de control d'apuntament

Tecnologia	Característiques
Sistemes de determinació	
Baixa precisió	<ul style="list-style-type: none"> Basats en magnetòmetres ($\sim 0,5^\circ$), sensors solars i GPS ($\sim 0,016^\circ$), sensors terrestres ($\sim 0,1^\circ$) i giroscopis ($\sim 0,5^\circ/s$). Econòmics, baixa precisió en la determinació.
Alta precisió	<ul style="list-style-type: none"> Basats en càmeres de seguiment d'estrelles (<i>star trackers</i>, precisió $0,0003^\circ$). Cost molt més elevat, però precisió molt alta en la determinació de l'apuntament.
Sistemes d'actuació	
Actuació lenta	<ul style="list-style-type: none"> Actuadors magnètics o <i>magnetorquers</i>: lents, es perd el control quan el camp magnètic terrestre està alineat amb un dels <i>magnetorquers</i>. No es possible apuntar exactament a un punt.
Actuació ràpida	<ul style="list-style-type: none"> Actuadors de rodes d'inèrcia combinats amb magnètics per baixar la velocitat de les rodes. Permeten apuntar objectius a mesura que el satèl·lit es mou. Actuadors de propulsió: necessaris per repositionar en l'òrbita o per realitzar maniobres evasives (evitar col·lisions...).

I.1.3. Sistema de control d'òrbita (propulsió)

Els satèl·lits que orbiten en una òrbita baixa (LEO) es troben en un entorn que modifica, al llarg del temps, la seva trajectòria. En concret, degut a la baixa densitat atmosfèrica a aquesta alçada i l'aplatament de la Terra en els pols, els satèl·lits tendeixen a canviar l'òrbita al llarg del temps. Per evitar aquesta situació, s'ha de fer un control de l'altura en què es troba el satèl·lit per poder corregir qualsevol canvi realitzat. Aquest control de l'òrbita és possible si el satèl·lit incorpora sistemes de propulsió. Tradicionalment, aquests sistemes de control eren dissenyats i instal·lats en els satèl·lits grans, ja que requereixen una llarga durada i una llarga

activitat. Per aquest motiu, els CubeSats de base no han estat dotats amb aquesta capacitat. Els últims avenços en la miniaturització d'aquests sistemes han permès adquirir el nivell de maduresa i robustesa necessàries per a la seva implantació en els CubeSats.

Aquests sistemes de control d'òrbita es basen normalment en sistemes de propulsió que es poden classificar en químics o elèctrics. Els **sistemes de propulsió químics** es caracteritzen per oferir un gran impuls a curt termini, però requereixen un entorn de pressió i temperatura controlat per assegurar el seu correcte manteniment. Per aquest motiu, afegeixen un cert nivell de complexitat a l'hora d'integrar-los dins d'un CubeSat. Tot i així, les missions Canadian Nanosatellite Advanced Propulsion System (CNAPS) i POPSAT-HIP1 CubeSat (de juny del 2014) van demostrar que aquest tipus de propulsió era possible per a aquestes plataformes. Alternativament, els nous sistemes basats en combustibles verds ofereixen més seguretat i simplicitat d'emmagatzematge que els tradicionals químics. Aquest *green fuel* esdevé menys inflamable i requereix un entorn menys protegit, la qual cosa simplifica la seva integració. NanoAvionics va demostrar el juny del 2017, amb el llançament d'un 3U CubeSat anomenat LituanicaSAT-2, l'ús d'aquesta tecnologia verda per al control d'apuntament, per evitar col·lisions en l'espai i per estendre la vida útil del satèl·lit.

A més dels sistemes de propulsió químics, els **sistemes elèctrics** han aconseguit un nivell de maduresa considerable, gràcies als esforços de diferents companyies, agències i institucions. La miniaturització i l'adaptació a les plataformes CubeSat s'ha aconseguit en els darrers anys. Aquest tipus de sistemes de propulsió són de gran precisió, però generen un impuls menys intens que en el cas dels químics, amb maniobres de control d'altura més lentes i de més llarga durada. Una altra característica d'aquests sistemes és la fàcil integració en les plataformes CubeSat, per la senzillesa del seu principi. Esdevenen, doncs, ideals per reduir el risc de les missions. Aquests sistemes de propulsió elèctrica de baix impuls han estat utilitzats en diferents missions, com per exemple en el FalconSat-3 (2007). Actualment, hi ha investigacions per augmentar l'impuls d'aquests sistemes de propulsió elèctrica, en funció del gran esforç que suposa la seva miniaturització. La missió CubeSat LunaH-Map (llançament del 2020) vol demostrar la viabilitat d'aquests sistemes elèctrics de gran impuls.

Altres esforços s'han adreçat a dissenyar sistemes de propulsió que aprofitin l'entorn de l'espai. El gran estàndard d'aquesta tendència són les **veles solars** que fan servir la radiació solar. Aquest sistema aprofita el desplegament d'una extensa superfície, coneguda com a "vela", que, gràcies a les seves propietats, reflecteix les diverses partícules solars, i aconsegueix així un cert impuls. Diferents missions han demostrat la viabilitat d'aquest sistema des del 2010, de les quals el 3U CubeSat LightSail-2 és la més recent, la qual va aconseguir desplegar una vela de 32 m² seguint una trajectòria LEO.

Un gran conjunt de tecnologies han estat desenvolupades en els darrers anys per oferir propulsió a les plataformes CubeSat, i instaurar-les així com a part fonamental del NewSpace. La taula següent engloba les diferents prestacions de cadascuna, anteriorment presentades.

Taula 1.3 Resum de les característiques dels sistemes de propulsió

Tecnologia	Característiques
Sistema de propulsió química	<ul style="list-style-type: none"> • Àmpliament utilitzat en grans satèl·lits • Ofereix un gran impuls • Requereix un entorn controlat • Estructura i disseny complexos • Dificil d'integrar en CubeSats (1U - 3U)
Sistema de propulsió elèctrica	<ul style="list-style-type: none"> • Àmpliament utilitzat en grans satèl·lits • Ofereix uns impulsos limitats • S'estan investigant nous mecanismes de gran impuls • Estructura i disseny senzill • Fàcil d'integrar en CubeSats
Veles solars	<ul style="list-style-type: none"> • Nou concepte experimental • Redueixen la massa i la complexitat • Augmenten la seguretat i redueixen el risc • Ofereixen impulsos molt reduïts • S'està avaluant en noves missions

I.1.4. Sistema de control de temperatura

De la mateixa manera que es pot regular la temperatura d'una casa de forma passiva (obrint o tancant finestres, pintant les parets exteriors de diferents colors, posant-hi un aïllament o un altre) o activa (amb calefacció o aire condicionat), perquè els components electrònics estiguin en les condicions de treball adequades, els satèl·lits han de poder regular la temperatura en un entorn extrem que pot canviar molt i molt ràpidament, per exemple, en passar de la zona de Sol a la d'ombra en qüestió d'una fracció de minut. Cadascun dels mecanismes de control, classificats com passius o actius, tenen diferents característiques que permeten utilitzar-los en funció de la configuració del satèl·lit.

Els **sistemes passius** es caracteritzen per poder regular la temperatura del satèl·lit sense necessitat de fer cap acció. Fent el paral·lisme amb les cases, seria com les parets gruixudes de pedra o el color de les parets. Amb aquestes tècniques s'aconsegueix obtenir un balanç tèrmic del satèl·lit i suavitzar les ràpides i extremes fluctuacions de la temperatura a l'interior. Les diferents tècniques passives són molt aconsellables per a les plataformes CubeSat, ja que normalment tenen un cost, un volum, una massa i un risc de fallida reduït, per la qual cosa són molt fiables. Altrament, els **sistemes actius** utilitzen dispositius que permeten controlar la temperatura de forma més precisa i ràpida que els passius. Degut a la limitació d'espai a les plataformes CubeSat, s'estan intentant miniaturitzar les tecnologies actives integrades en grans satèl·lits. Un dels mecanismes més utilitzats són resistències que s'escalfen amb el corrent elèctric (anomenades *heaters* o *escalfadors*). Aquest tipus de sistemes actius són normalment utilitzats per a zones específiques del satèl·lit que es consideren sensibles a les temperatures extremes, com és el cas de les bateries.

La taula següent engloba les diferents prestacions de les tecnologies presentades anteriorment.

Taula I.4 Resum de les característiques dels sistemes de control de la temperatura

Tecnologia	Característiques
Sistemes de control passiu	<ul style="list-style-type: none"> • Suavitzen la fluctuació de la temperatura a l'interior del satèl·lit • Tenen temps de reacció lents • No es poden controlar a voluntat • Tenen un consum elèctric baix • Tenen un cost baix i fàcil d'integrar en plataformes CubeSat
Sistemes de control actiu	<ul style="list-style-type: none"> • Tenen un temps de reacció ràpid • Es poden controlar a voluntat • Tenen un consum elèctric elevat • Segons el tipus de dispositiu, són difícils d'integrar en plataformes CubeSat

I.1.5. Ordinador de bord i gestió de les dades

En un satèl·lit es realitzen moltes operacions, incloses la gestió de dades generades pel mateix satèl·lit, o la recuperació d'informació de cadascun dels sistemes que el componen, entre d'altres. L'encarregat de dur a terme aquesta tasca és l'ordinador de bord, també conegut com el sistema *on board command & data handling* (OBC&DH). Hi ha dues tendències referents a aquest sistema, de les quals predomina el desenvolupament de noves tecnologies de baix cost que permetin les mateixes funcionalitats. Tradicionalment, els sistemes de C&DH han estat dotats d'un **microcontrolador i una matriu de portes programable *in situ* (FPGA)** (o *field programmable gate arrays*, en anglès) que li ofereixen la possibilitat de connectar-se a diferents dispositius i gran capacitat de processament. Aquests sistemes s'han instal·lat a moltes missions CubeSat i tenen una alta presència en el mercat.

Alguns projectes han intentat transportar la **tecnologia dels telèfons intel·ligents** (*smartphones*) als CubeSats. És el cas de la missió PhoneSat-1.0 que va demostrar la viabilitat d'un Google Nexus One com a unitat de processament en un CubeSat. La possibilitat d'utilitzar aquesta tecnologia esdevé prometedora perquè compta amb un mercat important i per les diferents prestacions en connectivitat que ofereix. Actualment, no hi ha cap sistema de desenvolupament de CubeSats basat en la tecnologia dels telèfons intel·ligents, possiblement perquè els grups de recerca i les empreses del NewSpace necessiten assegurar l'aprovisionament de components durant un determinat nombre d'anys, cosa que el mercat de consum fa difícil. No obstant això, estem assistint a un procés en què els operadors i fabricants de telefonia mòbil ja formen part de l'accionariat de les empreses del NewSpace fabricants de petits satèl·lits. A partir d'aquest punt, l'evolució dels petits satèl·lits també podria portar a la integració dels subsistemes del satèl·lit i de la càrrega útil, de la mateixa manera que un telèfon mòbil avui en dia incorpora una càmera de fotos o connectors

incorporats via USB. En aquest sentit, ja existeixen empreses³ que han desenvolupat el Multipurpose Adapter Generic Interface Connector (MA61C), un adaptador Plug and Play per connectar els diferents subsistemes del satèl·lit i els perifèrics amb l'ordinador de bord, sense haver d'instal·lar un nou programari o fer servir transicions per als connectors.

En els darrers anys un gran nombre de **plataformes de maquinari han esdevingut de codi obert** i, per tant, són d'accés lliure. Un dels exemples són les plataformes amb Arduino, que han esdevingut ideals per a desenvolupadors novells. El 1U CubeSat ArduSat (llançat el 2013) va demostrar la viabilitat d'aquesta unitat a l'espai. Altres alternatives més potents tenen integrat el sistema operatiu Linux, que ofereix una gran varietat de funcions i prestacions. Són els casos dels models d'Intel Edison, BeagleBone i Raspberry Pi, entre d'altres. La missió TechEdSat-5 (NASA) va demostrar durant el 2017 la viabilitat d'aquests mòduls amb Linux integrat en l'espai. Els sistemes operatius Linux han anat evolucionant al llarg del temps, de manera que la seva aplicació en l'espai ha impulsat l'aparició de nous sistemes que assegurin una execució determinista dels diferents processos, que actuen en temps real. Els sistemes Xenomai⁴ o el Real-Time Linux (RTLinux)⁵ són exemples d'aquests desenvolupaments, que poden competir amb els sistemes operatius tradicionals com ara Free Real-Time Operative System (FreeRTOS)⁶. Gràcies a totes aquestes noves prestacions, molts sistemes que es troben al mercat han adoptat aquest sistema operatiu com a base.

L'altra tendència en el desenvolupament de petits satèl·lits és la millora de la fiabilitat dels sistemes de processament. Aquests sistemes pateixen una forta radiació, de manera que poden provocar errors temporals o el trencament permanent del mòdul. Alguns fabricants han començat a oferir sistemes i components especialitzats per evitar aquesta problemàtica. No obstant això, en aquest cas el preu es veu considerablement incrementat en comparació amb tecnologies comercials d'usuari final.

La taula següent engloba les diferents prestacions presentades anteriorment.

Taula 1.5 Resum de les característiques dels ordinadors de bord

Tecnologia	Característiques
Microcontrolador i FPGA	<ul style="list-style-type: none"> • Alt nivell de processament • Resistent i fiables • Cost considerable • Àmpliament instaurats en CubeSats
Telèfons intel·ligents	<ul style="list-style-type: none"> • Alta connectivitat amb altres sistemes • Important mercat ja instaurat • S'estan fent estudis per a la viabilitat en satèl·lits • No hi ha cap equip desenvolupat en el mercat

³ <<https://www.spinintech.com/>>

⁴ <<https://gitlab.denx.de/Xenomai/xenomai/-/wikis/home>>

⁵ <<https://www.linuxjournal.com/article/4444>>

⁶ <<https://freertos.org/>>

Plataformes de codi obert	<ul style="list-style-type: none"> • Prestacions variables • Baix cost • Primers models implementats i verificats
Compartició de la plataforma	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolupament orientat al programari • No estan instaurats en el desenvolupament tradicional de CubeSats • S'està començant el debat sobre la seva implantació

I.1.6. Sistema de comunicacions

El subsistema de comunicacions és una part essencial d'un satèl·lit, ja que permet transmetre dades i telemetria cap a l'estació terrestre instal·lada a la Terra, rebre'n telecomandes i, en certes ocasions, propagar informació cap a un altre satèl·lit. La comunicació des del satèl·lit fins a l'estació terrestre s'identifica com a enllaç de baixada o *downlink*, mentre que en sentit contrari s'identifica com a enllaç de pujada o *uplink*, i la comunicació entre satèl·lits com a enllaç entre satèl·lits o *inter-satellite link (ISL)*. Tradicionalment, la comunicació entre un satèl·lit i la Terra s'aconsegueix mitjançant sistemes de ràdio que utilitzen diferents espais o bandes de l'espectre de freqüències. Segons les normatives de regulació de radiofreqüències marcades per la Unió Internacional de Telecomunicacions (ITU) (vegeu el capítol 4), aquest tipus de comunicació utilitza les bandes següents:

Taula I.6 Bandes de freqüència utilitzades en les comunicacions amb satèl·lits

Banda de freqüència	Freqüències
Freqüència molt alta <i>very-high frequency</i> (VHF)	En funció de la congestió de l'espectre, no es coordinen més satèl·lits en bandes per a aficionats.
Freqüència ultraalta <i>ultra-high frequency</i> (UHF)	Tx/Rx: 400 a 402 MHz (bandes llicenciades) i 430 a 440 MHz (bandes per a aficionats); fins a 19.2 kbps.
Banda L	Tx/Rx: 1427-1429 MHz, Tx/Rx: 1530-1535 MHz No es coneixen equips comercials per a petits satèl·lits en aquesta banda.
Banda S	Tx: 2200 - 2290 MHz, Rx: 2025 - 2110 MHz; fins a 20 Mbps
Banda C	Tx: 3700 - 4200 MHz, Rx: 5925-6425 MHz
Banda X	8025 - 8400 MHz; fins a 120 Mbps
Banda Ku	12 GHz - 18 GHz; en desenvolupament
Banda K	18 GHz - 27 GHz; en desenvolupament
Banda Ka	27 GHz - 40 GHz; en desenvolupament

Els **sistemes de comunicació en VHF i UHF** han estat tradicionalment utilitzats en les missions de CubeSats, i són actualment una tecnologia madura. Molts productes es poden trobar en el mercat preparats per ser integrats a les plataformes. Aquestes implementacions ofereixen comunicacions de baixa velocitat (en termes de bits per segon), però de gran abast. Per la seva banda, els **sistemes en banda S** ofereixen un enllaç de més velocitat, que en redueix el seu abast. És comú trobar en les plataformes de CubeSat la combinació dels dos sistemes, fent servir el sistema en UHF per a l'enllaç de pujada i el de S-band per al de baixada, ja que normalment es volen descarregar més dades del satèl·lit. No obstant això, els sistemes de banda S han començat a instaurar-se també per a l'enllaç de pujada, amb la finalitat de simplificar la complexitat de la plataforma. Els **sistemes de comunicació en banda L** s'han fet servir tradicionalment per a grans satèl·lits, com ara els sistemes de GlobalStar o Iridium, entre d'altres. Aquests sistemes han estat dissenyats per ser repetidors d'informació transmesa des de la Terra fins a una altra localització terrestre. Tots aquests sistemes es caracteritzen perquè són senzills d'integrar, ja que requereixen antenes senzilles i de dimensions reduïdes.

Aquestes darreres bandes de freqüència estan rebent actualment l'impacte de l'alta ocupació de l'espectre. Degut a les seves prestacions, s'ha establert en aquesta configuració un gran nombre de missions, la qual cosa ha produït interferències entre els diferents satèl·lits i ha dificultat la comunicació requerida. Per aquest motiu, una de les tendències actuals en els CubeSats és la utilització de freqüències més elevades, com per exemple els **sistemes de comunicació en banda X**. Aquests sistemes han començat a ser una realitat, i ofereixen enllaços de gran capacitat. Tot i això, requereixen una antena parabòlica o una matriu de pegats micropista o antena impresa i, per tant, d'un apuntament precís en direcció a l'estació terrestre.

Encara en un nivell incipient, els **sistemes de comunicació en bandes Ku, K i Ka** han començat a ser investigats per a les plataformes CubeSats. En aquestes altes freqüències, els enllaços són de gran capacitat (de l'ordre de centenars de Megabits per segon - Mbps), però la pluja i altres fenòmens atmosfèrics esdevenen factors de gran importància en les comunicacions entre el satèl·lit i l'estació terrestre. Per aquest motiu, aquests sistemes s'estan pensant més per a comunicacions entre satèl·lits, ja que per a les aplicacions terra-espai es requereixen antenes i codificacions més complexes per tal de mitigar aquests efectes.

Alternativament als sistemes de radiofreqüència, **les comunicacions làser** entre el satèl·lit i l'estació terrestre han estat demostrades recentment. La missió AeroCube llançada per la NASA el 2018 va aconseguir establir un enllaç de comunicació òptica amb l'estació terrestre. Diferents companyies i entitats han començat a desenvolupar sistemes miniaturitzats per a la seva integració en plataformes de 2U, 3U i 6U. Tot i aquest conjunt d'implementacions, encara es requereix més treball per considerar aquesta tecnologia madura i instaurada a les plataformes CubeSats.

Taula I.7 Resum de les característiques dels sistemes de comunicacions

Tecnologia	Característiques
Sistemes de comunicació en VHF i UHF	<ul style="list-style-type: none"> • Enllaços de baixa capacitat (aprox. 10 kbps) • Comunicació de gran abast (milers de km) • Sistema d'antenes senzill, fàcil d'integrar • Àmpliament instaurats en CubeSats • Normalment utilitzats per a enllaç de pujada • Banda de freqüències molt ocupada
Sistemes de comunicació en banda L	<ul style="list-style-type: none"> • Utilitzats com a repetidors en l'espai • Àmpliament instaurats en gran satèl·lits • Banda de freqüències molt ocupada
Sistemes de comunicació en banda S	<ul style="list-style-type: none"> • Enllaços de mitja capacitat (~1-20 Mbps) • Sistema d'antenes senzill i fàcil d'integrar • Àmpliament instaurats en CubeSats • Normalment utilitzats per a enllaç de baixada • Banda de freqüències molt ocupada
Sistemes de comunicació en banda X Sistemes de comunicació en bandes Ku, K, i Ka	<ul style="list-style-type: none"> • Enllaços de gran capacitat (~100 Mbps @ banda X) • Sistema d'antenes complex i difícil d'integrar • Primers models implementats • Tecnologia en desenvolupament
Sistemes de comunicació òptics (làser)	<ul style="list-style-type: none"> • Enllaços de molta gran capacitat (100 Mbps- 1Gbps) • Sistema complex però fàcil d'integrar • Primers models implementats • Tecnologia en desenvolupament

I.1.7. Sistema de comunicacions entre satèl·lits

En els darrers anys s'han dedicat esforços a investigar la possibilitat d'establir enllaços de comunicació entre dos satèl·lits, coneguts com a *inter-satellite link* (ISL). Com en el cas de les comunicacions entre un satèl·lit i l'estació terrestre, s'han avaluat diverses tecnologies per ser emprades com a ISL. En l'àmbit dels **sistemes de radiofreqüència**, s'ha estat treballant el primer desenvolupament a baixa velocitat de transmissió. La missió GOMX-4, llançada el 2018, consistia en dos 6U CubeSats que van establir un ISL en banda S utilitzant mòduls de radiofreqüència. A més, actualment s'està investigant la possibilitat de desenvolupar tecnologia que permeti augmentar la velocitat de transmissió; és el cas d'un dels programes ARTES de l'ESA que està duent a terme l'empresa AntwerpSpace per desenvolupar un ISL en banda Ka⁷. Amb aquest projecte, que s'està investigant, es vol desenvolupar un dispositiu

⁷ <<https://www.antwerpspace.be/en/products/flight-products/ka-is/>>

que permeti aconseguir 1 Mbps a 4.300 km de distància. Aquest tipus de comunicació requereix antenes directives i necessita grans estructures i un apuntament precís.

Alternativament als sistemes precedents, s'han fet altres propostes orientades a l'ús de **comunicacions òptiques**. És el cas de l'empresa Golbriak que ha desenvolupat un prototip d'ISL òptic (O-ISL)⁸ per establir un enllaç òptic entre dos CubeSats de 6U, com a part de la missió FSSCat (amb llançament previst el 2020). Aquest sistema permetria obtenir velocitats de transmissió superiors als enllaços en la banda Ka. Tot i això, aquests sistemes també requereixen un apuntament precís, tot i que les seves dimensions són més reduïdes. La combinació de les dues tecnologies esdevé de gran eficiència. En concret, els ISL de baixa velocitat, però de gran connectivitat (antenes poc directives) poden fer-se servir per a l'intercanvi de dades de control de la xarxa. De manera complementària, un cop ajustat l'apuntament entre satèl·lits, es pot aconseguir un ISL a més alta velocitat (p. ex. en bandes X- o Ka-, o òptic). Tot i les diferents missions desenvolupades, la tecnologia de comunicació entre satèl·lits encara no està suficientment madura i es troba encara en fase d'investigació.

A més a més, s'ha estat investigant la possibilitat d'establir xarxes de comunicació compostes únicament per a satèl·lits que disposen de la tecnologia ISL. Aquest és el cas del plantejament del que es coneix com a internet dels satèl·lits, en què diferents satèl·lits estableixen xarxes temporals en funció de les seves trajectòries. Un dels problemes que afronta aquest tipus de xarxa és la desconexió dels enllaços pel moviment dels satèl·lits. Així doncs, la xarxa queda fragmentada en parts aïllades durant períodes de temps, cosa que s'agreuja quan els ISL són més directius. Per aquest motiu, s'han de fer esforços per investigar mecanismes que permetin reduir aquesta fragmentació o mitigar el seu impacte. Nous protocols de comunicació han treballat en solucionar aquesta problemàtica en l'àmbit de les xarxes conegudes com a xarxes tolerants al retard o *disruption tolerant networks* (DTN). D'altres investigacions s'han centrat a desenvolupar mecanismes que permetin preveure els contactes de satèl·lits i així anticipar-se a aquesta fragmentació.

De manera alternativa a aquesta aproximació, altres propostes han plantejat l'ús de diferents nivells determinats per les altures de cada satèl·lit. D'aquesta forma, els satèl·lits de més altura tenen una visió més completa de la xarxa que els de menys altura. Aquest tipus de arquitectura s'anomena *multi-layered satellite network*. La NASA i l'ESA han presentat les seves propostes centrant-se en la comunicació entre satèl·lits LEO i satèl·lits GEO. Tot i oferir sempre un punt repetidor en les comunicacions, els satèl·lits GEO es troben a uns 36.000 km d'altura i requereixen sistemes de comunicació de gran potència. A més a més, presenten un retard apreciable en les comunicacions.

Taula 1.8 Resum de les característiques dels sistemes de comunicacions entre satèl·lits

Tecnologia	Característiques
Radiofreqüència de baixa velocitat	<ul style="list-style-type: none"> • Enllaços de baixa capacitat • Sistema d'antenes senzill, fàcil d'integrar • Gran connectivitat amb antenes poc directives

⁸ <<https://golbriak.space>>

	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolupats en algunes missions CubeSat
Radiofreqüència d'alta velocitat	<ul style="list-style-type: none"> • Enllaços d'alta capacitat • Sistema d'antenes complexes i de gran volum • Poca connectivitat amb antenes directives • Encara en desenvolupament
Comunicació òptica	<ul style="list-style-type: none"> • Enllaços de gran capacitat • Sistema d'antenes senzill i fàcil d'integrar • Poca connectivitat amb antenes directives • Encara en desenvolupament

I.2. Càrrega útil dels satèl·lits

I.2.1. Càrregues útils per a l'observació de la Terra

L'observació de la Terra (OT)⁹ ha estat una de les aplicacions més desenvolupades en el sector espacial en els darrers anys i, de manera destacada, en el món dels petits satèl·lits. Les missions d'OT extreuen informació de la Terra mitjançant els instruments que estan instal·lats als satèl·lits. Així doncs, utilitzant aquestes dades recuperades de forma remota es poden preveure esdeveniments a la Terra, com per exemple sequeres o tempestes. Per poder oferir aquesta informació, s'han desenvolupat un conjunt d'instruments al llarg dels anys. Entre d'altres, destaquen els instruments òptics, caracteritzats per la captura d'imatges. Aquests instruments han estat tradicionalment emprats en grans satèl·lits com l'Earth Observing-1 o el Landsat-7 de la NASA. No obstant això, amb la irrupció de les plataformes CubeSat, s'han realitzat grans esforços per aconseguir la miniaturització d'aquesta tecnologia. Els instruments es poden classificar en funció de les seves prestacions a escala de resolució espacial de la mesura, franja d'observació i nombre de longituds d'ona que permeten observar. A partir d'aquests criteris, podem trobar des dels instruments òptics (multiespectrals, hiperespectrals o làser) fins als instruments basats en microones.

Instruments òptics

L'important impuls de la tecnologia òptica en els darrers anys té relació directa amb la incorporació de tecnologies COTS des de principis del segle XXI i el desenvolupament de les constel·lacions de petits satèl·lits, que fins i tot ha suposat l'aparició d'estratègies empresarials de producte i servei específiques, com el cas de Planet Labs.¹⁰

Aquests instruments es poden classificar en funció de les seves prestacions a escala de resolució espacial en la mesura, franja d'observació i nombre de longituds d'ona en què es pot observar. Seguint aquests criteris, es troben els instruments multiespectrals, que permeten la captura d'imatges dins d'un conjunt específic de longitud d'ones (normalment entre 3 i 10 bandes de l'espectre). Gràcies a aquesta capacitat, es pot recuperar informació que l'ull humà no és capaç de percebre per poder-la interpretar, per exemple, l'evolució de la vegetació.

⁹ En anglès, *Earth Observation* (EO).

¹⁰ <<https://www.planet.com/>>

També s'han realitzat grans desenvolupaments de les càmeres multiespectrals en plataformes CubeSat. L'instrument Gecko¹¹ ha aconseguit oferir les prestacions d'alta resolució espacial amb unes dimensions i una massa considerablement reduïdes (ideal per a CubeSats de 2U i 3U).

L'evolució d'aquest tipus d'instruments ha seguit incrementant el nombre de longitud d'ona que es pot observar simultàniament, a la vegada que es manté o millora la resolució espacial. Així doncs, els **instruments hiperespectrals** ofereixen la possibilitat de distingir entre més de 10 longituds d'ona alhora, mentre es mantenen dins de la banda de l'espectre òptic, infraroig i ultraviolat. L'empresa Cosine¹² va demostrar la viabilitat d'aquest tipus d'instruments per a plataformes CubeSat amb l'instrument HyperScout-1 dins de la missió GOMX-4B. L'èxit d'aquesta missió ha motivat el desenvolupament de la segona versió embarcada en la missió FSSCat de la UPC (amb llançament previst el 2020). Una alternativa que combina els dos tipus d'instruments òptics previs és l'instrument Chameleon¹³, que ofereix la possibilitat de configurar-se com a multiespectral o hiperespectral a voluntat. Així doncs, s'està començant a veure que la versatilitat d'aquests instruments esdevé un element a tenir en compte.

D'altra banda, també hi ha altres instruments que només treballen en l'espectre infraroig, com els sensors actius amb **instrumentació làser**. Gràcies al fet que treballen en aquesta banda, podem recuperar informació dels núvols i de la contaminació, fonamentalment determinant concentracions d'aerosols de diferents zones. Aquest tipus d'instrument ha estat també adaptat a les plataformes CubeSat, com és el cas del Argus 1000 de l'empresa Thoth¹⁴, que ofereix una gran resolució espectral, però amb un consum de potència considerable.

La taula següent engloba les diferents prestacions de cadascuna de les anteriors tecnologies.

Taula I.9 Resum de les característiques dels instruments òptics

Tecnologia	Característiques
Multiespectral	<ul style="list-style-type: none"> • Consum d'energia: moderat • Cost: moderat • Dades generades: elevades • Resolució: alta (metres)
Hiperespectral	<ul style="list-style-type: none"> • Consum d'energia: moderat-elevat • Cost: elevat • Dades generades: molt elevades • Resolució: alta (metres)
Làser	<ul style="list-style-type: none"> • Consum d'energia: elevat • Cost: elevat • Dades generades: moderades • Resolució: molt alta (cm)

¹¹ <<http://www.spaceadvisory.com/products/payloads/gecko-imager/>>

¹² <<https://www.cosine.nl/>>

¹³ <<http://www.spaceadvisory.com/products/payloads/chameleon-imager/>>

¹⁴ <<http://thothx.com/home/>>

Instruments de microones

Dins de les càrregues útils per a l'observació de la Terra hi ha un gran grup que se centra en l'ús de l'espectre radioelèctric. Aquest grup són les càrregues útils de microones, i en funció de com realitzin l'observació es poden classificar en dos grups d'instruments: actius o passius. Els **instruments actius** emeten senyals ràdio que són reflectides per la Terra, de manera que en rebre aquesta reflexió es pot recuperar informació de la superfície il·luminada. Els **instruments passius** extreuen informació de la Terra en rebre els senyals que són generats per l'entorn, sigui per la Terra o per l'atmosfera (radiòmetres de microones), o per altres sistemes espacials (p. ex. instruments que fan servir senyals d'oportunitat per a la determinació).

Dins del grup d'instruments actius, la càrrega útil més utilitzada és el làser d'obertura sintètica o ***synthetic aperture radar (SAR)*** que permet crear imatges de dues o tres dimensions. Aquesta càrrega útil es caracteritza per emetre polsos d'ones de ràdio que incideixen sobre una superfície, en què es produeix la reflexió (o eco) d'aquests polsos que són rebuts finalment pel mateix instrument. Així doncs, mentre l'instrument es mou pot capturar informació d'un mateix punt des de diferents posicions, la qual cosa permet tenir imatges de gran resolució. Aquesta tecnologia ha estat tradicionalment integrada en satèl·lits grans i s'han realitzat importants esforços per reduir-ne les dimensions. El satèl·lit Iceye¹⁵ ha esdevingut un exemple d'aquesta reducció de les càrregues útils SAR dins d'un microsatèl·lit de 85 kg de massa. No obstant això, les dimensions actuals i sobretot el seu alt consum ha fet que no s'hagin pogut integrar en les plataformes CubeSat. Aquesta és, doncs, una dificultat a superar en els pròxims desenvolupaments.

L'**altímetre de radar** té un funcionament similar al SAR. Emet polsos d'ones de microones que incideixen en la superfície en què es produeix l'eco que després s'analitzarà per extreure'n els paràmetres geofísics. Els satèl·lits d'altimetria determinen bàsicament la distància del satèl·lit a la superfície mitjançant la mesura del temps d'anada i tornada del satèl·lit a la superfície del pols de radar. Tot i així, aquesta no és l'única mesura que realitzen en el procés i es pot extreure molta altra informació de l'altimetria, com l'estat del mar (onatge, vent a la superfície, etc.) o els gruixos de gel. Tal com fa el SAR, l'altímetre utilitza el moviment del satèl·lit per observar el mateix punt des de diferents angles d'incidència i així poder realitzar un processament que millora tant la resolució espacial com la precisió de la mesura geofísica. A diferència del SAR, els altímetres utilitzen molt poca potència transmesa (entre un 1% i un 10% de la del SAR) i antenes parabòliques de dimensions relativament petites que poden ser fins i tot desplegable, de manera que el fan molt atractiu per a CubeSats.

D'altra banda, els instruments passius són capaços de percebre informació de la Terra fent servir l'entorn. En concret, el **radiòmetre** de microones en banda L¹⁶ realitza la mesura de la radiació tèrmica espontània emesa per la superfície de la Terra apuntada pel feix de l'antena, que està directament determinada per la temperatura física i les seves propietats, com ara la humitat del terreny. S'han fet grans esforços per miniaturitzar aquesta tecnologia per integrar-

¹⁵ <<https://www.iceye.com/>>

¹⁶ Trobareu més informació referent a les bandes de freqüència a l'annex I.1.6.

la a les plataformes CubeSat. D'altra banda, també tenim els radiòmetres de microones que realitzen mesures de la concentració de vapor d'aigua de l'atmosfera.

Hi ha altres instruments passius que fan servir la reflexió de senyals generades per altres sistemes (anomenades "senyals d'oportunitat") per recuperar informació de la Terra. És el cas dels **reflectòmetres associats als sistemes de navegació global per satèl·lit (GNSS-R)**, que són capaços de rebre els senyals reflectits sobre la superfície terrestre dels sistemes de navegació i posicionament globals¹⁷ i extreure informació, per exemple, del nivell de gel o la velocitat del vent. La UPC ha desenvolupat la càrrega útil de microones flexibles o *flexible microwave payload* (FMPL) versió 1 per al 3Cat-4 i la FMPL versió 2 per a plataformes CubeSat que fa servir GNSS-R i Radiometria¹⁸, de manera que combinant les dues mesures es pot millorar la precisió espacial. Aquesta càrrega útil està inclosa en la missió FSSCat, i actualment se està desenvolupant la següent generació FMPL-3, que inclou un reflectòmetre i un experiment de mesura de la ionosfera.

Finalment, altres càrregues útils se centren a monitorar la mobilitat de la població en el planeta. En concret, la missió CubeSat GOMX-4A (llançada l'any 2015) integrava un receptor d'**automatic identification system (AIS)** o sistemes automàtics d'identificació, per monitorar la posició dels vaixells. Aquest sistema ha estat sempre utilitzat per a la detecció dels vaixells en les proximitats dels ports. No obstant això, quan es troben enmig del mar o oceà, el monitoratge es perd. Per aquest motiu, aquestes càrregues útils s'han inclòs en satèl·lits, ja que poden donar cobertura global. Seguint la mateixa filosofia, el sistema **automatic dependent surveillance - broadcast (ADS-B)** s'utilitza per monitorar la posició dels diferents avions. Com que els avions es poden trobar en la mateixa situació que els vaixells, les càrregues útils que funcionen amb el ADS-B han estat integrades en altres missions CubeSat, com per exemple, la missió GOMX-3.

La taula següent engloba les diferents prestacions de cadascuna de les anteriors tecnologies.

Taula I.10 Resum de les característiques de les càrregues útils de microones

Categoria	Tecnologia	Característiques
de passius instruments microones	Radiometria	<ul style="list-style-type: none"> • Recepció de la temperatura radiada de materials terrestres (p. ex. aigua, roques) • Consum d'energia: baix • Cost: baix • Quantitat de dades generades: baixa • Resolució: baixa (50 - 200 km)
	Reflectometria	<ul style="list-style-type: none"> • Recepció de senyals d'oportunitat reflectits a la superfície terrestre (p. ex. GNSS) • Consum d'energia: baix • Cost: baix

¹⁷ Coneguts com a sistemes globals de navegació per satèl·lit o en anglès *global navigation satellite systems* (GNSS). Els exemples més coneguts són el *global positioning system* (GPS) i Galileo.

¹⁸ <<https://nanosatlab.upc.edu/en/missions-and-projects/fsscat>>

Categoria	Tecnologia	Característiques
		<ul style="list-style-type: none"> Quantitat de dades generades: baixa-mitjana Resolució: mitjana (1-20 km)
	AIS / ADS-B	<ul style="list-style-type: none"> Recepció de posicionament de vaixells Recepció de radiobalises d'avions comercials Consum d'energia: molt baixa Cost: baix Dades generades: depèn de l'àrea d'observació (p. ex. 1 vaixell - 20 bytes/30 segons)
Instruments actius de microones	SAR	<ul style="list-style-type: none"> Enviament de senyals d'alta energia i recepció de la seva reflexió a la superfície terrestre Tecnologia inexistent per a nanosatèl·lits Consum d'energia: molt elevat Cost: elevat Dades generades: baixa-mitjana Resolució: mitjana-alta (desenes/centenars de metres)
	Altímetre	<ul style="list-style-type: none"> Enviament de polsos de radar i recepció de la seva reflexió en la superfície terrestre Consum d'energia: moderat Cost: moderat Dades generades: baixa-mitjana Resolució en rang (elevació): mitjana-alta Resolució espacial: alta al llarg de la traça (fins a mig metre), baixa transversal a la traça (en funció de si hi ha 1 o 2 antenes)

I.2.2. Càrregues útils per a la comunicació de banda ampla

Sistemes de comunicació tradicionals

Un dels primers serveis oferts pels satèl·lits va ser la infraestructura per comunicar-se des de diferents punts de la Terra, gràcies a l'extensa cobertura que ofereixen. Els primers sistemes a desenvolupar-se es van centrar en satèl·lits que segueixen una òrbita GEO. Aquests satèl·lits es caracteritzen per seguir la rotació de la Terra, de manera que es poden veure des de la Terra en un punt fix de l'espai. Gràcies a aquesta característica, esdevenen clau per oferir serveis orientats a una zona geogràfica del planeta (com per exemple, un país o una regió determinada). És el cas dels satèl·lits d'Intelsat¹⁹ que ofereixen l'emissió de televisió i ràdio a diferents zones de la Terra. La dificultat que han de superar aquests sistemes té relació amb el temps de propagació que la informació requereix per anar i tornar del satèl·lit, que es troba a 35.786 quilòmetres de distància, amb temps de latència al voltant d'1-1,4 segons. Aquest

¹⁹ <<http://www.intelsat.com/>>

tipus de retard dificulta el desplegament de serveis comuns en la internet actual que requereixen temps real.

Per aquest motiu, s'han desenvolupat altres sistemes en òrbites de més baixa alçada, com per exemple, les zones LEO (**Error! No s'ha trobat l'origen de la referència.**). És el cas del sistema Iridium²⁰ (entre 80 i 90 satèl·lits) o Globalsat²¹ (24 satèl·lits), que ofereix serveis de comunicacions telefòniques i de dades a tota la Terra. Aquest sistema de satèl·lits es coneix com a xarxa de satèl·lits LEO i es caracteritza per desplegar una constel·lació de satèl·lits perfectament dissenyada perquè pugui oferir temps de latència baixos. Atès que són satèl·lits que realitzen òrbites LEO, es troben en constant moviment i han de gestionar els canvis de satèl·lit en les connexions amb els usuaris terrestres. No obstant això, aquest tipus de sistema esdevé molt costós en producció i operació, ja que requereix de màxima precisió en el disseny de la constel·lació. A més a més, aquests sistemes poden oferir serveis d'internet que requereixen una baixa velocitat de connexió, ideals per a la internet de les coses (IdC). Aquests sistemes estan basats en protocols de comunicació propietaris, la qual cosa comporta problemes de compatibilitat amb altres equips i fa necessari un desenvolupament i un disseny específic per a cada tecnologia.

Com a alternativa a aquesta limitació, els darrers anys han aparegut noves propostes que s'han englobat amb el nom de megaconstel·lacions de satèl·lits o constel·lacions de satèl·lits massives. Aquest tipus de constel·lacions es caracteritzen per donar cobertura de serveis d'internet a tot el planeta mitjançant centenars o milers de satèl·lits. Són els casos de la constel·lació StarLink d' SpaceX²² i la de Telesat²³ que proposen llançar 12.000 satèl·lits i 126 satèl·lits respectivament. Aquests macrosistemes poden oferir una gran connectivitat i una gran disponibilitat del servei. A més a més, amb el desenvolupament dels sistemes de comunicació en banda Ka²⁴ poden oferir enllaços d'alta capacitat. Tot i aquests beneficis, la producció, el desplegament i el control d'aquest gran nombre de satèl·lits suposa una de les més grans dificultats a resoldre, a part de l'alt cost de desenvolupament. A més a més, l'espai està actualment molt ocupat, i hi ha una certa probabilitat de col·lisió entre satèl·lits. El desplegament d'aquest tipus de constel·lacions suposarà un augment d'aquesta ocupació, la qual cosa posarà en cert risc els llançaments de nous satèl·lits o la democratització de l'espai que promou el NewSpace. És per això que l'oportunitat d'entrar a l'entorn NewSpace s'ha d'aprofitar justament els propers anys. Una vegada s'estableixi una nova regulació, degut principalment al volum dels CubeSats existents, pot ser més complicat accedir a aquest tipus de mercat i, per tant, l'oportunitat generadora de coneixement esdevindrà una oportunitat consumidora de coneixement.

Per superar aquesta limitació, ha sorgit dins de la comunitat de recerca un nou concepte anomenat internet dels satèl·lits (IoSat). Aquest nou paradigma promou la interacció de constel·lacions de satèl·lits desplegades per diferents entitats per poder assolir les necessitats del mercat actual. Així doncs, aquest tipus d'arquitectura basada en la col·laboració

²⁰ <<https://www.iridium.com/>>

²¹ <<https://www.globalstar.com/>>

²² <<https://www.starlink.com/>>

²³ <<https://www.telesat.com/>>

²⁴ Podeu trobar més informació sobre les bandes de freqüència a l'annex I.1.6.

comparteix similituds amb l'arquitectura actual d'internet, en què existeixen interconnexions entre sistemes autònoms.

La taula següent engloba les diferents prestacions de cadascuna de les arquitectures anteriorment presentades.

Taula I.11 Resum de les característiques de les càrregues útils de comunicació tradicionals

Tecnologia	Característiques
Sistemes de comunicació per satèl·lits GEO	<ul style="list-style-type: none"> • Gran cobertura a una zona geogràfica concreta • Gran disponibilitat del servei en una zona geogràfica concreta • Alt temps de latència a les comunicacions • Costos molt elevats de producció i llançament
Xarxes de satèl·lits LEO	<ul style="list-style-type: none"> • Gran mobilitat dels satèl·lits, que permet gestionar el canvi amb els usuaris • Cobertura àmplia (no necessàriament global) • Baix temps de latència a les comunicacions • Baixa capacitat de dades als enllaços • Costos elevats de producció i operació
Megaconstel·lacions de satèl·lits	<ul style="list-style-type: none"> • Gran mobilitat dels satèl·lits, que permet gestionar el canvi amb els usuaris • Cobertura global • Gran disponibilitat del servei • Baix temps de latència a les comunicacions • Alta capacitat de dades als enllaços • Costos elevats de producció, llançament i operació
Paradigma de l'internet dels satèl·lits	<ul style="list-style-type: none"> • Gran mobilitat dels satèl·lits • Fragmentació de la xarxa i nodes heterogenis • Costos baixos de producció, llançament i operació • Sistema de satèl·lits complex • Encara en procés d'investigació

Per desenvolupar aquest escenari, es requerirà de sistemes de comunicació entre satèl·lits, coneguts com a enllaços entre satèl·lits o *inter-satellite links* (ISL). S'han començat a desenvolupar diverses tecnologies ISL, i altres es troben en fase d'investigació. La Taula I.12 presenta una comparació d'aquestes tecnologies. Entre d'altres, podem trobar sistemes de radiofreqüència de baixa velocitat, però amb una integració senzilla per les plataformes CubeSat. També tenim altres sistemes de radiofreqüència que requereixen antenes més complexes, però que poden oferir més velocitat de transmissió. Per acabar, els sistemes de comunicació làser s'estan investigant per a les plataformes CubeSats. Es poden consultar més detalls sobre aquest conjunt de tecnologies en l'annex I.1.7.

Taula I.12 Resum de les característiques dels sistemes de comunicacions entre satèl·lits

Tecnologia	Característiques
------------	------------------

Radiofreqüència de baixa velocitat	<ul style="list-style-type: none"> • Enllaços de baixa capacitat • Sistema d'antenes senzill, fàcil d'integrar • Gran connectivitat amb antenes poc directives • Desenvolupats en algunes missions CubeSat
Radiofreqüència d'alta velocitat	<ul style="list-style-type: none"> • Enllaços d'alta capacitat • Sistema d'antenes complexes i de gran volum • Poca connectivitat amb antenes directives • Encara en fase de desenvolupament
Comunicació òptica	<ul style="list-style-type: none"> • Enllaços de gran capacitat • Sistema d'antenes senzill, fàcil d'integrar • Poca connectivitat amb antenes directives • Encara en desenvolupament

Cal esmentar que els sistemes de comunicació entre els dispositius terrestres i els satèl·lits han estat investigats i desenvolupats des de les primeres missions satel·litàries. En concret, s'han desenvolupat sistemes de radiofreqüència per al control dels satèl·lits i per a la descàrrega de dades associada. Actualment, s'està investigant com noves arquitectures poden proveir més velocitat i abast de transmissió. Es pot trobar més informació i una comparació de les diferents tecnologies de comunicació en l'annex I.1.6.

5G en satèl·lits

L'augment previst del tràfic de dades, juntament amb l'interès d'oferir serveis de banda ampla a qualsevol lloc i en qualsevol moment, requereixen una combinació de diverses infraestructures i tecnologies d'accés. La nova generació de sistemes de comunicacions mòbils 5G ha capturat aquesta idea i s'espera que pugui complir amb requisits estrictes, com ara la continuïtat i la ubiqüitat del servei. Cal destacar que els requeriments de servei 5G respecte de les xarxes 4G augmenten notablement. Respecte de la 4G, s'estima que l'eficiència espectral serà entre 3-5 cops superior, l'eficiència energètica 100 cops millor i que els usuaris experimentaran unes velocitats d'entre 0.1 i 1 Gbps. Finalment, es preveu que la xarxa suportarà una densitat de connexions d'1 milió per km² i una densitat de tràfic de desenes de Gbps per km². En aquest context, el paper que tenen les comunicacions per satèl·lit en l'ecosistema 5G és fonamental. Tot i així, per afrontar els ambiciosos reptes que es deriven de la 5G, les capacitats i el cost per bit que ofereixen les comunicacions per satèl·lit han de ser competitius respecte als seus homòlegs terrestres. Això crea una oportunitat única perquè el sector satel·litari creixi i reforci la seva posició dins del mercat global de comunicacions i l'ecosistema 5G. Això ha fet créixer l'interès dels operadors de telefonia mòbil per proveir serveis de 5G de manera global i que facin ús dels satèl·lits. Aquest fet permet als operadors de telecomunicacions disposar de serveis a tot el territori i amb la característica de poder orquestrar i aprovisionar serveis Terra-satèl·lit de forma integrada.

La comunitat vinculada als satèl·lits és conscient de la importància de millorar l'eficiència i disminuir el cost per bit per tenir un paper clau en l'economia digital. Hi ha tres tendències que poden impulsar l'adopció de la tecnologia satel·litària en xarxes 5G:

- **Tendència 1:** satèl·lits flexibles i d'alta capacitat. Aquesta tecnologia està força madura i la tendència és centrar-se en l'augment de la capacitat i en la flexibilitat per proporcionar capacitat on realment es necessiti en un moment determinat. El cas paradigmàtic d'aquest tipus de satèl·lits són els que ha promogut Viasat.²⁵ La primera versió, coneguda com a Viasat-1, obtenia capacitats de desenes de Gbps; la segona, Viasat-2, uns centenars de Gbps, mentre que la tercera generació, Viasat-3, ja assoleix capacitats de Tbps. Aquesta tecnologia es basa en satèl·lits amb molts feixos, modulacions i codis amb una alta eficiència espectral, així com una gran reutilització de freqüències.
- **Tendència 2:** aparició de constel·lacions LEO. L'ús creixent de satèl·lits LEO deriva dels seus mèrits excepcionals, incloent-hi latències de xarxa baixes per a serveis sensibles al retard, àmplia cobertura, assignació de capacitat dinàmica, plataformes de baix cost i terminals de baixa potència.
- **Tendència 3:** satèl·lits de baix cost. L'ús de satèl·lits de baix cost farà que hi hagi una reducció del cost de transmissió en un enllaç satèl·lit de dades.

En aquest context, el passat 5 de març de 2020, el gegant de compres en línia japonès Rakuten i el líder mundial de telecomunicacions Vodafone van fer una inversió de 110 milions de dòlars a l'empresa AST & Science, una empresa emergent dels Estats Units que planeja crear una xarxa de banda ampla cel·lular amb una constel·lació de centenars de satèl·lits que enllacin directament amb els telèfons mòbils. Així mateix, a finals de desembre de 2019, Apple va anunciar que estava treballant per adaptar el seu Iphone perquè es pogués connectar directament als satèl·lits. En funció d'aquest interès creixent, s'ha de debatre com els satèl·lits poden integrar-se en el paradigma i la infraestructura cel·lular actual del 5G. La millor prova que demostra que les comunicacions per satèl·lit seran un pilar de la infraestructura 5G rau en el fet que les activitats de normalització del satèl·lit 5G estan en curs en el 3GPP.²⁶ L'organisme 3GPP ha definit el concepte de xarxes no terrestres o *non-terrestrial networks* (en endavant, NTN) com una xarxa composta per satèl·lits, avions i/o drons. Es considera que aquest tipus de xarxa podria complementar la xarxa actual de 5G per donar servei en zones que no estan cobertes per la xarxa terrestre, per exemple, zones remotes, vaixells o avions. A més a més, la xarxa NTN oferiria una cobertura per a la internet de les coses) o tecnologia màquina a màquina (en endavant M2M) constant i mundial, útil per a aplicacions crítiques, com per exemple el transport. Aquest fet, i la consideració que la tecnologia encara no és madura, fa que hi hagi una finestra temporal tecnològica de molt interès i amb un mercat potencial de gran valor per als propers anys.

Així doncs, el 3GPP ha identificat dos casos d'ús de les xarxes NTN. El primer se centra a oferir una alta capacitat de comunicació, des de 50 Mbps fins a Gbps, mitjançant satèl·lits. Aconseguir aquestes capacitats esdevé un repte important, en què s'han d'aconseguir millores dels dispositius de comunicació, per exemple, utilitzant múltiples antenes o antenes més directives. L'altre cas d'ús que es proposa és una xarxa que dona suport per a baixes velocitats de transmissió (de l'ordre d'1-2 Mbps), amb terminals senzills i antenes

²⁵ <<https://www.viasat.com/>>

²⁶ <<https://www.3gpp.org/>>

omnidireccionals. Està previst que aquestes xarxes puguin treballar a freqüències elevades, com per exemple 6 GHz.

La xarxa NTN està composta per tres nodes diferents: els terminals d'usuari o *user terminals* (en endavant, UE), els satèl·lits, i les estacions passarel·la²⁷. UE es refereix als terminals utilitzats pels usuaris directament o que es comuniquen amb el satèl·lit. Actualment, s'estan plantejant dues arquitectures que utilitzen els satèl·lits i les estacions passarel·la. La primera arquitectura considera els satèl·lits com a elements repetidors de les estacions passarel·la. Aquestes estacions estarien connectades tant al nucli de la xarxa 5G com a un punt d'accés ràdio per als UE. L'altra arquitectura planteja afegir més funcionalitats als satèl·lits. En concret, aquests oferirien accés a la xarxa als UE que es troben a Terra, que haurien d'interpretar la informació rebuda dels UE i retransmetre-la a l'estació passarel·la per accedir al nucli de la xarxa 5G (vegeu la figura 1.10).

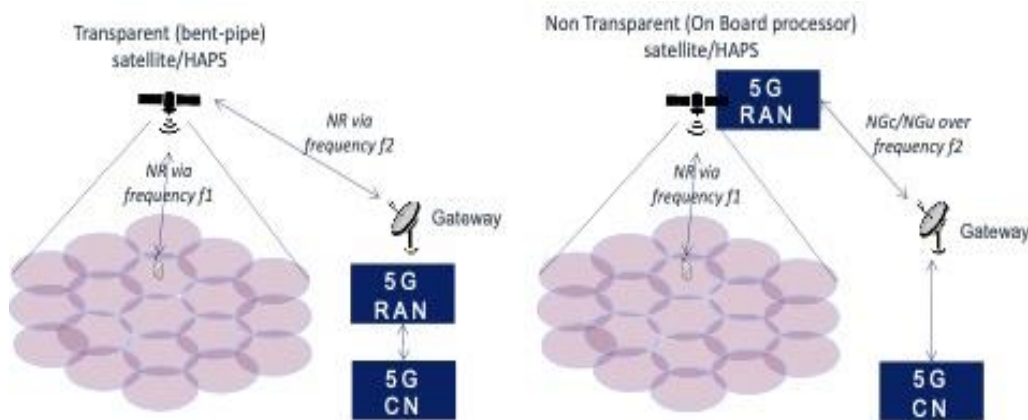


Figura 1.3 Xarxes d'accés de les NTN.

Així mateix, cal tenir present que les xarxes NTN de 5G estaran formades per satèl·lits en diferent òrbites per tal de proveir cobertura global de forma eficient. Les xarxes basades únicament en satèl·lits GEO requereixen tres satèl·lits per proveir cobertura global: redueixen el nombre de satèl·lits, però tenen una gran latència i gran cost. Per contra, les xarxes basades en satèl·lits LEO tenen una menor latència a força d'emprar un gran nombre de satèl·lits per donar cobertura global i són diversos ordres de magnitud menors en cost. Així, la combinació de satèl·lits LEO i GEO permet reduir el nombre de satèl·lits en òrbites baixes. En la terminologia utilitzada pel 3GPP, aquesta arquitectura és identificada amb el nom de xarxes de satèl·lit de multiconnectivitat.

La implantació d'aquestes arquitectures suposa reptes tecnològics importants que s'han de considerar en la futura recerca dins d'aquest àmbit temàtic. En concret, s'han de realitzar millores que permetin adaptar els protocols i sistemes actuals a l'entorn dels satèl·lits. Aquest entorn queda caracteritzat pel moviment satel·litari, cosa que planteja un canvi de concepte pel que fa a les estacions base cel·lulars, que també estan en moviment (no només els usuaris). Això implica treballar a les diferents capes dels protocols de comunicació per definir

²⁷ Les estacions passarel·la (*gateway*) són nodes dins la xarxa, que connecten usuaris o altres estacions a la xarxa interna (*core*) de la 5G.

una pila de protocols²⁸ completa. A més a més, l'aspecte físic de les comunicacions s'ha desenvolupat mitjançant la investigació de noves formes d'ona que puguin sobreposar-se als efectes del moviment (com per exemple l'efecte Doppler²⁹). Així mateix, el llançament de múltiples constel·lacions de satèl·lits pot fer que molts operadors comparteixin espectre o emprin alts nivells de reutilització de freqüència per millorar la capacitat dels seus sistemes. Per tant, cal tenir en compte la gestió d'interferències entre satèl·lits per tal que puguin oferir el servei correctament. Per exemple, que el senyal que rep un terminal d'un satèl·lit GEO no es vegi interferit pel senyal d'un satèl·lit LEO. En conclusió, l'aplicació dels satèl·lits dins del paradigma 5G encara està en desenvolupament i s'estan descobrint reptes que cal resoldre. Ser capdavanter en la recerca a fer en aquest àmbit pot situar estratègicament el territori que entomi el repte.

Satèl·lits per a la internet de les coses (IdC)

Els darrers anys, el sector de les comunicacions ha experimentat un creixement global a causa del gran nombre de dispositius connectats a internet, incloent-hi màquines, sensors i càmeres, entre d'altres. La xarxa que connecta aquests dispositius permet l'intercanvi d'informació entre processos, persones i qualsevol tipus de dispositiu en general, la qual cosa dona lloc al que es coneix com a internet de les coses (IdC). Els dispositius IdC es caracteritzen per ser de baix consum, tenir velocitats de comunicació baixes i alimentar-se amb bateries o mitjançant aprofitament energètic (o *energy harvesting*). Aquests dispositius són sistemes integrats o inserits. En funció de les seves característiques, les tecnologies desenvolupades en aquest àmbit es consideren com a tecnologies de baix consum i llarga cobertura, anomenades *low power wide area networks* (LPWAN). En aquest grup hi ha tres tecnologies que destaquen: la tecnologia Sigfox, Long Range (LoRa), i la internet de les coses de banda estreta o *narrow-band IdC* (NB-IdC). Les dues primeres utilitzen bandes no llicenciades, mentre que la tercera utilitza una banda llicenciada i, per tant, gestionada per empreses de telecomunicació tradicionals. L'interès de transportar aquestes tecnologies de gran mercat i ús terrestre a l'espai ha crescut els darrers anys i s'entreveu com un nou àmbit d'interès econòmic.

Els primers satèl·lits desenvolupats, com a proves de concepte, que han incorporat tecnologies de IdC han estat basats en els dispositius LoRa. Aquesta tecnologia desenvolupada per Semtech i complementada per LoRaWAN presenta un protocol que permet transmetre en bandes de freqüència no llicenciades. A més a més, ja que utilitza unes característiques de comunicació pròpies (com per exemple modulació d'espectre eixamplat), s'ha demostrat que és resistent als efectes que es generen a les comunicacions entre Terra i satèl·lits (com l'efecte Doppler o el centelleig ionosfèric³⁰), per la qual cosa és ideal per a la implantació a l'espai. Per aquest motiu, algunes empreses han decidit ja embarcar aquesta

²⁸ La pila de protocols (*stack*) fa referència a tot el conjunt de protocols necessari per realitzar les comunicacions entre dos dispositius.

²⁹ L'efecte Doppler és la variació de la freqüència rebuda respecte de l'emesa, degut al moviment relatiu entre el transmissor i el receptor. Així, quan un s'allunya de l'altre la freqüència rebuda és menor, i el Doppler és negatiu, i quan s'apropen, la freqüència rebuda és major, i el Doppler és positiu. Un dels exemples més entenedors és l'aproximació d'una ambulància fent sonar la sirena. Mentre s'acosta, el so de la sirena es percep més agut, i quan s'allunya el so es percep més greu, tot i que la sirena sempre emet a la mateixa freqüència.

³⁰ El centelleig ionosfèric és un fenomen que apareix per la propagació del senyal de ràdio a través de la ionosfera (una de les capes de atmosfera) i que provoca pèrdues de potència del senyal.

tecnologia en els seus CubeSats. És el cas del Lacuna Space³¹ que el 2019 va realitzar la primera prova d'un node LoRa a una plataforma CubeSat de 6U. Actualment, està treballant per aconseguir una constel·lació de 25 satèl·lits amb aquesta tecnologia. Altres empreses han estat treballant amb la tecnologia fent servir plataformes CubeSat més reduïdes. És el cas de Fossa Systems³² que ha realitzat el llançament d'un *PocketQube* i ha arribat a establir enllaços de satèl·lit a terra fent servir la tecnologia LoRa.

Han aparegut noves propostes per aplicar aquestes tecnologies IdC a l'espai, tot i que cap s'ha materialitzat en un llançament pròpiament dit. És el cas d'Eutelsat,³³ que planeja el desenvolupament d'una constel·lació de 25 satèl·lits fent servir la tecnologia propietària Sigfox (primer llançament al 2020), que presenta prestacions molt semblants als dispositius LoRa, tot i que el seu disseny és completament diferent.

A més, altres iniciatives volen utilitzar la tecnologia NB-IdC per oferir cobertura global d'IdC. Aquesta tecnologia és una iniciativa de l'organització 3rd Generation Partnership Project (3GPP), que s'engloba dins del paradigma de la 5G, i permet transmetre a la mateixa banda de freqüències llicenciades del sistema global per a comunicacions mòbils (GSM) o *evolució a llarg termini* (LTE), i utilitza la xarxa troncal de les tecnologies mòbils. L'avantatge de l'NB-IdC és el fet que aporta cobertura global, a través d'acords d'itinerància entre operadors, i que el desenvolupador de la solució IdC no s'ha de preocupar de la gestió de la xarxa, de la qual es fa càrrec l'operador mòbil terrestre. NB-IdC també incorpora diverses innovacions per reduir el consum del mòdul IdC, cosa que fa que la solució sigui molt atractiva dins l'ecosistema IdC. A més, aquesta tecnologia ofereix velocitats de transmissió i qualitat de servei superiors a les dues precedents (LoRa i Sigfox). NB-IdC ha estat dissenyat per funcionar en estacions terrestres i a dia d'avui encara no suporta cap operació per satèl·lit. No obstant això, la indústria demanda solucions d'NB-IdC sobre satèl·lits per tal de poder disposar de connectivitat IdC en zones remotes a escala global. És per això que el 3GPP ha aprovat recentment un cas d'estudi per al lliurament 17, en què s'analitzarà com integrar NB-IdC amb satèl·lits. A part del 3GPP, a Catalunya, organitzacions com i2CAT o el CTTC³⁴ estan investigant com adaptar els actuals protocols de LTE per possibilitar el monitoratge de sensors NB-IdC des de satèl·lits. També, l'empresa catalana SatelIdC³⁵ està impulsant la idea d'assolir cobertura mundial emprant aquesta tecnologia associada a una constel·lació de CubeSats. Aquest àmbit de treball és estratègic, i qui en disposi de la tecnologia pot esdevenir un agent disruptiu en el mercat. A la vegada, l'ús de tecnologia IdC embarcada en CubeSats pot permetre l'obtenció de dades que complementin els sistemes d'observació de la Terra i disposar d'informació útil per millorar molts dels serveis de predicció actuals.

Altres propostes han promogut el desenvolupament de protocols de comunicació d'IdC propis, sense tenir en compte els desenvolupats i instaurats a la superfície terrestre. És el cas de les empreses MyrIdCa³⁶ i Kinéis³⁷ que han fet importants esforços per desenvolupar aquest protocol adaptat exclusivament a les comunicacions a l'espai, caracteritzades per

³¹ <<https://lacuna.space/>>

³² <<https://fossa.systems/>>

³³ <<https://www.eutelsat.com/en/satellites/leo-fleet>>

³⁴ La Fundació i2CAT i el Centre de Tecnologies de Telecomunicació de Catalunya (CTTC) són dos centres de recerca de Catalunya punters en la recerca en internet i telecomunicacions.

³⁵ <<https://satelldc.space/>>

³⁶ <<https://myrldca.com/>>

³⁷ <<https://www.kineis.com/en/>>

nodes mòbils de gran velocitat i llargues distàncies. Tot i el seu desenvolupament, l'ús d'aquesta tecnologia (encara experimental) requereix dispositius dissenyats i fabricats expressament, sense seguir cap estàndard.

La taula següent engloba les diferents prestacions de cadascuna de les anteriors tecnologies IdC a l'espai.

Taula I.13 Resum de les característiques de les càrregues útils de comunicació per a IdC

Tecnologia	Característiques
LoRa	<ul style="list-style-type: none"> • Protocol privat • Espectre no llicenciat i de lliure transmissió • Llargues distàncies • Baixa velocitat de transmissió • Tecnologia demostrada en dues missions CubeSat
SigFox	<ul style="list-style-type: none"> • Protocol privat • Baixa velocitat de transmissió • Llargues distàncies • Tecnologia encara en experimentació a l'espai
NB-IdC	<ul style="list-style-type: none"> • El 3GPP està realitzat estudis de viabilitat en satèl·lits • Gran cobertura utilitzant la xarxa cel·lular • Espectre llicenciat i de pagament • Grans velocitats i baix consum • Tecnologia encara en experimentació a l'espai
Desenvolupament propietari	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptats als fenòmens espacials • Requereix de dispositius propis • Tecnologia encara en experimentació

I.2.3. Sistemes basats en ràdio definida per programari

La ràdio definida per programari, coneguda com a *software defined radio* (SDR), és aquella que permet la reconfiguració dels seus paràmetres interns mitjançant l'ús d'un programari, per exemple, amb incidència sobre la freqüència o l'amplada de banda amb què es treballa. En contrast amb els transceptors tradicionals basats en maquinari, una SDR suposa una alternativa eficient pel que fa al cost, a la seva alta flexibilitat (múltiples modes, múltiples bandes, etc.) i a la seva capacitat per crear sistemes que es puguin adaptar en temps real a l'entorn. La majoria dels sistemes disponibles actualment, com els desenvolupats per GomSpace³⁸ o Alen Space³⁹ es basen en la mateixa tecnologia, un processador d'accés amb oscil·lador local, mesclador i convertidor analògic digital d'alta velocitat (*analog devices*) i una matriu de portes lògiques programable (FPGA) amb un microcontrolador integrats i una capacitat de processament limitada a un o dos canals de funcionament simultani. L'ús

³⁸ <<https://gomspace.com/shop/subsystems/payloads/software-defined-radio.aspx>>

³⁹ <<https://www.cubesatshop.com/product/totem-nanosatellite-sdr-platform/>>

d'aquesta FPGA és necessari a l'hora d'adquirir les dades generades per la SDR i processar-les, cosa que augmenta l'impacte energètic pel seu elevat consum.

Les SDR estan construïdes fent servir maquinari comercial produït en massa, de manera que el seu cost és baix en general, mentre que les aplicacions són molt esteses per la seva flexibilitat, cosa que constitueix un canvi de paradigma en els usos de la radiofreqüència tradicional a l'espai i, per tant, font de novetats associades al concepte del NewSpace.

En el camp de l'observació terrestre, les SDR es fan servir principalment com a eina de teledetecció amb microones. Un exemple es l'FMPL de la UPC⁴⁰, que, mitjançant una única SDR, és capaç de realitzar reflectometria en la freqüència de GPS, radiometria en banda L i detecció de senyals AIS⁴¹ procedents de vaixells. Aquests tres objectius es troben molt distants en relació amb la freqüència, per la qual cosa si s'hagués seguit el plantejament tradicional referent a l'ús de transceptors, se n'haguessin necessitat tres de diferents. Cada cop apareixen més sistemes de SDR que permeten treballar en bandes de radiofreqüència més esteses, que permeten aplicacions de teledetecció de forma econòmica per a l'adquisició de paràmetres físics en multitud de bandes. L'Institut d'Estudis Espacials de Catalunya (IEEC)⁴², per exemple, ha desenvolupat un prototipus de sistema SDR connectat a un OBDH⁴³ d'altres prestacions genèric per agilitzar la implementació de càrregues útils per a comunicacions i instrumentació de radiofreqüència.

Com s'ha vist en l'apartat de les càrregues útils de comunicació per banda ampla (sistemes de comunicació tradicionals, 5G en satèl·lits i IdC en satèl·lits), molts dels protocols estan basats en estàndards desenvolupats per a xarxes de comunicació terrestres i requereixen una adaptació a les característiques del medi (latència, Doppler, atenuació, etc.) o bé el disseny de nous protocols més adaptats a les necessitats de l'enllaç. Els canvis afecten les diferents capes del protocol, però les capes més baixes (física i lògica) són les més difícils de canviar/modificar una vegada construïdes, ja que requereixen canvis físics en els equips. És per això que les SDR s'estan fent servir cada cop més a l'hora de prestar serveis de comunicacions mitjançant satèl·lits. És possible crear estacions base mitjançant aquests dispositius, cosa que permet, a més, la integració d'altres tecnologies com xarxes definides per programari, que funcionen d'una forma similar a les SDR, però per a xarxes fixes. Gràcies a la flexibilitat que aporten les SDR, la xarxa pot ser modificada en temps real per resoldre les necessitats i optimitzar la topologia. Les necessitats futures, especialment per a 5G i IdC, requeriran sistemes amb múltiples canals funcionant en paral·lel i gran capacitat de computació.

Altres propostes s'han centrat en el desenvolupament de programari de càrregues útils dins de l'ordinador de bord. Aquest sistema és responsable de les operacions i la gestió de dades generades pels satèl·lits, com per exemple la recuperació d'informació de cadascun dels sistemes que el componen. En l'annex I.1.5 es presenten més detalls de les diferents tecnologies i una comparació d'aquestes tecnologies.

⁴⁰ <<https://nanosatlab.upc.edu/en/missions-and-projects/3cat-4>>

⁴¹ L'*automatic identification system* (AIS) permet la detecció dels vaixells en les proximitats dels ports. S'han inclòs receptors que funcionen amb aquests sistemes en els satèl·lits.

⁴² <<http://www.ieec.cat/en/home>>

⁴³ L'*on-board data handling* (OBDH) correspon a l'ordinador de bord que controla el satèl·lit.

La taula següent compara les tecnologies pròpies dels sistemes SDR pels satèl·lits.

Taula I.14 Resum de les característiques dels sistemes basats en SDR

Sistema	Característiques
Teledetecció	<ul style="list-style-type: none"> • Consum d'energia: moderat • Cost: baix • Utilitzats principalment en sistemes d'observació de la Terra passius.
Telecomandament	<ul style="list-style-type: none"> • Consum d'energia: elevat • Cost: moderat • Permeten adaptar un únic sistema a multitud de modulacions i assignacions de freqüència.
Comunicacions	<ul style="list-style-type: none"> • Consum d'energia: elevat • Cost: elevat • Elevada flexibilitat i possible utilització futura en <i>inter-satellite links</i>.

I.2.4. Altres càrregues útils

En funció dels diferents interessos científics i les múltiples necessitats dels usuaris finals, s'ha desenvolupat un important conjunt de càrregues útils per a altres àmbits diferents dels presentats amb anterioritat. Aquest conjunt engloba càrregues útils per a la recerca biològica i química, validació de noves tecnologies per a l'espai, exploració astronòmica i interplanetària, detecció de brosa des de l'espai i suport als sistemes de navegació actuals. Cadascuna d'aquestes càrregues útils té característiques diferents.

Recerca biològica i química

L'objectiu fonamental és observar els efectes de l'exposició a les condicions de l'espai, bàsicament radiació i ingravidesa, de sistemes biològics, com poden ser cultius cel·lulars i experiments bioquímics. Aquest tipus d'experiments requereixen el desenvolupament de càrregues útils que puguin mantenir condicions adequades i que es beneficiïn dels reduïts costos dels petits satèl·lits. En els darrers anys hi ha hagut diverses missions liderades per universitats i agències estatals:

- GeneSat-1:⁴⁴ efectes d'un entorn de microgravetat en cultius biològics (bacteris i sondes biològiques i genètiques per detectar l'expressió de gens).
- PharmaSat 1:⁴⁵ tecnologies de gestió i bioanàlisi *in situ* de mostres.
- O/OREOS:⁴⁶ monitoratge dels canvis biològics i l'alteració de molècules orgàniques davant l'exposició a la radiació de l'espai i la ingravidesa.

⁴⁴ <<https://www.nasa.gov/centers/ames/missions/2007/genesat1.html>>

⁴⁵ <https://www.nasa.gov/mission_pages/smallsats/pharmasat/main/index.html>

⁴⁶ <https://www.nasa.gov/mission_pages/smallsats/ooreos/main/>

- EcAMSat:⁴⁷ efectes de la resistència de l'E. coli als antibiòtics a l'espai i amb microgravetat.
- BioSentinel:⁴⁸ desenvolupament d'un biosensor per detectar i mesurar l'impacte de la radiació en el DNA i la seva expressió en organismes vius durant períodes llargs en òrbites baixes (LEO).

Validació de tecnologies per l'espai o demostradors tecnològics

Aquesta va ser una de les primeres aplicacions per les quals es van desenvolupar el nanosatèl·lits. Van sorgir d'universitats i centres de recerca per provar noves tecnologies en una zona de l'espai on podien ser validades per després ser utilitzades en missions comercials i científiques de més gran abast. Avui en dia encara representen un 27% de les aplicacions.⁴⁹

Missions interplanetàries i astronòmiques

El usos dels petits satèl·lits per a missions astronòmiques i interplanetàries ha estat generalment baix. Fins l'any 2017, només hi havia 5 missions conegudes. En els darrers anys hi ha hagut un increment de noves missions en estat de desenvolupament i missions futures, amb la previsió que un 20% de les aplicacions dels nanosatèl·lits siguin per a la ciència en els propers 4 anys.⁵⁰ La missió MarCO de la NASA va ser la primera missió interplanetària a fer servir CubeSats de 6U com a repetidors per fer d'enllaç durant la fase de descens i aterratge a la superfície de Mart a la missió InSight el novembre del 2018. L'èxit d'aquesta missió va ajudar a incrementar l'interès a fer servir nanosatèl·lits en missions fora de l'òrbita LEO. Recentment, s'ha publicat una llista de futures missions en desenvolupament i la previsió de llançament associada.⁵¹

La majoria d'aquestes missions requereixen el desenvolupament d'instrumentació òptica (càmeres i espectrofotòmetres) per a l'espectre visible, IR proper i UV. Algunes també requeriran el desenvolupament de detecció de partícules d'alta energia (raigs X, gamma i altres partícules).

Càrregues útils per a la detecció i reducció de brossa espacial i objectes propers a la Terra

La brossa espacial està formada per gairebé qualsevol cosa, que pot anar des d'etapes senceres d'un coet o satèl·lits fora de servei fins a fragments d'explosions, capes de pintura, residus provinents dels acceleradors sòlids, líquid refrigerant de satèl·lits amb generadors nuclears i altres petites partícules. La preocupació que genera la brossa espacial està creixent en els darrers anys, ja que les col·lisions a velocitats orbitals poden causar greus avaries o la destrucció de satèl·lits operatius, a la vegada que poden produir encara més ferralla descontrolada en el procés. Per tal de minimitzar la generació de brossa espacial addicional, s'han proposat diverses mesures. El comandament estratègic nord-americà (U.S. Strategic Command) manté un catàleg que actualment té inventariats uns 10.000 objectes, per evitar

⁴⁷ <<https://www.nasa.gov/centers/ames/engineering/projects/ecamsat>>

⁴⁸ <<https://www.nasa.gov/centers/ames/engineering/projects/biosentinel.html>>

⁴⁹ <<https://www.nanosats.eu/database>>

⁵⁰ <<https://www.nanosats.eu/database>>

⁵¹ <<https://www.nanosats.eu/database>>

confondre'ls amb míssils provinents d'un país hostil. Les dades per mantenir el catàleg es recullen des de bases terrestres emprant tant radars com telescopis terrestres i un telescopi espacial.⁵² Tot i aquests esforços, la majoria de restes espacials continuen descontrolades. Segons els models de l'ESA,⁵³ hi ha més de 600.000 objectes més grans d'un centímetre en òrbita (ESA Meteoroid and Space Debris Terrestrial Environment Reference MASTER-2005).

En els darrers anys, s'han fet estudis per desenvolupar càrregues útils per a la detecció dels objectes que no poden ser detectats des de la Terra. Es preveu que el problema de la brossa espacial vagi en augment i siguin necessaris nous mecanismes per a la seva detecció i eliminació. Seguint aquesta tendència, el programa "Call to Orbit" de l'ESA ha promogut el desenvolupament, per part de l'IEEC, d'un CubeSat de mida inferior a 10 cm per detectar brossa espacial.⁵⁴

Suport a la navegació

Altres càrregues útils s'han centrat en l'augmentació dels sistemes de navegació, coneguts com a sistema de navegació global per satèl·lit (GNSS). Aquestes càrregues útils tenen com a objectiu augmentar la precisió de posicionament del sistema tradicional GNSS. La utilització de satèl·lits per a aquesta possibilitat s'ha avaluat en el projecte Satellite-based Augmentation System (SBAS)⁵⁵ fent servir satèl·lits GEO que van publicant informació de l'augmentació. En el NewSpace encara no ha aparegut aquest tipus de càrregues útils.

I.3. Llançadores

Els vehicles de llançament, coneguts com a llançadores, són coets a propulsió que transporten càrregues útils (com ara satèl·lits o naus espacials habitades) a diferents òrbites de l'espai. Aquests sistemes són l'herència dels míssils balístics utilitzats després de la Segona Guerra Mundial. El científic alemany Wernher von Braun va desenvolupar el míssil V-2 per a l'Alemanya nazi que, més tard, seria la base pels programes espacials dels Estats Units i la Unió Soviètica. Durant les darreres dècades, les llançadores han evolucionat considerablement, i han arribat a tenir una gran varietat.

Entre tots aquests conjunts, les llançadores de les agències espacials són les que actualment predominen al mercat. En concret, els programes Ariane i Vega per part de l'Agència Espacial Europea (ESA), el programa Atlas de l'Administració Nacional de l'Aeronàutica i l'Espai (NASA), el programa Soyuz per part de Roscosmos (Rússia), el programa Chang Cheng de l'Administració Nacional Xinesa de l'Espai (CNSA) o el programa Polar Satellite Launch Vehicle (PLSV) de l'Organització de Recerca Espacial Índia (ISRO) són exemples dels actuals vehicles de llançament. Aquestes programes o famílies de llançadores es caracteritzen per transportar grans volums de càrregues útils i, en conjunt, poden aconseguir una gran varietat d'òrbites on injectar els satèl·lits a l'espai. Aquests tipus de llançaments són normalment costosos, atès que la producció i pèrdua de la llançadora (després del llançament) suposa un cost important. Per aquest motiu, empreses privades han començat a aparèixer en el sector

⁵² <<https://www.orbitaldebris.jsc.nasa.gov/>>

⁵³ <https://www.esa.int/Safety_Security/Space_Debris>

⁵⁴ <<https://www.open-cosmos.com/news/ieec-4dcube-third-winner-of-the-open-cosmos-esa-business-applications-and-esa-space-solutions-call-to-orbit-competition>>

⁵⁵ <https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/SBAS_Fundamentals>

per oferir preus més competitius. El cas més popular és el d'SpaceX⁵⁶ que ofereix llançaments a "baix cost" gràcies a la recuperació parcial de les seves llançadores. Una de les propietats més importants d'un vehicle de llançament és la fiabilitat per transportar la càrrega útil a la seva destinació sense desperfectes. Les noves alternatives privades acostumen a tenir una fiabilitat més baixa que els sistemes de les agències espacials tradicionals, i ofereixen, en canvi, preus més ajustats.

Les missions CubeSat han vist tradicionalment aquest llançaments com a oportunitats. En concret, un llançament queda determinat per una càrrega útil important (un satèl·lit gran), i complementat per altres càrregues de més petites dimensions. Aquests "forats" de la llançadora són aprofitats per les missions de CubeSats, ja que s'aconsegueixen preus bastant reduïts. No obstant això, en no ser les càrregues principals, aquests CubeSats han de seguir les òrbites donades pel satèl·lit primari. Amb l'increment de les missions CubeSats, en els darrers anys s'han desenvolupat nous sistemes de llançadores per a aquest tipus de missió. Aquest és el cas de la llançadora Electron de Rocket Lab⁵⁷ que es caracteritza per ser una llançadora de petites dimensions i, per tant, de poca capacitat de transport, orientada a injectar els satèl·lits en òrbites LEO. Gràcies a aquestes característiques, els costos de llançament esdevenen més accessibles per a les missions CubeSat. A més, per a les missions CubeSat s'ha instaurat l'opció de la injecció a l'espai utilitzant l'Estació Espacial Internacional (ISS). En concret, els sistemes de la Japan Manned Space System Corporation (JAMSS)⁵⁸ i de l'empresa Nanoracks⁵⁹ han estat emprats de manera habitual els darrers anys.

En paral·lel, s'han començat a investigar altres sistemes d'injecció en òrbita utilitzant dos vehicles de llançament diferents. En concret, el programa europeu Altair⁶⁰ proposa la utilització de drons de gran altitud (UAV) com a transportadors d'una petita llançadora que és ejectada en ple vol. Fent servir aquest sistema, la llançadora amb els satèl·lits pot ser més petita o pot optimitzar el seu espai per transportar més càrrega útil. Seguint la mateixa idea, el programa Sagitarius de Celestia Aerospace⁶¹ proposa la injecció de la llançadora mitjançant un avió tripulat MIG-29 desmilitaritzat.



⁵⁶ <<https://www.spacex.com/>>

⁵⁷ <<https://www.rocketlabusa.com/>>

⁵⁸ <<https://www.jamss.co.jp/en>>

⁵⁹ <<https://nanoracks.com/>>

⁶⁰ <<http://altair-h2020.eu/>>

⁶¹ <<https://celestiaaerospace.com/>>

Figura I.4 Concepte de llançament utilitzant dos vehicles.

Una altra innovació del sistema de llançament de satèl·lits se centra en l'ús de globus estratosfèrics que transporten el satèl·lit fins a les capes superiors de l'atmosfera, per després injectar-lo en l'espai. Aquest és el cas de sistema Bloostar de l'empresa Zero2Infinity⁶² que promou l'eficiència del sistema per requerir mecanismes de propulsió més senzills i menys costosos.

La taula següent engloba les diferents prestacions de cadascuna de les llançadores anteriorment presentada.

Taula I.15 Resum de les característiques de les llançadores

Tecnologia	Característiques
Llançadores amb coet de les agències espacials	<ul style="list-style-type: none"> • Gran volum de càrrega útil • Múltiples altures d'òrbites (fins a GEO) • Òrbites donades per a CubeSats • Cost de llançament elevat • Alta fiabilitat de llançament
Llançadores amb coet d'empreses privades	<ul style="list-style-type: none"> • Gran volum de càrrega útil • Múltiples altures d'òrbites (fins a GEO) • Òrbites donades per a CubeSats • Cost de llançament moderat • Fiabilitat de llançament mitjana
Llançadores amb coet petit	<ul style="list-style-type: none"> • Petit volum de càrrega útil • Altures d'òrbita LEO • Orientat a missions CubeSats • Cost de llançament baix • Primers llançaments realitzats
Llançadores amb altres vehicles (UAV, avions, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> • Petit volum de càrrega útil • Altures d'òrbita LEO • Orientat a missions CubeSats • Cost de llançament baix • Encara en desenvolupament

I.4. Segment Terra

El segment Terra està format per tots els elements que permeten donar suport a una missió espacial des de la Terra, començant per les instal·lacions d'integració i proves, continuant amb les bases de llançament i els centres d'operacions per dur a terme tasques de telemetria i control, per exemple, la comunicació amb els satèl·lits un cop han estat llançats, i finalitzant amb els centres encarregats de la baixada, emmagatzematge, preparació i processament de les dades i la resta d'informació provinent del segment espai.

⁶² <<http://www.zero2infinity.space/>>

I.4.1. Bases de llançament

A l'hora de posar en funcionament un satèl·lit o una constel·lació, sempre és necessària una base de llançament des d'on llançar el que constituirà el segment espai. Històricament, aquests llançaments han estat controlats per les agències espacials de diversos països, però actualment amb l'arribada del NewSpace, cada cop més empreses estan participant en aquest camp. S'espera que instal·lacions noves s'adaptin a les necessitats d'aquests tipus de llançaments.

La posició de la base de llançament és de gran rellevància per als llançaments en coets del segment espai. Disposar de bases de llançament prop de l'equador i en sentit oriental del llançament optimitza l'ús de la velocitat de rotació de la Terra a mode de fona, en l'òptima o requerida configuració orbital dissenyada. També és necessari construir les bases de llançament al més lluny possible dels grans nuclis de població, a la vegada que a prop de grans masses d'aigua, per tal de mitigar els riscos per a la vida humana en cas d'accident.

Recentment, les iniciatives orientades cap al turisme espacial estan promovent la creació de bases de llançament que fan servir la infraestructura terrestre existent, com pistes d'aeròdroms.

I.4.2. Estacions terrestres

Les estacions terrestres estan equipades amb transmissors i receptors de ràdio per comunicar-se amb el segment espai. Habitualment trobem estacions terrestres amb un seguit d'antenes configurades per a unes freqüències determinades, i amb capacitat de moviment en declinació i azimut per poder apuntar correctament i seguir el segment espai, com poden ser els satèl·lits, durant el temps de contacte.

Aquestes estacions són controlades remotament pels centres d'operacions, des d'on es fa un seguiment de la trajectòria i l'estat del satèl·lit, els comandaments que es volen enviar i les dades que s'esperen rebre. Són crítiques per a les missions espacials, ja que representen l'única forma de mantenir comunicacions amb els satèl·lits un cop llançats, i limiten el nombre d'enllaços concurrents que es poden establir, així com el nombre de contactes diaris. En tot cas, cal veure aquestes connexions com l'oportunitat per fer la descàrrega de les dades preses i emmagatzemades pel satèl·lit, de manera que aquest tema, conjuntament amb les capacitats d'emmagatzematge a bord i les capacitats o velocitat de transmissió del subsistema de comunicacions de bord, seran claus en l'explotació de les dades futures. Habitualment, les estacions se situen a altes latituds per tenir més passades del satèl·lit i, per tant, oportunitats de contacte per les òrbites polars o quasi polars (com ara les dels satèl·lits d'observació de la Terra - OT), de manera que el disseny de la missió i la finalitat de cada segment espai o satèl·lit es farà d'acord amb la idoneïtat de la situació del segment Terra. També s'acostuma a utilitzar més d'una estació de Terra, situades o bé en latituds ben diferents o bé en longituds ben diferents per maximitzar la cobertura.

Les estacions terrestres es caracteritzen principalment per les freqüències amb què treballen, les propietats de la cadena de radiofreqüència (nivell de soroll, guany, dimensions de l'antena, etc.), i la seva posició geogràfica.

- Freqüències⁶³
 - Les freqüències més utilitzades per a la comunicació amb satèl·lits són UHF, banda S i banda X i, per tant, les estacions terrestres han de tenir equipament adequat per treballar en aquestes bandes.
 - Cada cadena de radiofreqüència ha de disposar també d'antenes específiques per a la seva banda, que han de ser capaces de moure's per tal d'apuntar al satèl·lit. Això implica que una estació terrestre només podrà connectar a la vegada amb tants satèl·lits com antenes tingui.
- Propietats de la cadena de radiofreqüència
 - Mitjançant uns mòdems de radiofreqüència, és possible transmetre i rebre dades del satèl·lit. L'abast màxim a què pot arribar l'estació en transmissió depèn del guany dels elements de radiofreqüència i del guany de l'antena, que en el cas d'antenes parabòliques és directament proporcional al seu diàmetre. Pel que fa a la sensibilitat en recepció, que limitarà els satèl·lits dels quals podrà rebre dades, vindrà donada principalment pel factor de soroll de la cadena, així com pel guany dels amplificadors.
- Posició geogràfica
 - La posició geogràfica de l'estació condicionarà la durada i el nombre de passades que el satèl·lit pot fer al dia, que dependran respectivament del guany i del nombre d'obstacles que estiguin al camp visual de l'antena i de la inclinació de l'òrbita del satèl·lit.

I.4.3. Centres de control

Els centres de control, o centres d'operacions, són els encarregats de coordinar les operacions de les diferents estacions terrestres, tenint en compte les seves característiques i les necessitats de cada missió. En el cas d'Arianespace, per exemple, s'han desenvolupat, conjuntament amb l'empresa GTD, uns centres de control distribuïts per tot el món per al control dels seus coets Ariane 6, que a més proporcionen un petit suport per a les operacions inicials als satèl·lits.

Des dels centres d'operacions, es genera una planificació de les passades que hi haurà per a un satèl·lit en el futur, i es reserven les estacions terrestres que coincideixen amb l'òrbita i les especificacions per tal de descarregar o enviar les dades. Els sistemes de gestió componen la major part de l'estructura de programari dels centres de control i permeten que un nombre reduït d'operadors puguin supervisar multitud de satèl·lits de forma eficient.

Sistemes de gestió de missió

Durant el temps que dura la missió, és necessari controlar el satèl·lit o constel·lació de manera contínua. Això inclou monitorar l'estat de tots els subsistemes, actualitzar les ordres que s'han de dur a terme i descarregar les dades que s'han anat generant, entre d'altres. En el cas d'un únic satèl·lit, la tasca requereix instal·lacions i personal dedicats, però quan el nombre de satèl·lits creix, la dificultat augmenta de manera exponencial. És per això que els

⁶³ Per a més informació sobre les bandes de freqüència, consulteu l'annex I.1.6.

centres d'operacions fan servir diversos sistemes de gestió de missió per tal d'automatitzar gran part d'aquesta feina.

Un dels sistemes més utilitzats per a aquesta finalitat és el SCOS-2000 de l'ESA⁶⁴, que permet el control de forma genèrica de totes les seves missions espacials, així com la configuració de paràmetres específics per a cadascuna d'elles. Mitjançant el SCOS-2000, es poden configurar accions a executar per a cada possible escenari (el satèl·lit ha aixecat una alerta, tot funciona correctament, no s'han capturat dades...), de manera que els operadors tenen més marge de maniobra a l'hora de prendre decisions durant la curta durada d'una passada del satèl·lit per sobre la seva estació terrestre.

Les empreses que disposen de constel·lacions de satèl·lits com Planet,⁶⁵ amb 387 satèl·lits llançats, han d'automatitzar encara més aquestes operacions, amb programari especialitzat que permeti programar finestres de captura de dades, actualitzacions de programari en òrbita i la descàrrega d'imatges (en el cas de Planet, això representa 45 estacions de terra diferents amb un equip inferior a les 10 persones). D'altra banda, existeixen projectes com el SatNOGS,⁶⁶ l'objectiu dels quals és crear una xarxa d'estacions terrestres de codi obert controlables a través d'internet, i on tothom pot fer la seva aportació per tal que sigui afegida a la comunitat.

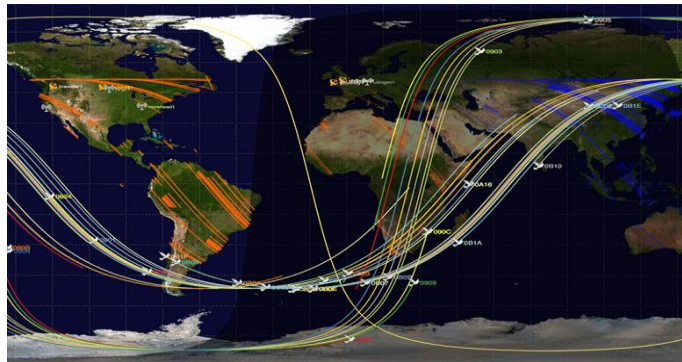


Figura I.5 Programari de gestió de Planet.

Autonomia en arquitectures de constel·lació

Amb l'increment del nombre de satèl·lits llançats, així com de les constel·lacions creades, es fa evident la necessitat de mecanismes d'interacció intel·ligent entre els satèl·lits. Recentment, aquestes interaccions han estat causa de debat quan un satèl·lit part de la constel·lació StarLink d' SpaceX es va trobar en curs de col·lisió cap a un satèl·lit de l'ESA (Aeolus).⁶⁷ En aquesta situació, l' SpaceX va decidir no fer cap maniobra per minimitzar la possibilitat de col·lisió, de manera que l'ESA es va veure obligada a augmentar l'altitud del seu satèl·lit per evitar-ho. Avui en dia, aquest procés per evitar col·lisions es fa de forma manual, cosa que amb l'augment del nombre de satèl·lits orbitant es tornarà inviable. És per això que s'estan

⁶⁴ <https://www.esa.int/Enabling_Support/Operations/gse/SCOS-2000>

⁶⁵ <<https://www.planet.com/>>

⁶⁶ <<https://satnogs.org/>>

⁶⁷ <https://www.esa.int/Safety_Security/ESA_spacecraft_dodges_large_constellation>

investigant sistemes autònoms de gestió de satèl·lits, que no només serviran per evitar col·lisions, sinó també per establir enllaços entre satèl·lits automàticament.

Taula I.16 . Resum del segment de terra

Element	Característiques
Bases de llançament	<ul style="list-style-type: none"> • Són les encarregades de posar els satèl·lits en òrbita. • Gran dependència del seu posicionament. • Llançament mitjançant coets o avions.
Estacions terrestres	<ul style="list-style-type: none"> • Recepció i transmissió de senyals de control i de dades científiques. • Són necessàries múltiples antenes per treballar en diverses bandes. • El disseny i la usabilitat/explotació de la missió a l'espai poden requerir múltiples localitzacions.
Centres de control	<ul style="list-style-type: none"> • Control de la missió. • Automatització de les tasques comunes per poder controlar múltiples satèl·lits. • Gestió de flotes de satèl·lits de forma manual o automatitzada. • Interconnexió amb els centres encarregats del processament de les dades.

I.5. Sistemes de disseny per a missions espacials

Les fases d'una missió espacial requereixen uns estudis previs de definició, anàlisi, disseny i, finalment, de desenvolupament dels diferents segments del programa a l'espai, que pot cobrir des de mesos, en el cas dels microsatèl·lits, fins a desenes d'anys. En el cas de missions que, per la seva complexitat tècnica i especificacions (especialment per evitar riscos de fallida), així ho requereixin, sota la gestió de les agències espacials. La fase d'estudis previs, anàlisi i disseny comprèn tots els components, tant del segment Terra com del segment espai i, en particular, els diferents subsistemes implicats (dinàmica orbital, navegació, potència, càrrega útil, comunicacions...), que en determinaran, entre d'altres, la vida útil del satèl·lit i el cicle de vida (o percentatge de dedicació del segment espai al propòsit de la utilitat per la qual ha estat dissenyat). Ambdós paràmetres són clau per conèixer la capacitat d'explotació.

La taula següent presenta totes les fases i objectius d'una missió a l'espai tipus.

Taula I.17 Fases del desenvolupament de missions segons el model-V

Fases de la missió	Descripció
Fase 0 - Definició i anàlisi de la missió	En aquesta fase, es defineixen els objectius de la missió i es realitzen diverses anàlisis per avaluar-ne els beneficis.

Fase 1 - Estudi de la viabilitat de la missió	Un cop assolida la fase 0, es realitza un estudi de viabilitat per veure si la missió es pot dur a terme segons el cost i les necessitats tècniques.
Fase 2 - Disseny preliminar dels sistemes	Un cop assolida la fase 1, es defineixen les funcions (o requeriments) que ha de complir el sistema per assolir la missió. Tot seguit es planteja un disseny preliminar del satèl·lit.
Fase 3 - Disseny detallat dels sistemes	Un cop assolida la fase 2, es fan diverses iteracions sobre el disseny del satèl·lit per definir-lo millor. Aquestes iteracions són normalment marcades per verificacions fetes amb prototips.
Fase 4 - Producció i qualificació del satèl·lit	Un cop assolida la fase 3, es comença a fabricar el satèl·lit i a integrar les diferents parts que el componen. Després es comprova que compleix les funcions requerides i que sobreviu a les condicions de l'espai i llançament. En acabar aquesta fase, el satèl·lit està preparat per ser llançat a l'espai.
Fase 5 - Operació i utilització del satèl·lit	Un cop és llançat el satèl·lit, es realitzen les diferents operacions i ús del satèl·lit per assolir els objectius de la missió.
Fase 6 - Retirada	Després d'assolir els diferents objectius de la missió, aquesta fase s'encarrega de retirar el satèl·lit de funcionament i de la zona que ocupa a l'espai. Normalment, aquest procés consisteix en la desintegració dels satèl·lits (sobretot d'òrbita LEO) dins de l'atmosfera, per reduir, així, la brossa espacial.

Per dissenyar la missió des del punt de vista del satèl·lit, es fan servir complexos programaris que poden predir l'òrbita que seguirà a molts anys vista. En el cas de missions de CubeSats en òrbita baixa (400-500 km), aquestes simulacions indiquen que les missions poden durar uns 3-4 anys a causa de la fricció amb l'atmosfera, depenent de l'altura i direcció de desplegament. A l'hora de dissenyar una missió, per tant, és molt important fer una simulació per tal d'assegurar que l'objectiu es pot aconseguir seguint una trajectòria en concret i en un interval de temps determinat. Alguns dels programaris que es fan servir actualment inclouen STK⁶⁸ i GMAT.⁶⁹ En el disseny de la càrrega útil intervenen altres factors com l'energia de què disposa el satèl·lit, la que consumeixen les càrregues, les zones d'interès, etc. Fent servir programaris especialitzats com STK o BeeApp,⁷⁰ és possible introduir les característiques de les càrregues útils per tal d'obtenir perfils d'execució sobre les àrees d'interès, i mantenir així el consum controlat.

⁶⁸ <<https://www.agi.com/>>

⁶⁹ <https://en.wikipedia.org/wiki/General_Mission_Analysis_Tool>

⁷⁰ <<https://www.open-cosmos.com/development-tools-1>>

I.6. Alternatives als satèl·lits en òrbites LEO

Un dels avantatges que tenen els satèl·lits és la possibilitat d'adreçar aplicacions de cobertura a tota la Terra i de poder tenir una visió terrestre ben estesa (sinòptica i repetitiva). Aquestes prestacions són donades directament per l'altura en què es troben i les òptiques i/o diagrames d'antena embarcats. No obstant això, aquesta mateixa altura pot suposar un problema quan es requereixen serveis més específics, com és el cas d'usos d'observacions de la Terra que precisen d'una molt alta resolució espacial o comunicacions amb temps de latència molt baixos (en temps real). Per poder satisfer aquestes necessitats, han començat a proliferar sistemes alternatius en la comunitat.

Els drons no tripulats de gran alçada o pseudosatèl·lits, coneguts com a satèl·lits estratosfèrics o *high altitude platforms* (HAP), poden ser utilitzats per proporcionar observacions de la terra de manera continuada i en temps real o per oferir una connectivitat de banda ampla fixa per a elements terrestres. En concret, aquestes plataformes esdevenen petits avions autònoms que són capaços de volar (a voluntat) per diferents zones terrestres, situades entre 20 km i 50 km de la Terra. Gràcies a aquesta reducció de la distància (respecte dels satèl·lits en òrbita LEO, que habitualment estan entre els 450 i els 900 km d'altura), aquests sistemes poden satisfer millor les necessitats específiques per aconseguir els serveis indicats prèviament. Amb la integració de la 5G dins del món aeroespacial, sembla que les plataformes HAP poden oferir serveis específics per a les aplicacions més exigents respecte del temps de latència. És el cas de l'empresa HAPS Mobile,⁷¹ que vol oferir connectivitat 5G mitjançant aquestes plataformes. El ràpid desplegament d'aquestes plataformes les fa ideals per oferir connectivitat en àrees remotes (p. ex. zones muntanyoses, costaneres i desèrtiques) o per recuperar les comunicacions després de desastres de tot tipus. S'espera que les designacions de freqüència global i regional per a aquests dispositius, discutides al Congrés Mundial de Radiocomunicacions,⁷² facilitaran el desenvolupament de serveis HAP i permetran que els assajos avancin cap a desplegaments comercials. Els HAP contribueixen, en particular, a l'objectiu de desenvolupament sostenible 9 de l'Organització Mundial de la Salut (OMS) relacionat amb la indústria, la innovació i les infraestructures, en permetre una major connectivitat de banda ampla i serveis de telecomunicacions, especialment en comunitats, zones rurals i remotes que no tenen accés a xarxes de banda ampla. Tot i aquestes prestacions, l'operativitat d'aquestes plataformes està encara en fase d'investigació experimental.

Altres propostes se centren en els vehicles aeris no tripulats o *unmanned aerial vehicle* (UAV), també coneguts com a drons de baixa alçada. Aquestes plataformes ofereixen menys cobertura, però són més versàtils a l'hora d'orientar la seva actuació. Aquestes prestacions les fan ideals per respondre a esdeveniments urgents, com ara catàstrofes naturals, o per monitorar zones a voluntat. És el cas de les empreses Balamis⁷³ i DARES,⁷⁴ que utilitzen drons per fer mesures d'humitat del terreny i d'altres paràmetres.

⁷¹ <<https://www.hapsmobile.com/en>>

⁷² <<https://www.itu.int/en/events/Pages/conferences.aspx>>

⁷³ <<https://www.balamis.com/>>

⁷⁴ <<http://dares.tech/>>

Amb la intenció de reduir la distància respecte a la superfície de la Terra, en els darrers anys s'han presentat diverses iniciatives que fan servir globus estratosfèrics. Aquestes plataformes, com els HAP, permeten aconseguir altures superiors als 20 km, suficients com per realitzar observació d'alta resolució espacial. És el cas de l'empresa Near Space Labs,⁷⁵ que ofereix imatges terrestres utilitzant aquest tipus de plataformes. A Catalunya, cal destacar la presència de l'empresa Zero2Infinity,⁷⁶ líder mundial en globus estratosfèrics. A diferència dels HAP, les trajectòries dels globus no poden ser controlades a voluntat, ja que depenen dels vents a cada alçada de l'atmosfera, ni tampoc tenen durades llargues de vol. No obstant això, esdevenen plataformes de molt baix cost i fàcils de llançar sense la necessitat de tenir instal·lacions específiques.

La taula següent engloba les diferents prestacions de cadascuna de les tecnologies precedents.

Taula I.18 Resum de les característiques de les alternatives als satèl·lits

Tecnologia	Característiques
Satèl·lits estratosfèrics o <i>high altitude platform</i> (HAP)	<ul style="list-style-type: none"> • Gran autonomia • Gran cobertura, gràcies a la gran altura • Baix temps de latència en comunicacions • Alta resolució espacial • Alt cost de producció • Tecnologia en desenvolupament
Vehicles aeris no tripulats o <i>unmanned aerial vehicle</i> (UAV)	<ul style="list-style-type: none"> • Depenen d'un pilot humà • Poca cobertura, però es poden decidir les zones de treball • Baix temps de latència en comunicacions • Alta resolució espacial • Baix cost de producció • Tecnologia utilitzada en pocs casos
Globus estratosfèrics	<ul style="list-style-type: none"> • Duració de vols limitada • Sense control de la zona d'operació • Gran cobertura, gràcies a la gran altura • Baix temps de latència en comunicacions • Alta resolució espacial • Baix cost de producció • Tecnologia utilitzada a moltes missions

⁷⁵ <<https://www.nearspacelabs.com/>>

⁷⁶ <<http://www.zero2infinity.space/>>

Annex II. Capacitats formatives i centres de coneixement

II.1. Capacitat formativa orientada al NewSpace

Catalunya té un ampli ventall de formació universitària relacionada amb l'espai, des de les àrees d'Informació i Comunicació fins a l'àrea d'Aviació (Enginyeria Aeronàutica). D'acord amb l'estudi d'inserció laboral de la població titulada de les universitats catalanes, Universitat i treball a Catalunya 2014, en el període 2008-2014, en plena crisi econòmica, hi van haver un grup de titulacions que no van perdre ocupació: Economia i ADE, Informació i Comunicació, Arquitectura, Física i Matemàtiques, i finalment, un grup que n'ha guanyat: Nàutica, Aviació, Farmàcia i Ciència i Tecnologia dels Aliments. Ara mateix, a les titulacions corresponents a l'àrea TIC hi ha pràcticament plena ocupació (> 92%). Tot i així, l'enginyeria aeronàutica encara té camí per recórrer (ocupació > 84%) i, malgrat haver guanyat ocupació, molts graduats a les universitats catalanes marxen a treballar a l'estranger. Es constata, doncs, que les noves empreses del sector NewSpace poden representar una oportunitat per retenir talent i per promoure la incorporació de professionals d'altres titulacions i sectors amb la formació addicional que es requereixi. Es desconeix l'existència d'aquests cursos dintre del sistema universitari català, però caldrà tenir-ho en compte. Actualment, la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) és la que més professionals relacionats amb el sector espacial forma a través de diferents escoles universitàries i la que té més activitat docent i de recerca en el sector. La Taula II.1 resumeix les capacitats formatives a les universitats catalanes relacionades amb les tecnologies utilitzades al NewSpace.

Taula II.1 Capacitats formatives relacionades amb les tecnologies utilitzades al NewSpace

Universitat/ Escola-Facultat	Àrea de coneixement (només se citen aquelles que poden tenir aplicació en el sector)
UPC/ESEIAAT https://eseiaat.upc.edu/ca	<ul style="list-style-type: none"> • Grau en Enginyeria en Tecnologies Aeroespacials • Grau en Enginyeria en Vehicles Aeroespacials • Màster en Enginyeria Aeronàutica i de l'Espai (en anglès)
UPC/EETAC https://eetac.upc.edu/ca	<ul style="list-style-type: none"> • Grau en Enginyeria de Sistemes Aeroespacials • Doble titulació en Enginyeria de Sistemes Aeroespacials i Enginyeria de Sistemes de Telecomunicació o Enginyeria Telemàtica • Màster en Ciència i Tecnologia de l'Espai (MAST, en anglès) • Màster Universitari en Aplicacions i Tecnologies dels Vehicles Aeris no Tripulats (en anglès)
UPC/ETSETB https://telecos.upc.edu/ca https://nanosatlab.upc.edu	<ul style="list-style-type: none"> • Grau en Enginyeria de Tecnologies i Serveis de Telecomunicació, amb mencions: Sistemes Audiovisuais, Sistemes de Telecomunicació (assignatures específiques de Nanosatèl·lits), Sistemes Telemàtics o Sistemes Electrònics • Grau en Enginyeria Electrònica de Telecomunicació • Màster en Enginyeria de Telecomunicacions (en anglès) • Màster en Tecnologies de Comunicacions Avançades (en anglès) • Màster en Enginyeria Electrònica (en anglès)

Universitat/ Escola-Facultat	Àrea de coneixement (només se citen aquelles que poden tenir aplicació en el sector)
UPC/ETSEIB https://etseib.upc.edu/ca	<ul style="list-style-type: none"> • Dobles titulacions des del Màster Universitari en Enginyeria Industrial: amb el Politecnico di Milano (IT), el Politecnico di Torino (IT), l'ISAE-Supaero (FR), l'Illinois Institute of Technology - IIT (US) o la Cranfield University (UK)
UPC/EPSEB	<ul style="list-style-type: none"> • Grau en Enginyeria en Geoinformació i Geomàtica • Màster en Sistemes d'Informació Geogràfica (TECH TALENT)
UB/Facultat de Física http://www.ub.edu/fisica	<ul style="list-style-type: none"> • Grau en Enginyeria Electrònica de Telecomunicació (EET) • Màster Universitari en Astrofísica, Física de Partícules i Cosmologia • Grau de Física
UAB/Ciències https://www.uab.cat/ciencies	<ul style="list-style-type: none"> • Grau en Física • Grau en Matemàtica Computacional i Analítica de Dades • Màster en Fotònica • Màster en Teledetecció i Sistemes d'Informació Geogràfica
UAB/EE https://www.uab.cat/enginyeria/	<ul style="list-style-type: none"> • Grau en Enginyeria de Sistemes de Telecomunicació • Grau en Enginyeria Electrònica de Telecomunicació • Grau d'Enginyeria Informàtica • Dobles titulacions d'Informàtica i Telecomunicacions • Grau en Gestió Aeronàutica • Grau en Gestió de Ciutats Intel·ligents i Sostenibles • Màster en Enginyeria de Telecomunicació • Màster en Seguretat de les TIC i de les Comunicacions • Grau en Enginyeria de Dades

A més a més de la formació regular de graus i màsters de les universitats, de manera esporàdica desenvolupen esdeveniments formatius i de divulgació en el sector del NewSpace. És el cas de la Universitat de Barcelona, dins el marc de l'Institut de Ciències del Cosmos i la col·laboració de l'IEEC, que desenvolupa una escola d'estiu (Technoweek) sobre nanosatèl·lits, amb periodicitat bianual. L'escola ha tingut professors de gran prestigi dins el camp del NewSpace (com el Dr. Puig-Suari, el Dr. Aguado o el Sr. Rotteveel), i ha estat la llavor d'algunes col·laboracions importants en aquest àmbit. La UPC NanoSat Lab ha estat hoste de l'IEEE Young Professionals in Space,⁷⁷ una formació internacional en l'àmbit del desenvolupament de CubeSats. A més, aquest laboratori també ha treballat en la formació en línia mitjançant petits vídeos formatius.⁷⁸

⁷⁷ <https://entrepreneurship.ieee.org/2018_09_05_young-professionals-in-space/>

⁷⁸ Capítol 6 i 7 del canal <<https://www.youtube.com/user/agolkar>>

II.2. Capacitats formatives de les universitats catalanes en tecnologia

Altres universitats catalanes reuneixen diferents capacitats formatives que es poden relacionar indirectament amb el NewSpace, ja que cobreixen diferents tecnologies aplicables als satèl·lits. La llista completa d'aquestes universitats es pot trobar a la taula següent.

Taula II.2. Capacitats formatives relacionades amb les tecnologies digitals avançades

Universitat/ Escola-Facultat	Àrea de coneixement (només es citen aquelles que poden tenir aplicació al sector)
UPC/ESEIAAT	<ul style="list-style-type: none"> • Grau en Enginyeria en Tecnologies Aeroespacials • Grau en Enginyeria en Vehicles Aeroespacials • Grau en Enginyeria Elèctrica • Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica • Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials • Màster Universitari en Enginyeria Aeronàutica • Màster Universitari en Enginyeria Aeronàutica i de l'Espai (en anglès) • Màster en Enginyeria de Sistemes Automàtics i Electrònica Industrial
UPC/EETAC	<ul style="list-style-type: none"> • Grau en Enginyeria de Sistemes Aeroespacials • Grau en Enginyeria Telemàtica • Doble titulació Enginyeria de Sistemes Aeroespacials i Enginyeria de Sistemes de Telecomunicació o Enginyeria Telemàtica • Màster en Ciència i Tecnologia de l'Espai (MAST, en anglès) • Màster Universitari en Aplicacions i Tecnologies dels Vehicles Aeris no Tripulats (en anglès) • Màster Universitari en Aplicacions i Gestió de l'Enginyeria de Telecomunicació (MASTEAM, en anglès)
UPC/ETSETB	<ul style="list-style-type: none"> • Grau en Enginyeria de Tecnologies i Serveis de Telecomunicació, amb mencions: Sistemes Audiovisuals, Sistemes de Telecomunicació (assignatures específiques de Nanosatèl·lits), Sistemes Telemàtics o Sistemes Electrònics • Grau en Enginyeria Electrònica de Telecomunicació • Màster en Enginyeria de Telecomunicacions (en anglès) • Màster en Tecnologies de Comunicacions Avançades (en anglès) • Màster en Enginyeria Electrònica (en anglès) • Màster en Visió per Computador • Màster en Fotònica • Màster en Internet de les Coses (TECH TALENT)
UPC/ETSEIB	<ul style="list-style-type: none"> • Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials • Màster Universitari en Enginyeria Industrial (MUEI) • Màster Universitari en Automàtica i Robòtica (MUAR) • Dobles titulacions des del màster Màster Universitari en Enginyeria Industrial: amb el Politecnico di Milano (IT), el Politecnico di Torino (IT), l'ISAE-Supaero (FR), l'Illinois Institute of Technology - IIT (US) o la Cranfield University (UK)

Universitat/ Escola-Facultat	Àrea de coneixement (només es citen aquelles que poden tenir aplicació al sector)
	<ul style="list-style-type: none"> • Màster en Indústria 4.0 (TECH TALENT)
UPC/EPSEB	<ul style="list-style-type: none"> • Grau en Enginyeria en Geoinformació i Geomàtica • Màster en Sistemes d'Informació Geogràfica (TECH TALENT)
UPC/FIB	<ul style="list-style-type: none"> • Grau en Enginyeria Informàtica, amb mencions: Computació, Enginyeria de Computadors, Enginyeria del Software, Sistemes d'Informació o Tecnologies de la Informació • Grau en Ciència i Enginyeria de Dades • Màster en Ciberseguretat • Màster en Gestió i Analítica de Dades (en anglès) • Màster Universitari en Enginyeria Informàtica • Màster Universitari en Intel·ligència Artificial • Màster en Recerca i Innovació en Informàtica
UPC/EPSEM UPC/EEBE UPC/EPSEVG	<ul style="list-style-type: none"> • Grau d'Enginyeria de Sistemes TIC • Grau en Enginyeria de Materials • Grau en Enginyeria Elèctrica • Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica • Grau en Enginyeria Informàtica • Màster Universitari en Ciència y Tecnologia Avançada de Materials • Màster en Enginyeria de Sistemes Automàtics i Electrònica Industrial
UB/Facultat de Física	<ul style="list-style-type: none"> • Grau en Enginyeria Electrònica de Telecomunicació (EET) • Grau de Física • Doble titulació en Física i Matemàtiques • Màster Universitari en Astrofísica, Física de partícules i Cosmologia • Màster Universitari en Nanociència i Nanotecnologia • Màster en Fotònica
UB/Facultat Química	<ul style="list-style-type: none"> • Grau d'Enginyeria de Materials
UB/Facultat de Matemàtiques	<ul style="list-style-type: none"> • Grau d'Enginyeria Informàtica • Grau de Matemàtiques • Doble titulació en Matemàtiques i Informàtica • Màster en Fonaments de la Ciència de Dades • Màster en Big Data Solucions (IL3) • Màster en Seguretat Informàtica (IL3)

Universitat/ Escola-Facultat	Àrea de coneixement (només es citen aquelles que poden tenir aplicació al sector)
UAB	<ul style="list-style-type: none"> • Grau en Enginyeria de Dades • Grau en Enginyeria de Sistemes de Telecomunicació • Grau en Enginyeria Electrònica de Telecomunicació • Grau en Enginyeria Informàtica • Grau en Enginyeria Mecànica • Grau en Gestió Aeronàutica • Grau en Gestió de Ciutats Intel·ligents i Sostenibles • Grau en Nanociència i Nanotecnologia • Grau en Matemàtica Computacional i Anàlisi de Dades • Doble titulació en Física i Matemàtiques • Doble titulació en Informàtica + Sistemes de Telecomunicació • Doble titulació en Informàtica + Electrònica de Telecomunicació • Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica • Màster en Enginyeria de Telecomunicació • Màster en Seguretat de les TIC i de les Comunicacions • Màster en Visió per Computador • Màster Universitari en Gestió Aeronàutica • Màster en Nanociència i Nanotecnologia Avançades • Màster en Teledetecció i Sistemes d'Informació Geogràfica • Màster en Geoinformació • Màster en Ciència de les Dades
URV	<ul style="list-style-type: none"> • Grau d'Enginyeria de Sistemes i Serveis de Telecomunicacions • Grau d'Enginyeria Elèctrica • Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica • Grau d'Enginyeria Informàtica • Grau d'Enginyeria Mecànica • Màster Universitari en Enginyeria Computacional i Matemàtica • Màster Universitari en Enginyeria Industrial • Màster Universitari en Enginyeria de la Seguretat Informàtica i Intel·ligència Artificial • Màster Interuniversitari en Intel·ligència Artificial • Màster Interuniversitari en Seguretat de les TIC • Màster en Gestió de la Robòtica a l'Empresa
UdG	<ul style="list-style-type: none"> • Grau en Enginyeria Elèctrica • Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica • Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials • Grau en Enginyeria Informàtica • Màster en Enginyeria Industrial • Màster en Mecànica de Materials i Estructures (MMS, en anglès) • Màster Industrial d'Internet de les Coses

Universitat/ Escola-Facultat	Àrea de coneixement (només es citen aquelles que poden tenir aplicació al sector)
UdLl	<ul style="list-style-type: none"> • Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica • Grau en Enginyeria Informàtica • Grau en Enginyeria Mecànica • Grau en Tècniques d'Interacció Digital i de Computació • Màster Universitari en Enginyeria Informàtica
UPF	<ul style="list-style-type: none"> • Grau en Enginyeria de Sistemes Audiovisuals • Grau en Enginyeria de Xarxes de Telecomunicació • Grau en Enginyeria en Informàtica • Grau en Enginyeria Industrial Electrònica i Automàtica • Grau en Enginyeria Matemàtica en Gestió de Dades • Màster en Sistemes Cognitius i Media Interactius • Màster en Sistemes Intel·ligents Interactius • Màster en Visió per Computador
UVic	<ul style="list-style-type: none"> • Grau en Enginyeria Mecatrònica • Màster en Robòtica i Sistemes Intel·ligents
UOC	<ul style="list-style-type: none"> • Grau en Enginyeria Informàtica • Grau en Enginyeria de Tecnologies i Serveis de Telecomunicació • Grau en Ciència de Dades • Màster Universitari en Ciberseguretat i Privacitat • Màster Universitari en Ciència de Dades • Màster Universitari en Enginyeria Computacional i Matemàtica • Màster Universitari en Enginyeria Informàtica • Màster Universitari en Enginyeria de Telecomunicació • Màster Universitari en Visió per Computador • Màster en Indústria 4.0
URL/La Salle	<ul style="list-style-type: none"> • Grau en Enginyeria de Sistemes de Telecomunicació • Grau en Enginyeria Informàtica • Grau en Enginyeria Electrònica de Telecomunicació • Grau en Enginyeria Telemàtica • Màster Universitari en Ciència de les Dades • Màster Universitari en Gestió de les Tecnologies de la Informació i de la Comunicació • Màster Universitari en Big Data • Màster Universitari en Enginyeria de Telecomunicacions • Màster en Automàtica, Domòtica i Robòtica • Màster en Ciberseguretat • Màster per a Tecnologies en Smart Cities i Smart Grids

II.3. Centres i grups d'investigació amb experiències en el NewSpace

Diferents centres d'investigació han participat en múltiples projectes relacionats amb els satèl·lits. En tots aquestes centres, algunes experiències s'han focalitzat en el

desenvolupament de tecnologies per al NewSpace, fent èmfasi en les plataformes CubeSat. Aquesta secció presenta una visió global d'aquests centres i els seus projectes relacionats amb el NewSpace.

II.3.1. La Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

La UPC⁷⁹ és la institució pública catalana de recerca i d'educació superior, líder a escala internacional en l'àmbit de les TIC, que més impacte ha tingut en el sector NewSpace a Catalunya. Entre les capacitats disponibles a la UPC en el sector del NewSpace trobem:

NanoSat Lab

La **UPC NanoSat Lab**,⁸⁰ part del Centre Específic de Recerca CommSensLab-UPC, és pioner en aquest camp. El seu objectiu és doble: la formació d'estudiants i l'execució de projectes de recerca basats en tesis doctorals. Les activitats de la **UPC NanoSat Lab** van començar el 2007 sota el lideratge del professor Adriano Camps, moment en què es van iniciar els primers projectes en aquest camp i que van donar lloc al que s'anomenaran després les missions de la família ³Cat. Aquesta família de CubeSats està composta per 6 missions CubeSat.

- **³Cat-1** ("cube-cat-one") va ser el primer satèl·lit desenvolupat a Catalunya i es va destinar a explorar la capacitat de l'estàndard CubeSat fins a integrar set càrregues útils diferents dins d'1U. Els objectius d'aquesta missió van ser educatius, de demostració tecnològica i de realització de petits experiments científics. Després de tres intents frustrats de llançament, finalment, el ³Cat-1 va ser llançat amb un PLSV el 28 de novembre de 2018.
- **³Cat-2** ("cube-cat-two") va ser el segon satèl·lit (6U) desenvolupat a Catalunya i tenia com a càrrega útil principal un nou reflectòmetre de senyals GNSS (GNSS-R) dissenyat i fabricat al laboratori de teledetecció de la UPC. També va integrar un sensor per a la determinació de l'apuntament i el magnetòmetre dissenyat i fabricat a l'IEEC per a la futura missió LISA de l'ESA. El ³Cat-2 va ser llançat amb un LMD-2 el 15 d'agost de 2016.
- **³Cat-3** ("cube-cat-three") va ser un estudi realitzat per a l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC) destinat a analitzar la viabilitat d'una missió de petit satèl·lit (6U) amb un reflectòmetre GNSS-R i una càmera multiespectral. Malauradament, tot i que el seu desenvolupament estava previst al Pla estratègic de l'ICGC, per raons pressupostàries no es va poder dur a terme.
- **³Cat-4** ("cube-cat-four"), el qual té com a objectiu demostrar les capacitats dels nanosatèl·lits, en particular dels basats en l'estàndard CubeSat d'1U, per a l'observació de la Terra mitjançant la reflectometria GNSS i la radiometria de microones en banda L, així com per als serveis d'identificació automàtica de vaixells (AIS). Va ser seleccionat pel programa de l'ESA Academy Fly your Satellite i serà llançat durant el primer trimestre del 2021.
- **³Cat-5/A i /B** constitueixen la missió **FSSCat**, guanyadora del 2017 ESA Small Satellite

⁷⁹ <<https://www.upc.edu/ca>>

⁸⁰ <<https://nanosatlab.upc.edu/en>>

Challenge S³ i de la Copernicus Masters Competition. FSSCat és un concepte innovador format per dos CubeSats federats de 6 unitats, per donar suport als serveis de Copernicus Terra i Medi Marí. Porten una càrrega útil de microones de doble ús i una càrrega útil òptica hiperespectral, millorada amb ϕ -Sat-1, i un mòdul d'intel·ligència artificial. També inclou un demostrador tecnològic d'un enllaç òptic intersatel·litari (OISL) i una prova de concepte d'un sistema de satèl·lit federat (FSS). La missió FSSCat de l'ESA va realitzar el seu llançament el 3 de setembre de 2020 amb èxit.

- Les futures missions del laboratori (**³Cat-6 i ³Cat-7**) inclouen dues càrregues útils: la primera, guanyadora del IEEE/GRSS 2nd Student Grand Challenge, per un CubeSat de 3U per a l'observació a la Terra (càmera hiperespectral i radiòmetre de microones en banda L i mòdul LoRa), i la segona, una càrrega útil de GNSS-R en banda L5/E5 per monitorar el centelleig ionosfèric fent servir un CubeSat de 6U.

A més de les missions CubeSat pròpiament dites, s'han dut a terme d'altres projectes:

- El projecte Android Beyond the Stratosphere (ABS) que tenia com a objectiu proporcionar un accés públic a l'espai, mitjançant la creació d'una constel·lació de nanosatèl·lits basats en Android.
- El projecte H2020 "Operational Network of Individual Observation Nodes"⁸¹ (ONION) per estudiar com hauria de ser l'evolució del programa Copernicus de l'ESA.⁸²
- També el laboratori ha realitzat el primer estudi de viabilitat per a l'empresa Aistech, i s'han dut a terme campanyes de qualificació per a diverses empreses, com ara la mateixa Aistech,⁸³ Golbriak Space,⁸⁴ Fossa Systems⁸⁵ i Nanoavionics.⁸⁶

La UPC NanoSat Lab, com a part del Departament de Teoria del Senyal i Comunicacions, és el punt focal de nombrosos estudiants (més de 150) dins de les assignatures de Projecte Avançat d'Enginyeria de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicacions de Barcelona (ETSETB), de projectes de final de grau i final de màster (més de 25) i de doctorat (més de sis) de l'ETSTEB, però també d'altres escoles de la UPC, com l'Escola d'Enginyeria de Telecomunicació i Aeroespacial de Castelldefels (EETAC), l'Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa (ESEIAAT), l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona (ETSEIB) o la Facultat d'Informàtica de Barcelona (FIB). Recentment, s'ha iniciat una col·laboració entre l'ETSETB i l'ESEIAAT per a la creació d'una assignatura de màster de manera compartida al NanoSat Lab. La participació d'alguns professors dels departaments de Teoria del Senyal i Comunicacions, Enginyeria Electrònica, Enginyeria Telemàtica i Física demostra i reforça el caràcter transversal i multidisciplinari de les activitats que es duen a terme.

A més de la UPC NanoSat Lab, existeixen **diferents grups de recerca a la UPC** amb activitats relacionades amb l'espai, com són:

⁸¹ <<http://www.onion-h2020.eu/>>

⁸² <<https://www.youtube.com/watch?v=LF7alaLTSyc>>

⁸³ <<http://aistechspace.com/>>

⁸⁴ <<https://www.golbriak.space/>>

⁸⁵ <<https://fossa.systems/>>

⁸⁶ <<https://nanoavionics.com/>>

El Departament de Teoria del Senyal i Comunicacions

- **Centre Específic de Recerca CommSensLab-UPC:** reconegut com a Unitat d'Excel·lència Maria de Maetzu des de l'any 2016, entre altres grups, trobem el Grup d'Antenes i Sistemes de Ràdio (AntennaLab), que són experts en el disseny, fabricació i mesura d'antenes per a sistemes de comunicacions i d'observació de la Terra, i que actualment participen en un projecte per desenvolupar, per encàrrec de l'ESA, el primer reflector desplegable en banda Ka per a CubeSats.⁸⁷ També trobem el Grup de Sistemes, Dispositius i Materials de Radiofreqüència (RF) i Microones (RF&MW), que són experts en el disseny de circuits i sistemes d'RF i microones per a sistemes de comunicacions i d'observació de la Terra.⁸⁸ Finalment, el Grup de Recerca en Teledetecció (Remote Sensing Lab), que són experts en teledetecció activa de microones, teledetecció passiva de microones (disseny d'instruments i tractament de dades per a la missió SMOS de l'ESA, sensors GNSS-R, etc.) i teledetecció òptica activa (disseny d'instruments i tractament de senyals LIDAR).⁸⁹
- **Grup de Processament de Senyal i Comunicacions:** experts en comunicacions personals i mòbils, processament terrestre i a bord de satèl·lits per a comunicacions digitals, sistemes de navegació, i sistemes de processament del senyal, tant pel que fa al maquinari com al programari.⁹⁰ En particular, entre els molts projectes desenvolupats, cal destacar: SKYPLEX, primer processador multimèdia a l'espai, precursor d'una generació de càrregues útils regeneratives, i el desenvolupament dels tres processadors digitals integrats a la banda S que connecten l'ATV (vehicle de transferència automàtica) i l'Estació Espacial Internacional (ISS).

El Departament d'Enginyeria Electrònica

- **Grup de Micro i Nanotecnologies (MNT):** experts en el disseny de sensors, cèl·lules solars i dispositius a escala micro i nanomètrica. El grup participa en el disseny dels sensors de vent dels instruments REMS, TWINS i MEDA que pertanyen a les missions NASA Mars Science Laboratory, InSight i Mars2020, respectivament. A més, està implicat en la fabricació i el disseny del sensor d'actitud SENSOSUN, inclòs a diversos satèl·lits. El grup ha participat en la fabricació de les cèl·lules solars del NANOSAT-1B. El MNT disposa d'una sala blanca classe 100 i, entre altres equipaments, forns d'oxidació i difusió, polvorització catòdica, *reactive ion etching* (RIE), *atomic layer deposition* (ALD), evaporador amb feix d'electrons, litografia i accés a equips de caracterització física XPS, AFM-STM, SEM, TEM, FIB, FTIR i elèctrica: màquina de puntes, analitzador de paràmetres semiconductors, analitzadors d'impedàncies, etc.
- **Grup d'Instrumentació Electrònica i Biomèdica:** té experiència en el disseny d'instrumentació de mesura de variables físiques i elèctriques de molt baix soroll i ha participat en el disseny dels subsistemes de mesura de la missió LisaPathfinder en col·laboració amb altres grups de recerca de l'IEEC. Actualment, està participant en la

⁸⁷ <<https://www.tsc.upc.edu/en/research/research-groups/antennalab>>

⁸⁸ <<https://microfir.upc.edu/en>>

⁸⁹ <<https://www.tsc.upc.edu/en/research/research-groups/rslab>>

⁹⁰ <<https://spcom.upc.edu/en/projects>>

missió LISA. El grup disposa de laboratoris d'electrònica per a tests i validació d'equips de mesura.

- **Grup de Radiofreqüència i Compatibilitat Electromagnètica en Xarxes de Comunicacions (RFEMC):** posa a l'abast de la indústria serveis d'assessorament i desenvolupament en recerca i innovació tecnològica en l'àrea d'EMC (compatibilitat electromagnètica) amb unes instal·lacions i equipaments adequats i un personal especialitzat per fer assajos de compatibilitat electromagnètica, entre d'altres, una cambra anecoica fins a 6 GHz, antenes calibrades per a camp proper i radiat, equips per a immunitat conduïda i radiada, etc.). El grup té molta experiència en el disseny de solucions EMC per al sector aeroespacial i ha participat en diversos projectes europeus en col·laboració amb empreses del sector (HIRF SE, NET-EMC). El GCEM forma part de xarxa TECNIO de la Generalitat de Catalunya.
- **Grup Distributed Sensor Networks (DISEN):** l'activitat del grup se centra en plataformes de computació i xarxes de sensors sense fils (IdC). Aquesta tecnologia permet monitorar espais físics, infraestructures, mercaderies, productes i persones i és capaç d'aprendre de l'entorn i prendre decisions. Els àmbits d'aplicació són les ciutats intel·ligents (sistemes d'energia, mobilitat, contaminació, etc.), els sistemes productius, els entorns esportius, la cura de la salut, els mètodes de valoració publicitària i les dades massives. Destaca el projecte de l'ESA "MTAILS - Mitigation Techniques for Addressing the Impact of Latency on Services over Satellite Networks (2017-2019)".

El Departament de Física

- **PLATON:** grup interdisciplinari dedicat al disseny d'una plataforma integrada de simulació de comunicacions òptiques per a satèl·lits petits. Formen part del projecte d'investigadors de la UPC dels departaments de Física (secció Aeroespacial), Enginyeria Electrònica i Enginyeria Telemàtica.
- **UPC Space Program:** projecte nascut d'estudiants de l'ESEIAAT (UPC) que treballen en un ampli rang de camps d'estudi relacionats amb el sector aeroespacial.⁹¹ En aquest context, el grup Near Earth Space Lab (NESLAB) porta més de 10 anys fent tests de sistemes espacials embarcats en sondes estratosfèriques.

El Departament d'Enginyeria Telemàtica

- **Grup de Xarxes sense Fils (WNG):** experts en el desenvolupament de recerca i transferència de tecnologia en diferents àmbits relacionats amb les comunicacions mòbils, xarxes *ad hoc*, xarxes heterogènies, xarxes mallades, etc. Participen activament en el disseny i l'avaluació de les capacitats de xarxes mallades mitjançant una aproximació multinivell (nivell físic, MAC, xarxa i aplicació) per identificar i implementar mecanismes *cross-layer*. En particular, fan èmfasi en l'optimització de protocols per a diferents aplicacions i en l'avaluació de sistemes de generació i utilització del context per optimitzar l'ús de les xarxes de telecomunicacions (IdC, LPWAN, *Cellular-IdC*, *wake-up radio*, 5G, xarxes satèl·lit...). Actualment, estan investigant sobre les

⁹¹ <<https://upcprogram.space/>>

comunicacions entre satèl·lits i l'encaminament de xarxes de satèl·lits.

- **Grup de Disseny i Avaluació de Xarxes i Serveis de Banda Ampla (BAMPLA):** línia de recerca experta en el disseny i modelatge de la gestió òptima de recursos en xarxes i serveis audiovisuals al voltant de la programació de serveis i aplicacions de xarxa d'internet per a la 5G. L'objectiu és proporcionar mecanismes dinàmics que adaptin, de manera òptima, les necessitats de l'usuari amb els recursos oferts pels proveïdors de xarxa i continguts en el marc d'internet, restringits a una minimització de consum energètic.

II.3.2. La Universitat de Barcelona (UB)

La UB⁹² és la principal universitat pública de Catalunya, tant en nombre d'estudiants com d'oferta formativa. Entre les capacitats de la UB en el sector del NewSpace trobem:

El Departament d'Enginyeria Electrònica i Biomèdica (EEB) - Grup de Recerca en Sistemes d'Instrumentació i Comunicacions (SIC):

Experts en el camp del disseny de sistemes electrònics per a la mesura, instrumentació i transmissió d'informació. La recerca desenvolupada pel grup combina temes com la tecnologia, la simulació i modelització de sistemes, les estructures, dispositius, circuits i sistemes i els algorismes de control i protocols de comunicació, amb l'objectiu general d'assolir les tasques predeterminades amb el mínim consum energètic i la màxima optimització. Tots aquests aspectes o línies són necessaris per afrontar de manera global el disseny, modelització, fabricació i test de micro i nanosistemes, en què s'integren sensors, actuadors i circuits integrats per al processament i control de la informació. El grup participa en la missió Solar Orbiter, en què ha estat responsable del maquinari i programari del sistema d'estabilització d'imatge.

El Departament de Física Quàntica i Astrofísica (FQA) - Grup d'Astronomia i Astrofísica (AA):

Aborda els diferents camps d'aquesta disciplina, des del sistema solar, l'estructura i evolució estel·lar, les galàxies i els seus agrupaments i la composició, la geometria i la dinàmica de l'univers. L'enfocament emprat és tant teòric com aplicat, atès que s'aborden aspectes eminentment tècnics, com la reconstrucció d'imatges o la transmissió i l'emmagatzematge de dades, que compaginen des de l'observació astronòmica i la modelització teòrica, com en el cas del medi interplanetari, el medi interestel·lar, els processos astrofísics d'altres energies, les supernoves, l'evolució química de les galàxies i els paràmetres cosmològics, fins a aspectes més teòrics, com ara els halos de matèria fosca o la nucleosíntesi primordial inhomogènia. El grup participa a la missió GAIA que està actualitzant el mapa de la Via Làctia.

L'Institut de Ciències del Cosmos (ICCUB)

L'Institut de Ciències del Cosmos de la Universitat de Barcelona (ICCUB) és un centre interdisciplinari dedicat a la investigació fonamental en els camps de la cosmologia, l'astrofísica i la física de partícules. A més, l'Institut té un programa tecnològic significatiu per

⁹² <<https://www.ub.edu/web/ub/ca/>>

la seva participació en col·laboracions internacionals en astronomia i física de partícules, observacional i experimental. L'Institut va ser creat el 2006 com l'instrument de la Universitat de Barcelona per al suport actiu de la investigació en astrofísica teòrica i física de partícules, amb especial atenció en la sinergia amb la cosmologia, per promoure la física experimental i el desenvolupament d'instruments. Els membres de la UB dedicats a activitats relacionades amb l'espai que són membres de l'IEEC, ho són a través de l'ICCUB. És per aquest motiu que els investigadors i enginyers que participen en les missions GAIA i SoLO són membres d'ambdues entitats.

El 2015, l'ICCUB va ser escollit com a centre d'excel·lència Maria de Maeztu. Els instituts seleccionats destaquen per l'impacte internacional de les seves aportacions científiques, pel seu poder innovador i per la seva forta relació amb l'entorn social i econòmic. Aquest reconeixement ha contribuït a reforçar encara més la producció científica de l'ICCUB.

II.3.3. L'Institut d'Estudis Espacials de Catalunya (IEEC)

L'Institut d'Estudis Espacials de Catalunya (IEEC) és un institut de recerca que estudia totes les àrees de les ciències i tecnologies espacials, incloses l'astrofísica, la cosmologia, la ciència planetària, l'observació de la Terra i l'enginyeria espacial. La seva missió és impulsar les fronteres de la recerca espacial des dels àmbits científic i tecnològic per al benefici final de la societat. Els objectius específics són:

- Promoure la investigació astronòmica i espacial.
- Convertir-se en un centre reconegut internacionalment per atreure talent i fomentar col·laboracions, tant a escala local com mundial.
- Ser un agent eficient de coneixement, innovació i transferència de tecnologia en el seu camp.
- Portar consciència científica a la societat i comunicar cultura científica.

L'IEEC se situa entre els millors centres de recerca internacionals, produeix un gran nombre de publicacions d'impacte elevat i lidera projectes clau d'abast mundial. Aquesta posició és el resultat de més de vint anys de treballs de recerca de màxima qualitat en col·laboració amb institucions internacionals de renom. L'IEEC també desenvolupa instrumentació per a múltiples missions espacials gràcies a un equip d'enginyers amb una àmplia experiència en el sector aeroespacial i en sectors amb un alt valor afegit en innovació. Com a fundació sense ànim de lucre, l'IEEC pot tenir una relació versàtil amb indústries privades i empreses que, en darrera instància, fabriquen el maquinari de vol qualificat.

L'IEEC es va constituir el febrer de 1996 per fomentar l'R+D+I espacial a Catalunya. Actualment té un patronat integrat per la Generalitat de Catalunya, la Universitat de Barcelona (UB), la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) i el Consell Superior d'Investigacions Científiques (CSIC). L'IEEC també pertany a la Institució CERCA - Centres de Recerca de Catalunya. L'Institut s'estructura en quatre unitats de recerca, cadascuna pertanyent a una de les institucions patrones, que constitueixen el nucli de l'activitat d'R+D+I. Cadascuna d'aquestes unitats es regeix per les regles de cadascuna de les institucions acadèmiques que són membres del Patronat. Les unitats de recerca són:

- Institut de Ciències del Cosmos - ICCUB (UB)

- Centre d'Estudis i Recerca Espacials - CERES (UAB)
- Grup de Recerca en Ciències i Tecnologies de l'Espai - CTE (UPC)
- Institut de Ciències de l'Espai - ICE (CSIC)

Els acords entre l'IEEC i les institucions acadèmiques del Patronat permeten l'intercanvi de personal i fons. Científics i tècnics de les unitats de recerca poden actuar simultàniament com a membres de les seves institucions i com a membres de l'IEEC, com s'estableix en l'acord d'afiliació. El personal de l'IEEC està format per més de 200 científics i enginyers, 70 dels quals són membres del professorat (personal permanent) de les institucions patrones i 9 són investigadors ICREA. Els projectes que impulsen l'activitat de recerca a l'IEEC estan coberts amb finançament basal del contracte de programa amb el Govern català, finançament competitiu de programes nacionals i internacionals de recerca i innovació, i contractes amb la indústria.

Un aspecte important de l'activitat de l'IEEC és la promoció i el suport de projectes tecnològics i de construcció de missions espacials. Els més de 20 anys d'experiència en aquest àmbit han permès que l'IEEC tingui una participació important en algunes de les missions espacials més rellevants de l'àmbit europeu. L'IEEC contribueix en aquestes missions amb coneixements que van més enllà de l'explotació científica i que abasten des de l'enginyeria mecànica, el programari crític de vol i l'enginyeria electrònica fins al processament de dades, tant en vol com en terra, entre d'altres. Això ha permès dotar l'Institut d'un coneixement general de tots els aspectes necessaris per a l'exploració espacial i disposar d'una herència fonamental per ser considerat un actor rellevant en algunes àrees de coneixement en ciències i tecnologies espacials al món. També cal destacar el compromís de l'IEEC per desenvolupar capacitats en el segment terrestre, com es constata amb el suport a la infraestructura de comunicacions per satèl·lit del Montsec, així com amb nombrosos projectes de recerca tecnològica per a la compressió, la gestió i el processament de dades per a diverses aplicacions, l'observació de la Terra, la navegació i el posicionament precís, etc. L'experiència en grans missions fa que l'IEEC hagi generat processos de desenvolupament de programari i maquinari seguint els estàndards de qualitat de l'ESA, els quals han estat adaptats darrerament a les necessitats del NewSpace i són utilitzats en el desenvolupament de noves tecnologies i aplicacions, que permeten millorar la robustesa dels satèl·lits.

En l'àmbit de la innovació i la transferència de coneixement, els resultats en diferents àrees de recerca dels grups vinculats a l'IEEC han despertat l'interès d'institucions industrials, acadèmiques i governamentals de tot el món. Entre els exemples, s'inclouen els serveis de seguiment de satèl·lits a l'Observatori Astronòmic del Montsec (OAdM), la plataforma de nanosatèl·lits d'alt rendiment i de comunicacions mitjançant SDR, el desenvolupament d'estàndards de compressió de dades i de gestió de dades a bord, les solucions per a un posicionament de gran precisió en sistemes de navegació, el disseny de missions i vols en formació per a constel·lacions de satèl·lits o el llançament de missions de reflectometria GNSS per a aplicacions en altimetria oceànica i observació de la Terra. La transferència de coneixement es fa mitjançant contractes i acords directes amb la indústria, contractes i acords directes amb agències (ESA, GSA, EUMETSAT) i entitats governamentals (de la Xina, Corea, etc.) o mitjançant la participació en consorcis europeus en el marc dels projectes del programa H2020.

La col·laboració amb la indústria espacial, especialment la de l'anomenat espai tradicional, està dirigida a la construcció de grans missions científiques, i és fruit de la participació activa i el lideratge d'investigadors i enginyers de l'IEEC en la fase de definició i construcció de la missió, la qual cosa permet assolir responsabilitats amb una alta visibilitat a escala internacional. L'èxit de participació en aquestes missions té un fort impacte en la xarxa industrial i permet l'exportació de tecnologies d'alt valor afegit. L'IEEC ha estat especialment eficaç en aquest sentit i actualment lidera la contribució espanyola en missions de l'ESA com LISA, ARIEL i la missió xinesa amb participació de l'ESA, eXTP. També té un paper important en algunes altres missions que estan en servei o que estan en fase de construcció (p. ex. GAIA, Paz, Solar Orbiter o Euclid). Aquest èxit actual es fonamenta en una trajectòria de la màxima excel·lència científica, en l'experiència tecnològica adquirida durant les dues darreres dècades i en la capacitat per gestionar grans projectes.

Pel que fa a la col·laboració amb la indústria del NewSpace, s'han establert acords i s'han executat projectes de desenvolupament tecnològic, especialment en el camp de l'observació de la Terra i el desenvolupament de càrregues útils. L'IEEC ha col·laborat, per exemple, amb empreses com Spire (Regne Unit), Tyvak (EUA), Open Cosmos (Regne Unit i Espanya), Aistech (Espanya), GomSpace (Dinamarca), etc., i té missions en curs per al llançament de nanosatèl·lits en el marc dels programes de demostració tecnològica de l'ESA. Alguns dels àmbits de coneixement que formen part del portafolis tecnològic de l'IEEC i que han estat objecte de col·laboracions industrials en el sector NewSpace són: l'ordinador de bord d'altres prestacions i SDR per a petits satèl·lits, dissenyat amb un alt grau de flexibilitat per adaptar-se a diferents càrregues útils i missions; els instruments passius de teledetecció biestàtica (reflectometria i ocultació de ràdio), que s'han aplicat a diferents demostradors orbitals; els algorismes de compressió i anàlisi de dades, que ja s'utilitzen en l'àmbit comercial dels nanosatèl·lits i formen part dels estàndards per a la compressió de dades de teledetecció multi i hiperespectral, i el programari crític per a control embarcat en temps real, un component clau de la plataforma catalana CubeSat desenvolupada a l'IEEC.

II.3.4. Fundació Privada i2CAT, Internet i Innovació Digital a Catalunya (i2CAT)

La Fundació i2CAT⁹³ és un centre d'investigació i innovació públic sense ànim de lucre, adscrit al Departament de Polítiques Digitals i Administració Pública, que promou activitats d'R+D+I orientades a arquitectures, aplicacions i serveis avançats d'internet. El centre representa un marc d'innovació oberta que fomenta la col·laboració entre empreses, administracions públiques, l'entorn acadèmic i els usuaris finals. Les activitats d'i2CAT van des de la participació en projectes d'R+D+I en els àmbits de la 5G, la IdC, la ciberseguretat, la intel·ligència artificial i els audiovisuals, amb un paper clau en el Programa marc de la UE, fins a projectes estratègics, amb el lideratge d'iniciatives locals que enforteixen les polítiques digitals de l'Administració pública i la transferència de tecnologia, amb el foment de la col·laboració en R+D+I amb empreses per desenvolupar solucions innovadores orientades al mercat.

⁹³ <<https://www.i2cat.net/>>

Dins de l'experiència d'i2CAT en el sector espacial i 5G/IdC hi ha la participació en l'únic projecte satel·litari europeu del programa 5G PPP H2020, el projecte SaT5G, que promou la integració de satèl·lits Plug and Play a sistemes terrestres 5G. El SaT5G representa l'esforç més gran (amb més de 200 contribucions al lliurament 17 de 3GPP) realitzat pel projecte 5GPPP del programa H2020, per incorporar l'entorn satel·litari a la 5G mitjançant la definició de solucions òptimes de recàrrega basades en satèl·lits i solucions de descàrrega de trànsit. Les activitats desenvolupades a i2CAT estan enfocades a investigar, desenvolupar i validar les principals tecnologies 5G per tal d'obtenir el millor valor de les capacitats de telecomunicacions satel·litàries possible (per exemple, la transmissió a grups de contingut i el lliurament de la *virtual network function* - VNF) i mitigar les seves restriccions inherents (per exemple, la latència). En aquest sentit, s'ha treballat en la definició de nous models de negoci i operatius que integren el satèl·lit i els grups d'interès a escala terrestre. El SaT5G ha validat, a més, els diferents blocs tecnològics necessaris que permetran abordar els mercats objectiu. L'impacte del SaT5G per a la indústria espacial europea és el subministrament d'una xarxa 5G competitiva i omnipresent a escala mundial en qüestió de minuts, poder oferir a l'usuari final una banda ampla 5G d'almenys 50 Mbps i optimitzar les comunicacions per satèl·lit dins de la infraestructura de xarxa 5G per proporcionar serveis en diverses aplicacions: mitjans audiovisuals i entreteniment, transport, salut, logística i agricultura. L'objectiu ha estat el desenvolupament d'una solució eMBB,⁹⁴ de satèl·lit rendible i eficaç per a 5G, per permetre als operadors de telecomunicacions i xarxes accelerar el desplegament de la 5G a totes les geografies, alhora que es creen noves i creixents oportunitats de mercat per posicionar Europa com a actor clau al mercat global satel·litari i de la 5G.

Així mateix, i2CAT ha investigat, dissenyat i desenvolupat els principals facilitadors tècnics per a la realització de xarxes intel·ligents, mitjançant sistemes terrestres de nova generació integrats en l'entorn satel·litari. La solució d'orquestradors de dominis d'i2CAT proporciona una federació de serveis de punta a punta, que compon de manera coherent i automàtica el domini satel·litari i els dominis d'altres actors, com ara les xarxes terrestres 5G o els dominis Edge⁹⁵ o Cloud. Aquesta solució única permet el subministrament de serveis de forma àgil i ràpida, així com l'optimització de les capacitats, com també suportar la naturalesa dinàmica de les aplicacions i serveis que es requereixen en qualsevol moment. La tecnologia desenvolupada per i2CAT permet a la xarxa donar serveis a més usuaris i a més aplicacions, a través d'infraestructures específiques, i alhora disposar de més ingressos als proveïdors de serveis.

A més, i2CAT treballa en les millores de xarxes troncales (o *core networks*, sistema operatiu de les xarxes 5G) i de l'Edge 5G per donar suport a l'accés terrestre i satel·litari mitjançant arquitectures multicapa terrestres i no terrestres, en particular, la capacitat d'operació discontinua del satèl·lit RAN i de la xarxa troncal 5G sobre els sistemes satel·litaris. Això inclou la definició de noves divisions entre el RAN i les funcions de xarxa bàsiques instal·lades a la càrrega útil del satèl·lit i al segment de terra, i el disseny de protocols de transport tolerants al retard que permetin la connectivitat discontinua. A la vegada, permet el subministrament de serveis NB-IdC a les constel·lacions LEO mitjançant arquitectures de satèl·lits regeneratius. La solució de xarxa troncal 5G virtual desenvolupada per i2CAT té alguns components

⁹⁴ <<https://www.etsi.org/technologies/5g>>

⁹⁵ <<https://www.etsi.org/technologies/multi-access-edge-computing>>

desplegats en la càrrega útil dels satèl·lits i altres components vinculats al segment de Terra. La principal innovació del nucli virtual desenvolupat serà la possibilitat de completar procediments 3GPP fins i tot quan un satèl·lit LEO no tingui cobertura simultània amb el sensor i l'estació terrestre.

En l'entorn de l'Agència Espacial Europea, i2CAT participa en el projecte MTAILS (sobre tècniques de mitigació per abordar l'impacte de la latència en els serveis a través de les xarxes de satèl·lit). El projecte considera diferents sistemes de satèl·lits GEO i no GEO de referència (MEO i LEO, amb i sense enllaços intersatèl·litaris) i un conjunt d'aplicacions i serveis rellevants per a usuaris (per a accés de banda ampla i *backhaul* 5G), amb els objectius principals de caracteritzar i comparar quantitativament la qualitat de l'experiència (QoE) que es pot aconseguir amb la tecnologia de referència actual per als diferents escenaris, identificar les millores de rendiment i identificar i analitzar les evolucions de la tecnologia de xarxes satèl·litàries que puguin mitigar l'efecte de la latència del satèl·lit en la QoE percebuda per l'usuari, i avaluar-ne el rendiment. El projecte se centra en les aplicacions sensibles a la latència que probablement predominin cap al 2025 (per exemple, jocs, serveis al núvol o vídeos amb demanda de 360°).

II.3.5. Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC)

L'ICGC és l'agència oficial de cartografia i geologia de la Generalitat de Catalunya, adscrita al Departament de Territori i Sostenibilitat. L'Àrea d'Observació de la Terra (PCOT) de l'ICGC està especialment dirigida a la valorització de la tecnologia en forma de productes i serveis innovadors i útils pel que fa a la seva factibilitat, viabilitat i usabilitat. A partir de la missió per transformar la investigació en productes i serveis operatius, l'Institut està profundament involucrat en la promoció del coneixement, investigant i generant nous professionals en les geodisciplines. Entre d'altres, l'ICGC i la Universitat Autònoma de Barcelona desenvolupen un programa oficial de màster sobre geoinformació, en què s'implementen tècniques de pensament de dissenyador per impulsar el procés d'innovació i la cocreació.

L'ICGC allotja dos doctorats industrials (DI-038-2015 i DI-039-2015) amb la Universitat de Barcelona i la Universitat Politècnica de Catalunya, el primer, sobre l'ús de l'observació de la Terra a partir de dades aèries i per satèl·lits per analitzar el comportament tèrmic i l'ona de calor respecte a la vulnerabilitat dels ecosistemes urbans, i el segon, sobre la viabilitat de petits satèl·lits i la fusió de sensors passius i actius per obtenir la humitat del sòl, seguint els treballs d'anàlisi de la missió en petits satèl·lits iniciada a l'ICGC el 2007 amb el projecte MEDIMAP. L'ICGC ha endegat un nou doctorat industrial amb la Universitat de Barcelona sobre la sinergia entre la intel·ligència artificial, les dades d'observació de la Terra i la detecció de canvis i classificació de cobertes.

D'altra banda, com a membre de la Copernicus Academy, l'ICGC impulsa la promoció dels geoserveis vinculats al satèl·lit Sentinel, dins l'assignatura del màster oficial en geoinformació de la UAB, organitzant tallers, jornades i comissions tècniques. A més, des del 2018, com a soci d'un projecte Marie Curie dins de l'acció RISE anomenat VOLTA, acull professionals implicats en la promoció de capacitats en l'ús de la geoinformació en 3D.

II.3.6. Centre Tecnològic de Telecomunicacions de Catalunya (CTTC)

El Centre Tecnològic de Telecomunicacions de Catalunya (CTTC) és una institució de recerca, sense ànim de lucre, amb seu a Castelldefels (Barcelona), resultat d'una iniciativa pública de la Generalitat de Catalunya. Les activitats de recerca del CTTC inclouen investigació de base i aplicada, i estan relacionades amb les telecomunicacions i la geomàtica. Diferents departaments del CTTC han participat en diverses activitats i projectes d'investigació relacionats amb el sector del NewSpace.

Les activitats del departament Array & Multi-Sensor Processing (A&MSP) s'han centrat, en els darrers anys, en la gestió d'interferències i de recursos, la compartició d'espectre, processament per a satèl·lits d'alt rendiment (*high throughput satellites*), tècniques MIMO i sistemes de comunicació IdC a escala de capa PHY i MAC. L'experiència prové de la participació en projectes d'investigació finançats per la Comissió Europea (programes H2020 i FP7), l'Agència Espacial Europea (programes ARTES) i contractes industrials amb els principals operadors de satèl·lits, proveïdors, fabricants d'equipament i empreses de nova creació dins del sector. La llista completa, així com els projectes actius, es poden consultar a la pàgina web.⁹⁶ Cal destacar que actualment el departament lidera la xarxa d'excel·lència SATellite Network of EXperts IV (SATNEX IV), la qual té per objectiu coordinar centres de recerca i universitats en l'estudi i la identificació de nous conceptes per a les comunicacions per satèl·lit. En el marc del NewSpace, el departament s'ha especialitzat, recentment, en la integració de xarxes terrestres i satel·litàries, en estudis de viabilitat, en la modificació d'estàndards terrestres per poder operar en el segment espacial (5G NR i NB-IdC) i en l'aplicació de la intel·ligència artificial en les comunicacions per satèl·lit.

Les activitats del departament Statistical Inference for Communications and Positioning se centren en el desenvolupament d'un receptor de navegació per satèl·lit (GNSS) que pugui treballar a les altures i dinàmiques pròpies dels satèl·lits LEO. Mitjançant la tecnologia de ràdio definida per programari, i els *system-on-module* d'última generació, s'aconsegueix un receptor GNSS (GPS, Galileo, etc.) d'altres prestacions i una gran flexibilitat. El posicionament de satèl·lits amb GNSS obre una porta a moltes aplicacions científiques (observació de l'atmosfera i reflectometria) i a les operacions a l'espai, en permetre tenir el satèl·lit situat amb una alta precisió. Aquestes activitats han estat finançades per l'Agència Europea de l'Espai (ESA) mitjançant diversos contractes en esquemes competitiu.

La recerca principal del departament de Teledetecció està relacionada amb l'anàlisi de dades adquirides des de satèl·lits d'observació de la Terra. El departament s'ocupa del desenvolupament tècnic i científic d'aplicacions basades en sensors actius, principalment relacionats amb el radar d'obertura sintètica (SAR), i en sensors passius. Des del punt de vista de les aplicacions, està especialitzat en el monitoratge de deformacions utilitzant tècniques d'interferometria SAR.

II.3.7. Fundació Eurecat

Eurecat és un centre de recerca i innovació privat, sense ànim de lucre, que promou la recerca aplicada en diversos àmbits tecnològics i molt orientada al servei de l'empresa. En l'àmbit

⁹⁶ <<https://amsp.cttc.es>>

aeroespacial, Eurecat té una línia de desenvolupament de materials plàstics, compostos i metàl·lics lleugers per a l'aeronàutica, i participa en projectes del programa CleanSky amb les principals empreses aeronàutiques europees, com Airbus o Safran Aircraft Engines. En l'àmbit de l'espai, Eurecat aplica les seves capacitats en intel·ligència artificial i l'analítica de dades en projectes centrats en l'explotació de dades d'observació de la Terra a partir de la iniciativa Copernicus, en aplicacions específiques. Així en el projecte VIGEOS, del programa H2020, Eurecat coordina el desenvolupament de sistemes de suport a la decisió a partir d'imatges de satèl·lit i altres dades per optimitzar un conreu sostenible de la vinya. Eurecat també treballa en l'aplicació del model de la indústria 4.0 a l'espai, i participa en el projecte H2020-SESAME, liderat per Arianespace, aportant analítica de qualitat predictiva dels processos de soldadura emprats en la fabricació de la nova generació de llançadores, o en el projecte H2020-SAMMBA (Standard And Modular Microlaunchers Base Services), liderat per GTD, dissenyant i implementant proves de concepte en robòtica, RV o I4.0, orientades a millorar l'operatiu per fer microllançaments en l'entorn de NewSpace. Eurecat també col·labora amb l'empresa SatelldC en un projecte clarament emmarcat en el concepte del NewSpace, consistent en la implementació de la plataforma de processament de dades que alimentarà el servei IdC de la futura constel·lació de microsateïl·lits promoguda per aquesta empresa.

Annex III. Descripció de les infraestructures científiques

Catalunya disposa —tot i que de manera dispersa i no sempre fàcilment accessible— de la majoria d'infraestructures que permeten fer els assajos necessaris per a la qualificació i el testatge d'equips per a aplicacions a l'espai. Per la seva infraestructura orientada al NewSpace, en destaquen els centres i laboratoris següents:

III.1 Applus + Laboratories (LGAI Technological Center, S.A.)

Applus + Laboratories⁹⁷ són fabricants de components de tots els segments de la indústria aeronàutica, espacial i de defensa. Proporcionen serveis d'assaig i enginyeria per a diferents classes d'aeronaus: avions comercials, jets de negocis, helicòpters, aeronaus espacials i aeronaus militars. Cal destacar que disposen dels equipaments necessaris per realitzar assajos mecànics i estructurals, i ofereixen un ampli rang de variabilitat en el perfil dels tests. En concret, aquests són els serveis de testatge que poden oferir:

Assajos mecànics i estructurals - Aeroespacial

Applus+ Laboratories està reconegut com a proveïdor estratègic en l'Structure Test Supplier Synergy Preferred Scheme (ST2S) per a Airbus i està homologat per Rolls Royce i Aernnova com a proveïdor qualificat per a l'execució d'assajos mecànics. Els laboratoris estan acreditats per Nadcap per a assajos metàl·lics i no metàl·lics, i certificats amb l'EN 9100 per l'Aerospace Quality System.

Assajos estructurals

- Assajos estàtics i de fatiga en màquina universal fins a 15 MN i 25 Hz.
- Màquines d'assajos universals de 100 kN, 500 kN, 1.000 kN, 3.000 kN i 15.000 kN.
- Llosa de càrrega de 12 x 12 metres amb pòrtics i parets per a assajos de fins a 1.500 kN.
- Cambres de condicionament i envelliment accelerat de mostres d'assaig.
- Cambres climàtiques per realitzar assajos amb condicions tèrmiques controlades, des de temperatures criogèniques fins a més de 1.100°C.
- Assajos en condicions d'humitat (HR entre 0-80%) i temperatura controlades (-60°C i 150 °C).
- Adquisició sincronitzada de gran quantitat de canals d'instrumentació, tant per a assajos estàtics com per a dinàmics.
- Equips de metrologia avançada i *digital image correlation* (DIC).
- Sistemes en línia per al seguiment de l'assaig i el postprocessament de dades (*Applus + e-testing*).
- Equip d'impacte a baixa velocitat per introduir danys controlats a estructures.

Assajos de materials

- Assajos mecànics (a temperatures entre -196° i més de 1.200°C) estàtics i dinàmics.
- Anàlisi metal·logràfica i fractogràfica.

⁹⁷ <<https://www.appluslaboratories.com/global/es/about-us/inbrief>>

- Assajos de duresa (Shore, Vickers, Rockwell, Brinell).
- Anàlisis químiques (OES i XRF).
- Assajos físics i tèrmics (DSC, DMA, TGA, FV, etc.).
- Assajos no destructius.
- Assajos de corrosió i envelliment, assajos climàtics, de vibracions i acústics. Més de 30 càmeres climàtiques diferents per realitzar:
 - variacions de temperatura i humitat, calor humida (cíclica i contínua), cicles combinats de temperatura i humitat, xoc tèrmic, tests de durabilitat ambiental, envelliment accelerat per llum xenó i ultraviolada, escalfament d'embolcalls per radiació solar, resistència a la pluja i a la pols (IEC), gas corrosiu (SO₂ i Ozó), boira salina, cicles de corrosió i programes de fiabilitat augmentada amb HALT/HASS (*highly accelerated life test / highly accelerated stress screen*).

Assajos de vibració i xoc: avaluació del comportament de components i equips en condicions de vibració i xoc que es poden produir durant la seva vida útil.

- Assajos de vibració sinusoidal, vibració aleatòria, xoc clàssic i SRS, reproducció de senyals temporals i reals adquirits, assajos combinats de vibració, temperatura i humitat, i anàlisi dinàmica d'equips i estructures.

Finalment, disposen d'infraestructura suficient, acreditada per l'Entitat Nacional d'Accreditació (ENAC),⁹⁸ per realitzar assajos de vibracions i xocs de diversos sistemes:

- Vibrador electrodinàmic de 53 kN equipat amb taula lliscant de 1.200 x 1.200 mm i cambra climàtica (-50°C / +150°C) de 1.500 x 2.000 x 1.500 mm.
- Vibrador electrodinàmic de 20 kN equipat amb taula lliscant de 600 x 600 mm.
- Vibrador electrodinàmic de 13 kN.
- Taula de xoc i fragilitat de 1.500 x 1.500 mm.
- Sistemes d'adquisició multicanal de fins a 16 canals per monitoratge de la resposta dinàmica d'equips i components.

III.2 UPC NanoSat Lab

Les instal·lacions de la UPC NanoSat Lab estan dissenyades per dur a terme procediments de muntatge, integració i prova de subsistemes espacials i CubeSats fins a 6U. Com a tal, l'àrea de sala blanca ISO 7 del laboratori (dissenyada com a classe 8, però certificada com a classe 7) inclou tots els equipaments i les proves necessaris per realitzar procediments de verificació i validació. Les proves de vibració de qualificació i acceptació dels tres eixos es poden realitzar gràcies a la seva taula de vibracions. Aquests equips permeten comprovar que els components d'una nau espacial (estructura, càrrega útil i subsistemes) són capaços de suportar les vibracions extremes d'un coet, així com mesurar i validar que cap de les parts presenta modes de freqüència no desitjats (és a dir, ressonàncies mecàniques). A més, la sala neta també inclou una cambra de buit tèrmic (TVAC), en la qual es poden realitzar proves ambientals. Aquest TVAC cilíndric, de fins a 10⁻⁵ mbar, pot simular la pressió i els cicles tèrmics d'una òrbita satel·litària. El seu circuit de refrigeració de nitrogen líquid i les làmpades

⁹⁸ <<https://www.enac.es/>>

d'infrarojos controlen la seva temperatura interna i poden arribar a temperatures de -196°C a $+300^{\circ}\text{C}$.

Fora de la sala blanca, un sistema de bobines Helmholtz facilita la prova de determinació de l'actitud dels subsistemes de control, i proporciona un camp magnètic de tres eixos que es pot controlar per simular el camp magnètic terrestre al qual estaria exposat un satèl·lit en òrbita baixa. Al mig de les bobines Helmholtz hi ha un coixinet d'aire per minimitzar la fricció amb l'estructura i permetre testar els controladors actius del satèl·lit. A més, el laboratori compta amb una àrea de soldadura i estació de muntatge en la qual es dissenyen i fabriquen els diferents prototips. També s'utilitza per verificar cada placa/subsistema de manera independent abans de la seva integració final a la nau espacial.

Com a resum, la llista següent presenta les característiques de cada equipament:

Sala blanca classe 7:

- Netedat: 2.930-29.300 partícules $\geq 0.5 \mu\text{m}$ (ISO 7, certificada); superfície: 26 m².

Cambra de buit tèrmica - Trynos Vacuum:

- Dimensions: 50 cm (DIA) x 52 cm (L); 250 l de capacitat; material: AISI-304L d'acer inoxidable; buit: 10^{-5} mbar @ 25°C , 10^{-8} mbar @ -196°C , de -196°C a $+330^{\circ}\text{C}$.

Taula de vibracions Data Physics:

- Data Physics: diàmetre armadura: 174.5 mm; màxima força sinusoidal: 7325 N; màxima força aleatòria: 5000 N; màxima acceleració: 120 g; massa del vibrador: 640 kg; freqüència: 5 Hz a 3 kHz.
- Acceleròmetres: 2x 10 g 8640A10T, 3x 50 g 8640A50T i 1x 500 g 8702B500.

Bobines de Helmholtz - Serviciencia SL

- Dimensions: 1.42 m x 1.26 m x 1.31 m; superfície plataforma coixinet d'aire: 0.125 m²; camp magnètic generat: 1.51 $\mu\text{T/A}$; màxima intensitat: 800 μT ; corrent màxim: 4.0 A @ DC; error ortogonalitat: 0.2°.

III.3 Altres instal·lacions de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

La UPC disposa d'un gran nombre d'equipaments. A més dels presentats anteriorment, també disposa d'una cambra anecoica per a la mesura i caracterització d'antenes,⁹⁹ amb les característiques següents:

- Cambra anecoica per mesurar els diagrames de radiació entre 800 MHz i 40 GHz.
- Transformació de camp proper a un camp llunyà.
- Capacitat per realitzar mesures en coordenades cilíndriques o esfèriques.
- Totes les mesures es realitzen de forma remota.
- Dimensions de la cambra: 10 m x 7,5 m x 6 m, volum = 450 m³.

També disposa d'una cambra de Faraday per realitzar assajos d'emissió radiada d'equips domèstics, industrials i de components d'automoció, així com assajos d'immunitat radiada fins

⁹⁹ <<https://www.tsc.upc.edu/es/instalaciones/camara-anecoica>>

a 30 V/m.¹⁰⁰ A més, disposa de tot un conjunt d'instrumentació de compatibilitat electromagnètica descrit en la taula següent.

Taula III.1 Instrumentació de compatibilitat electromagnètica de la UPC

Nom de l'equip	Característiques
Analitzador d'espectres Tektronix 2712	9 kHz - 1,8 GHz
Receptor EMI R&S ESPI3	9 kHz - 3 GHz
Analitzador d'espectres R&S FSH3	100 kHz - 3 GHz
Filtre preselector Tektronix 2706	9 kHz - 1,8 GHz
LISN Electro-Metrics ANS-25/2	9 kHz - 110 MHz
LISN Electro-Metrics ANS-25/2	9 kHz - 110 MHz
Limitador de transitoris Electro-Metrics EM-7600/TRL-30	10 dB
Cambra anecoica (4.6 m x 3.5 m x 2.2 m)	30 MHz - 6 GHz
Cel·la EUROTEM	10 MHz - 1 GHz
Amplificador RF AR150W1000 RF	80 MHz - 1 GHz
Amplificador RF AR15S1G3 RF	800 MHz - 3 GHz
Amplificador RF IFI B1080M-10	80 MHz - 1 GHz
Amplificador RF IFI M75	10 kHz - 230 MHz
Generador de senyal R&S SML03	9 kHz - 3 GHz
Generador de senyal Hameg 8134	1 Hz - 1 GHz
Varímetre AR PM2002	-
Antena BiLog Schaffner CBL6143	30 MHz - 3 GHz
Antena bicònica Schwarzbeck UBAA 9115	30 MHz - 1 GHz
Antena bicònica Electro-Metrics EM-6912	20 MHz - 300 MHz
Antena bicònica Electro-Metrics BIA-30S	20 MHz - 300 MHz
Antena logoperiòdica Electro-Metrics LPA-30	200 MHz - 1 GHz
Antena Loop ETS-LINDGREN model 6200	10 kHz - 30 MHz
Antena Loop Activa ALR-30A	9 kHz - 30 MHz

¹⁰⁰ <https://www.upc.edu/web/qcem/?page_id=209>

Nom de l'equip	Característiques
Antena Rod EMCO model 3303	1 kHz - 30 MHz
Sonda de mesura de camp elèctric AR FL7006	100 kHz - 6 GHz
Sonda d'injecció de corrent solar Electronics TYPE 9121-1N	10 MHz - 1 GHz
Sonda d'injecció de corrent Solar Electronics TYPE 9144-1N	10 kHz - 100 MHz
Sonda RF de corrent Solar Electronics TYPE 9123-1N	10 kHz - 500 MHz
Xarxa d'acoblament/desacoblament Schlöder CDN T8	150 kHz - 230 MHz
Xarxa d'acoblament/desacoblament Schlöder CDN AF2	150 kHz - 230 MHz
Xarxa d'acoblament/desacoblament Schlöder CDN M2+M3	150 kHz - 230 MHz
Pinça d'injecció Lüthi EM101	150 kHz - 1 GHz
Pistola ESD Schlöder SESD200	16 kV
Generador de transitoris ràpids Schlöder SFT1400	5 kV
Generador d'ones de xoc i talls de tensió Teseq NSG3040	5 kV
Xarxa d'acoblament per a línies de senyal Teseq CDN 117	-
Mesurador d'harmònics i parpelleig California Instruments PCTS	-
Analitzador de xarxes ZVRE	10 Hz - 4 GHz
Oscil·loscopi Tektronix DPO 7104	BW 1 GHz
Oscil·loscopi Tektronix TDS 1012	BW 100 MHz
Generador d'ona arbitrària Agilent 33120A	-
Multímetre digital Agilent 34401A	-

D'altra banda, la Universitat disposa d'una taula de vibracions - APS ELECTRO-SEIS model 129¹⁰¹ que permet crear vibracions en un rang de freqüències i velocitat o acceleració. S'utilitza per a calibracions d'acceleraments i per a la verificació d'instruments que han de funcionar en ambients amb vibracions fortes, per exemple, avions, trens, autobusos, etc. La plataforma mòbil pot contenir càrregues de fins a 23 kg i les seves dimensions són 254 x 254 mm. El rang de freqüències és de 0 a 200 Hz, i pot generar una força de 133 N.

També disposa d'una cambra de diagnòstic en radiofreqüència marca Rohde&Schwarz, model DST200.¹⁰² L'equip és una cambra anecoica per al diagnòstic en radiofreqüència de

¹⁰¹ <<https://www.upc.edu/sct/es/equip/74/mesa-vibraciones.html>>

¹⁰² <<https://www.upc.edu/sct/es/equip/821/camara-diagnostico-radiofrecuencia.html>>

dispositius en el rang de 700 MHz a 6 GHz. L'equip disposa d'un espai útil de 400 mm x 330 mm x 400 mm (ample x alt x fons). Una de les seves funcions principals és el testatge de productes de comunicació sense fils. Es poden realitzar mesures de camps electromagnètics¹⁰³ en el rang de freqüència d'1 Hz fins a 18 GHz en relació amb entorns industrials, espais públics i escoles, entre d'altres.

L'Escola d'Enginyeria Aeronàutica de Terrassa disposa també d'una estació de seguiment de satèl·lits situada a la coberta de l'edifici TR5 del Campus UPC-Terrassa.¹⁰⁴ Consta d'una antena UHF i s'està treballant per afegir-hi una nova antena VHF i per implementar un sistema de control remot.

El Departament de Física disposa d'una font de cobalt radioactiu per fer tests *total radiation dose* (TRD). Es podria explorar la possibilitat de fer servir màquines de radIdCeràpia que hi ha a hospitals, i que cedissin les seves instal·lacions per realitzar aquest tipus de tests, com consta que han fet alguns hospitals suïssos en alguna campanya per a l'ESA Academy. Així mateix, caldria explorar a mitjà termini la possibilitat d'afegir una línia al sincrotró Alba per dur a terme tests de radiació.

A l'últim, i més relacionat amb els tests de dispositius IdC, que poden ser d'interès per a empreses de comunicacions 5G/M2M/IdC i per a satèl·lits, la UPC disposa de laboratoris relacionats amb la 5G, que constitueixen espais oberts perquè empreses i persones puguin provar les seves idees en diferents xarxes d'IdC, d'acord amb les seves necessitats, explorar conceptes i construir prototips inicials que puguin arribar al mercat.¹⁰⁵

III.4 Instal·lacions a la Universitat de Barcelona (UB)

CCiTUB: els Centres Científics i Tecnològics de la Universitat de Barcelona (CCiTUB) són un conjunt d'infraestructures científicotècniques de la Universitat de Barcelona que tenen com a principal missió donar suport a la recerca i innovació en els camps de la química, la ciència de materials i les biociències. Els CCiTUB són una de les infraestructures científicotècniques de mida mitjana més grans de l'Estat espanyol, amb personal tècnic altament qualificat i la major varietat de tecnologies instrumentals. Aquestes darreres estan agrupades en unitats tecnològiques que inclouen tot tipus de microscòpies i tècniques de caracterització avançada, ressonància magnètica nuclear, espectrometria de masses, espectroscòpia química, tècniques d'alt rendiment, protecció radiològica i estabularis.

Amb aplicació al sector NewSpace, podem destacar:

- Anàlisi de superfícies (ESCA / Auger)¹⁰⁶ amb tècniques d'espectroscòpia de fotoelectrons (ESCA o XPS), microscòpia Auger (SAM) i espectroscòpia per excitació ultraviolada (UPS), per a l'anàlisi química elemental i semiquantitativa de superfícies (primers 5-10 nanòmetres a la superfície del material), i el tractament espectral especialitzat per interpretar adequadament la informació obtinguda (p. ex. estudiar

¹⁰³ <<https://www.upc.edu/sct/es/servei/140/medida-campos-electromagneticos.html>>

¹⁰⁴ <<https://serveis.terrassa.upc.edu/seccio/sict/pags/461?destination=node%2F461>>

¹⁰⁵ <<https://5gbarcelona.org/ca/labs/>>

¹⁰⁶ <<http://www.ccit.ub.edu/CA/tm01.html>>

problemes originats en els processos de disseny o producció en recobriments metàl·lics, etc.).

- Mecànica, buit i electrònica¹⁰⁷
 - Mecànica: disseny i construcció de prototips mecànics, elements d'òptica, portamostres especials, cambres de pressió, mecanització en diferents materials polimèrics, etc.
 - Buit: disseny i construcció de cambres de buit, accessoris i peces en general de l'entorn de l'UHV i d'alt buit, detecció de fuites en buit, soldadura oxiacetilè, elèctrica, TIG (*tungsten inert gas*) i plasma.
 - Electrònica: disseny, fabricació, assemblatge i posada a punt de prototips electrònics de laboratori, disseny de plaques de circuit imprès i mecanitzat, i calibratge d'instrumentació científica de laboratori.

A més, a la Facultat de Física es disposa d'una sala blanca de grans dimensions i molta netedat,¹⁰⁸ les característiques de la qual es detallen a continuació. Superfície: 200 m² classe ISO 7 (versió 10.000), amb una àrea de fotolitografia ISO 6 (classe 1.000) de 50 m², bancs químics, classificats com a classe 100 (ISO 5) quan l'extracció d'aire està en funcionament i distribució d'aigua millipore (tanc 1.000 l).

III.5 IEEC Labs i Observatori Astronòmic del Montsec (OAdM)

L'IEEC dona suport a la construcció i el manteniment de laboratoris i infraestructures clau a Catalunya destinades a la recerca en ciències de l'espai, i ho fa col·laborant amb les institucions patrones a través de les unitats respectives. En són un exemple: la UPC Nanosat Lab, la sala neta IEEC-UPC del Departament d'Enginyeria Electrònica (laboratori d'estat sòlid), els laboratoris IEEC-CSIC (sales netes, laboratori de radiació autoritzat pel Consell de Seguretat Nuclear - CSN, laboratori òptic, etc.), i els laboratoris i instal·lacions de l'ICC dins la UB i el seu Parc Científic, així com els del CERES, ubicats al campus de la UAB.

L'IEEC, a més, gestiona les operacions de l'Observatori Astronòmic del Montsec (OAdM-IEEC en aquest document), ubicat a Sant Esteve de la Sarga, al Pallars Jussà, i és, a la vegada, responsable d'alguns dels instruments de l'Observatori, com és el telescopi robòtic Joan Oró (TJO) de 80 cm. L'OAdM-IEEC és la infraestructura científica més important per a la investigació astronòmica a Catalunya i una de les més avançades a Europa, gràcies als equipaments instal·lats basats en tecnologies innovadores i avançades per a la recerca en ciències de l'espai. L'Observatori, a més, es troba en una situació privilegiada, donades les seves bones condicions pel que fa a la climatologia, la transparència i la qualitat atmosfèrica, així com per l'absència de contaminants atmosfèrics, lumínics i de soroll electromagnètic. A aquests elements cal afegir el fet de tenir un horitzó lliure d'obstacles que permet una visibilitat òptima en totes les direccions.

L'IEEC va promoure i coordinar la instal·lació dels primers equips científics a l'OAdM-IEEC el 2004 i, des de llavors, ha estat gestionant el funcionament i l'ús de l'Observatori, en coordinació amb la Generalitat de Catalunya. L'OAdM-IEEC ha crescut en equips per a

¹⁰⁷ <<http://www.ccit.ub.edu/CA/tm10.html>>

¹⁰⁸ <http://www.ub.edu/cleanroom/index_es_intro.php>

l'observació astronòmica i per a l'estudi del clima i el monitoratge meteorològic, i ha assolit un alt nivell d'explotació per a projectes de recerca científica. A més, els equipaments astronòmics principals de l'Observatori (telescopi TJO i telescopi Fabra-ROA al Montsec TFRM) participen des del 2014 en contractes de detecció i seguiment de satèl·lits artificials, tant en el marc de serveis promoguts i finançats per la Comunitat Europea (CE) a través del *Centro para el Desarrollo Técnico e Industrial* (CDTI) com en el de serveis proporcionats a empreses operadores de satèl·lits. En els darrers anys, la UPC, en col·laboració amb l'IEEC, ha instal·lat a l'OAdM-IEEC antenes VHF/UHF i S com a embrió d'una estació de comunicacions amb nanosatèl·lits, de manera que s'han ampliat les capacitats de l'Observatori en l'àmbit de les comunicacions amb satèl·lits com a estació de Terra.

Finalment, l'IEEC també està desenvolupant la tecnologia necessària per participar des del Montsec en els programes de seguiment de LEO, NEO i deixalles espacials, que formen part de programes estratègics de l'ESA i de la Unió Europea (EU) i que tenen un fort vincle amb el desenvolupament del sector NewSpace a Europa. L'Observatori, doncs, està alineat per mantenir i ampliar el rol en aquest àmbit, gràcies al fet de poder oferir serveis a organismes tant públics com privats.

III.6 UPC/IEEC - Estació de Terra del Montsec

L'any 2018, la UPC, amb la col·laboració de l'IEEC, va instal·lar a l'OAdM-IEEC una estació terrestre de comunicacions amb satèl·lits d'òrbita baixa per al seu seguiment i control. L'estació està equipada amb antenes TX / RX Yagi per a les bandes VHF / UHF Amateur (144-145 MHz / 435-438 MHz) i recepció a la banda comercial S (2200-2290 MHz). Tot el control de l'estació està robotitzat i es pot realitzar de manera remota. Les antenes estan controlades per un programari automatitzat encarregat de la planificació i la recuperació de dades mitjançant una connexió de fibra òptica al centre d'operacions a Barcelona. S'utilitza una API REST per a la interfície amb el centre d'operacions per sol·licitar passades o descarregar dades recuperades. L'estació està operativa i dona servei a projectes de l'ESA, en els quals col·laboren grups de la UPC i l'IEEC, i especialment a la missió FSSCat, en què les dades de ³Cat-5/A es descarregaran des d'aquesta estació. Donades les bones condicions del lloc, es preveu que se'n pugui ampliar l'ús en els propers anys per donar servei a xarxes i constel·lacions de petits satèl·lits comercials.

III.7 Instal·lacions a la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB)

Els Serveis Científicotècnics de la UAB (SCT) són instal·lacions que integren infraestructures i grans equipaments dedicats a la realització de tècniques especialitzades. Amb aplicació en el camp del NewSpace, cal destacar:

- El **Servei d'Irradiació de Mostres Biològiques**,¹⁰⁹ el qual disposa d'un equip d'irradiació amb aplicacions a la **irradiació de dispositius electrònics**. Disposava d'un irradiador IBL 437C amb dues fonts radioactives de Cesi-137 d'activitat total 137 TBq, que permet exposar tant mostres sòlides com líquides a altes dosis controlades de raigs gamma (5 Gy/min).

¹⁰⁹ <https://utpr.uab.cat/Catala/index.php#!/Irradiaci%C3%B3%20de%20mostres_526_1>

- El **Servei de Difracció de Raigs X (SDRX)**¹¹⁰ disposa de la infraestructura i els coneixements necessaris per a l'aplicació de les tècniques de difracció de raigs X, tant de pols com de monocristall, a l'estudi dels sòlids, habitualment en geologia, química, física, bioquímica, ciència del materials, nanociència i nanotecnologia, encara que, ocasionalment, també en arqueologia, medicina, etc. Les aplicacions més usuals que es duen a terme són: la determinació d'estructures cristal·lines, l'anàlisi qualitativa i quantitativa de fases sòlides, la difracció a temperatura variable (tant en monocristall com en pols), l'estudi de transicions de fase i la recerca sobre polimorfisme cristal·lí, solvats i cocristalls. Entre d'altres, disposa dels equipaments següents:

Difracció de monocristall

- Difractòmetre de tres cercles SMART amb detector d'àrea CCD APEX, de Bruker, tub de raigs X amb ànode de molibdè i dispositiu Krioflex que permet recollir dades a baixes temperatures (des de temperatura ambient fins a $T = -180^{\circ}\text{C}$).
- Difractòmetre de quatre cercles amb detector d'àrea CCD Mercury2, de Rigaku, tub de raigs X amb ànode de molibdè i dispositiu Oxford Cryosystem que permet recollir dades a baixes temperatures (des de temperatura ambient fins a $T = -180^{\circ}\text{C}$).
- Difractòmetre de tres cercles amb detector semicilíndric "placa d'imatge" R-Axis SPIDER, de Rigaku, i tub de raigs X amb ànode de coure.

Difracció de pols

- Difractòmetre de pols X'Pert Powder de Panalytical amb geometria theta-theta, ànode de coure i detector PIXcel1D.

Dispositius portamostres:

- Alimentador automàtic (45 mostres) per a mesures rutinàries de conjunts de mostres en pols.
- Plataforma multipropòsit (MPP) per a mostres especials (provetes, mostres voluminoses, peces arqueològiques, pintures, recobriments, etc.), a més a més de mostres en pols.
- Cambra de temperatura Anton Paar TTK-450 que permet fer mesures dins l'interval de $T = -180^{\circ}\text{C}$ fins a $T = 400^{\circ}\text{C}$ i en atmosferes especials (buit, inert, gasos específics).

Geometries:

- Bragg-Brentano amb esclatxes programables (possibilitat de mesurar amb longitud irradiada constant). Monocromador secundari.
- Angle rasant.
- Transmissió (mostra entre làmines).

El **Servei de Microscòpia** disposa de la infraestructura en utilitatge i tècnica necessaris per a l'aplicació de la microscòpia en diversos camps de la investigació, sobretot en biomedicina, química, física, ciències dels materials, geologia, etc. Amb aplicació al NewSpace, destaquen les tècniques següents:

- **Estudis microestructurals de materials:** determinació de mides i formes de partícules, control de qualitat i processos de producció, microestructura de superfícies de diferents

¹¹⁰ <<http://sct.uab.cat/sdrx>>

tipus de materials (teixits, plàstics, metalls, polímers, etc.), i reconstrucció tridimensional d'estructures submicromètriques.

- **Estudis cristal·logràfics:** creixement i epitàxia de capes fines, defectes i estudi de nanomaterials (nanotubs, nanopartícules, nanorods...).
- **Estudis de microcircuitos electrònics:** anàlisi d'interfícies i determinació d'estructures multicapa.

III.8 Instal·lacions al Consell Superior d'Investigacions Científiques (CSIC)

El CSIC disposa de diferents infraestructures i laboratoris que són altament competitius per desenvolupar tecnologia que pot tenir aplicació al sector espacial i, en concret, al NewSpace. Aquests equipaments estan distribuïts en diferents centres que el CSIC té a Catalunya, com són el Centre Nacional de Microelectrònica (CNM-CSIC), l'Institut de Ciència de Materials (ICMAB-CSIC) o l'Institut de Ciències del Mar (ICM-CSIC), entre d'altres. A més, disposa d'un centre dedicat a la recerca en ciències i tecnologies espacials, l'Institut de Ciències de l'Espai (ICE-CSIC). L'ICE és la unitat del CSIC a l'IEEC i disposa de laboratoris específics per al desenvolupament d'instrumentació espacial. En concret, cal destacar els següents: el laboratori de radiació, preparat per a la caracterització i resposta de sensors i dispositius electrònics i autoritzat pel Consell de Seguretat Nuclear (CSN) amb l'identificador IRA-3137, i les sales blanques de categoria ISO7 i ISO8, equipades amb una cabina ISO5 i amb els sistemes de monitoratge i control necessaris per complir amb els estàndards de qualitat de l'*European Cooperation for Space Standardisation* (ECSS) de l'ESA requerits per a l'emmagatzematge de models d'enginyeria i de vol.

III.9 Instal·lacions a l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC)

L'ICGC compta amb diferents equipaments orientats a la observació del terreny a Catalunya. En concret, es poden esmentar els següents:

- 1) Tres avions propis operatius per a treballs cartogràfics i disponibles en un hangar propi a l'Aeroport de Barcelona.
- 2) Diversos sensors fotogramètrics i hiperespectrals aeroportats d'observació de la Terra i un laboratori per portar a terme certes tasques de calibratge.
- 3) Una xarxa de més de 15 estacions de sistemes de posicionament,¹¹¹ 29 reflectors de cornar/radar i equips portàtils d'alta precisió.
- 4) Centres propis de càlcul amb servidors dedicats i els protocols i metadades corresponents en termes de manteniment.

III.10 Instal·lacions del Centre Tecnològic de Telecomunicacions de Catalunya

Entre les capacitats de què disposa el CTTC cal esmentar el banc de proves CASTLE PLATFORM®. A través d'aquesta plataforma és possible la implementació de diferents estàndards del segment terrestre i espacial (5G NR, LTE, DVB-S2X, BGAN i Li-Fi), ja que està formada per components HW i SW que són fàcilment reconfigurables. En concret, permet avaluar diverses capes de la xarxa d'accés, incloent-hi PHY i IP. En el context del NewSpace,

¹¹¹ Coneguts com a Sistema de navegació global per satèl·lit o en anglès *global navigation satellite system* (GNSS).

esdevé una eina molt potent per poder dissenyar i provar de forma eficient i ràpida nous algorismes i sistemes de comunicacions satel·litaris i la seva integració amb els terrestres.

Relacionat amb els sistemes de navegació per satèl·lit, el CTTC també disposa del banc de proves GESTALT®, consistent en antenes GNSS i un ampli assortiment de capçals de radiofreqüència, integrats comercials GNSS i sistemes de mostreig per treballar la tecnologia de receptors GNSS en ràdio definida per programari, que ofereixen una gran flexibilitat a l'hora d'implementar receptors GNSS amb característiques no estàndards.

Annex IV. Normes competencials

Constitució espanyola (CE)¹¹² i Estatut d'autonomia de Catalunya (EAC)¹¹³

Articles de la Constitució espanyola:

«Article 149

1. L'Estat té competència exclusiva sobre les matèries següents:

- 1a La regulació de les condicions bàsiques que garanteixin la igualtat de tots els espanyols en l'exercici dels drets i en el compliment dels deures constitucionals.
- 2a Nacionalitat, immigració, emigració, estrangeria i dret d'asil.
- 3a Relacions internacionals.
- 4a Defensa i Forces Armades.
- 5a Administració de Justícia.
- 6a Legislació mercantil, penal i penitenciària; legislació processal, sense perjudici de les necessàries especialitats que en aquest ordre es derivin de les particularitats del dret substantiu de les Comunitats Autònomes.
- 7a Legislació laboral, sense perjudici de la seva execució pels òrgans de les Comunitats Autònomes.
- 8a Legislació civil, sense perjudici de la conservació, modificació i desenvolupament per les Comunitats Autònomes dels drets civils, forals o especials, allí on existeixin. En tot cas, les regles relatives a l'aplicació i eficàcia de les normes jurídiques, relacions jurídic-civils relatives a les formes de matrimoni, ordenació dels registres i instruments públics, bases de les obligacions contractuals, normes per resoldre els conflictes de lleis i determinació de les fonts del dret, amb respecte, en aquest últim cas, a les normes del dret foral o especial.
- 9a Legislació sobre propietat intel·lectual i industrial.
- 10a Règim duaner i aranzelari; comerç exterior.
- 11a Sistema monetari: divises, canvi i convertibilitat; bases de l'ordenació de crèdit, banca i assegurances.
- 12a Legislació sobre pesos i mesures, determinació de l'hora oficial.
- 13a Bases i coordinació de la planificació general de l'activitat econòmica.
- 14a Hisenda general i Deute de l'Estat.
- 15a Foment i coordinació general de la recerca científica i tècnica.
- 16a Sanitat exterior. Bases i coordinació general de la sanitat. Legislació sobre productes farmacèutics.
- 17a Legislació bàsica i règim econòmic de la Seguretat Social, sense perjudici de l'execució dels seus serveis per les Comunitats Autònomes.
- 18a Les bases del règim jurídic de les Administracions públiques i del règim estatutari dels funcionaris que, en tot cas, garantiran als administrats un tractament comú davant elles; el procediment administratiu comú, sense perjudici de les especialitats derivades de l'organització pròpia de les Comunitats Autònomes;

¹¹² <<https://www.parlament.cat/document/nom/ConstitucioConsolidat.pdf>>

¹¹³ <<https://www.parlament.cat/document/cataleg/48089.pdf>>

- legislació sobre expropiació forçosa; legislació bàsica sobre contractes i concessions administratives i el sistema de responsabilitat de totes les Administracions públiques.
- 19a Pesca marítima, sense perjudici de les competències que en l'ordenació del sector s'atribueixin a les Comunitats Autònomes.
- 20a Marina mercant i abanderament de vaixells; il·luminació de costes i senyals marítims; ports d'interès general; aeroports d'interès general; control de l'espai aeri, trànsit i transport aeri, servei meteorològic i matriculació d'aeronaus.
- 21a Ferrocarrils i transports terrestres que transcorrin pel territori de més d'una Comunitat Autònoma; règim general de comunicacions; trànsit i circulació de vehicles a motor; correus i telecomunicacions; cables aeris, submarins i radiocomunicació.
- 22a La legislació, ordenació i concessió de recursos i aprofitaments hidràulics quan les aigües discorrin per més d'una Comunitat Autònoma, i l'autorització de les instal·lacions elèctriques quan el seu aprofitament afecti una altra Comunitat o el transport d'energia surti del seu àmbit territorial.
- 23a Legislació bàsica sobre protecció del medi ambient, sense perjudici de les facultats de les Comunitats Autònomes d'establir normes addicionals de protecció. La legislació bàsica sobre muntanyes, aprofitaments forestals i vies pecuàries.
- 24a Obres públiques d'interès general o la realització de la qual afecti a més d'una Comunitat Autònoma.
- 25a Bases del règim miner i energètic.
- 26a Règim de producció, comerç, tinença i ús d'armes i explosius.
- 27a Normes bàsiques del règim de premsa, ràdio i televisió i, en general, de tots els mitjans de comunicació social, sense perjudici de les facultats que en el seu desenvolupament i execució corresponguin a les Comunitats Autònomes.
- 28a Defensa del patrimoni cultural, artístic i monumental espanyol contra l'exportació i l'espoliació; museus, biblioteques i arxius de titularitat estatal, sense perjudici de la seva gestió per part de les Comunitats Autònomes.
- 29a Seguretat pública, sense perjudici de la possibilitat de creació de policies per les Comunitats Autònomes en la forma que s'estableixi en els respectius Estatuts en el marc del què disposi una llei orgànica.
- 30a Regulació de les condicions d'obtenció, expedició i homologació de títols acadèmics i professionals i normes bàsiques per al desenvolupament de l'article 27 de la Constitució, a fi de garantir el compliment de les obligacions dels poders públics en aquesta matèria.
- 31a Estadística per a finalitats estatals.
- 32a Autorització per a la convocatòria de consultes populars per via de referèndum.

2. Sense perjudici de les competències que podran assumir les Comunitats Autònomes, l'Estat considerarà el servei de la cultura com a deure i atribució essencial i facilitarà la comunicació cultural entre les Comunitats Autònomes, d'acord amb elles.

3. Les matèries no atribuïdes expressament a l'Estat per aquesta Constitució podran correspondre a les Comunitats Autònomes, en virtut dels seus respectius Estatuts. La competència sobre les matèries que no s'hagin assumit pels Estatuts d'Autonomia correspondrà a l'Estat, les normes del qual prevaldran, en cas de conflicte, sobre les de les Comunitats Autònomes en tot el que no sigui atribuït a l'exclusiva competència d'aquestes. El dret estatal serà, en tot cas, supletori del dret de les Comunitats Autònomes.»

«Article 148

1. Les Comunitats Autònomes podran assumir competències en les següents matèries:

- 1a Organització de les seves institucions d'autogovern.
- 2a Les alteracions dels termes municipals compresos en el seu territori i, en general, les funcions que corresponguin a l'Administració de l'Estat sobre les Corporacions locals i la transferència de les quals autoritzin la legislació sobre Règim Local.
- 3a Ordenació del territori, urbanisme i habitatge.
- 4a Les obres públiques d'interès de la Comunitat Autònoma en el seu propi territori.
- 5a Els ferrocarrils i carreteres l'itinerari de les quals es desenvolupi íntegrament en el territori de la Comunitat Autònoma i, en els mateixos termes, el transport desenvolupat per aquests mitjans o per cable.
- 6a Els ports de refugi, els ports i aeroports esportius i, en general, els que no desenvolupin activitats comercials.
- 7a L'agricultura i ramaderia, d'acord amb l'ordenació general de l'economia.
- 8a Les muntanyes i aprofitaments forestals.
- 9a La gestió en matèria de protecció del medi ambient.
- 10a Els projectes, construcció i explotació dels aprofitaments hidràulics, canals i regadius d'interès de la Comunitat Autònoma; les aigües minerals i termals.
- 11a La pesca en aigües interiors, el marisqueig i l'aqüicultura, la caça i la pesca fluvial.
- 12a Fires interiors.
- 13a El foment del desenvolupament econòmic de la Comunitat Autònoma dins dels objectius marcats per la política econòmica nacional.
- 14a L'artesanía.
- 15a Museus, biblioteques i conservatoris de música d'interès per a la Comunitat Autònoma.
- 16a Patrimoni monumental d'interès de la Comunitat Autònoma.
- 17a El foment de la cultura, de la recerca i, en el seu cas, de l'ensenyament de la llengua de la Comunitat Autònoma.
- 18a Promoció i ordenació del turisme en el seu àmbit territorial.
- 19a Promoció de l'esport i de l'adequada utilització de l'oci.
- 20a Assistència social.
- 21a Sanitat i higiene.
- 22a La vigilància i protecció dels seus edificis i instal·lacions. La coordinació i altres facultats en relació amb les policies locals en els termes que estableixi una llei orgànica.

2. Transcorreguts cinc anys, i mitjançant la reforma dels seus Estatuts, les Comunitats Autònomes podran ampliar successivament les seves competències dins del marc en l'article 149.»

Articles de l'Estatut d'autonomia de Catalunya:

«Article 44. Educació, recerca i cultura

1. Els poders públics han de garantir la qualitat del sistema d'ensenyament i han d'impulsar una formació humana, científica i tècnica de l'alumnat basada en els valors socials d'igualtat, solidaritat, llibertat, pluralisme, responsabilitat cívica i els altres que fonamenten la convivència democràtica.

2. Els poders públics han de fomentar la investigació i la recerca científica de qualitat, la creativitat artística i la conservació i la difusió del patrimoni cultural de Catalunya.»

«Article 45. Àmbit socioeconòmic

1. Els poders públics han d'adoptar les mesures necessàries per promoure el progrés econòmic i el progrés social de Catalunya i dels seus ciutadans, basats en els principis de la solidaritat, la cohesió, el desenvolupament sostenible i la igualtat d'oportunitats.

2. La Generalitat ha d'afavorir el desenvolupament de l'activitat empresarial i l'esperit emprenedor tenint en compte la responsabilitat social de l'empresa, la lliure iniciativa i les condicions de competència, i ha de protegir especialment l'economia productiva, l'activitat dels emprenedors autònoms i la de les empreses petites i mitjanes. La Generalitat ha de fomentar l'acció de les cooperatives i les societats laborals i ha d'estimular les iniciatives de l'economia social.»

«Article 52. Mitjans de comunicació social

1. Els poders públics han de promoure les condicions per garantir l'accés sense discriminacions als serveis audiovisuals en l'àmbit de Catalunya.»

«Article 53. Accés a les tecnologies de la informació i de la comunicació

1. Els poders públics han de facilitar el coneixement de la societat de la informació i han d'impulsar l'accés a la comunicació i a les tecnologies de la informació, en condicions d'igualtat, en tots els àmbits de la vida social, inclòs el laboral; han de fomentar que aquestes tecnologies es posin al servei de les persones i no afectin negativament llurs drets, i han de garantir la prestació de serveis per mitjà de les dites tecnologies, d'acord amb els principis d'universalitat, continuïtat i actualització.

2. La Generalitat ha de promoure la formació, la recerca i la innovació tecnològiques perquè les oportunitats de progrés que ofereix la societat del coneixement i de la informació contribueixin a la millora del benestar i la cohesió socials.»

«Article 84. Competències locals

1. El present Estatut garanteix als municipis un nucli de competències pròpies que han de ser exercides per aquestes entitats amb plena autonomia, subjecta només a control de constitucionalitat i de legalitat.

2. Els governs locals de Catalunya tenen en tot cas competències pròpies sobre les següents matèries en els termes que determinin les lleis:

i) La regulació de l'establiment d'autoritzacions i promocions de tota mena d'activitats econòmiques, especialment les de caràcter comercial, artesanal i turístic i foment de l'ocupació.

ii) La regulació de l'establiment d'infraestructures de telecomunicacions i prestació de serveis de telecomunicacions.»

«Article 110. Competències exclusives

1. Corresponen a la Generalitat, en l'àmbit de les seves competències exclusives, de manera íntegra la potestat legislativa, la potestat reglamentària i la funció executiva. Correspon únicament a la Generalitat l'exercici d'aquestes potestats i funcions, mitjançant les quals pot establir polítiques pròpies.»

«Article 111. Competències compartides

En les matèries que l'Estatut atribueix a la Generalitat de forma compartida amb l'Estat, corresponen a la Generalitat la potestat legislativa, la potestat reglamentària i la funció executiva, al marc de les bases que fixi l'Estat. En l'exercici d'aquestes competències, la Generalitat pot establir polítiques pròpies. El Parlament ha de desplegar i concretar per mitjà d'una llei les dites disposicions bàsiques.»

«Article 112. Competències executives

Correspon a la Generalitat, en l'àmbit de les seves competències executives, la potestat reglamentària, que comprèn l'aprovació de disposicions per a l'execució de la normativa de l'Estat, i també la funció executiva, que en tot cas inclou la potestat d'organització de la seva pròpia administració i, en general, totes aquelles funcions i activitats que l'ordenament atribueix a l'Administració Pública.»

«Article 113. Competències de la Generalitat i normativa de la Unió Europea

Correspon a la Generalitat el desenvolupament, l'aplicació i l'execució de la normativa de la Unió Europea quan afecti l'àmbit de les seves competències, en els termes que estableix el Títol V.»

«Article 114. Activitat de foment

1. Correspon a la Generalitat, en les matèries de la seva competència, l'exercici de l'activitat de foment. A tal fi, la Generalitat pot atorgar subvencions amb càrrec a fons propis.

2. Correspon a la Generalitat, en les matèries de competència exclusiva, l'especificació dels objectius als quals es destinen les subvencions estatals i comunitàries europees territorialitzables i també la regulació de les condicions d'atorgament i la gestió, incloent-hi la tramitació i la concessió.

3. Correspon a la Generalitat, en les matèries de competència compartida, precisar normativament els objectius als quals es destinen les subvencions estatals i comunitàries europees territorialitzables, i també completar la regulació de les condicions d'atorgament i tota la gestió, incloent-hi la tramitació i la concessió.

4. Correspon a la Generalitat, en les matèries de competència executiva, la gestió de les subvencions estatals i comunitàries europees territorialitzables incloent-hi la tramitació i la concessió.

5. La Generalitat participa en la determinació del caràcter no territorialitzable de les subvencions estatals i comunitàries europees. Així mateix, participa, en els termes que fixi l'Estat, en la gestió i tramitació d'aquestes subvencions.»

«Article 115. Abast territorial i efectes de les competències

1. L'àmbit material de les competències de la Generalitat està referit al territori de Catalunya, excepte en els supòsits a què fan referència expressament aquest Estatut i altres disposicions legals que estableixen l'eficàcia jurídica extraterritorial de les disposicions i els actes de la Generalitat.

2. La Generalitat, en els casos en què l'objecte de les seves competències té un abast territorial superior al del territori de Catalunya, exerceix les seves competències sobre la part d'aquest objecte situada en el seu territori, sens perjudici dels instruments de col·laboració que s'estableixin amb altres ens territorials o, subsidiàriament, de la coordinació per l'Estat de les Comunitats Autònomes afectades.»

«Article 132. Emergències i protecció civil

1. Correspon a la Generalitat la competència exclusiva en matèria de protecció civil, que inclou, en tot cas, la regulació, la planificació i execució de mesures relatives a les emergències i la seguretat civil, i també la direcció i coordinació dels serveis de protecció civil, que inclouen els serveis de prevenció i extinció d'incendis, sens perjudici de les facultats dels governs locals en aquesta matèria, respectant el que estableixi l'Estat en exercici de les seves competències en matèria de seguretat pública.

2. La Generalitat, en els casos relatius a emergències i protecció civil d'abast superior a Catalunya, ha de promoure mecanismes de col·laboració amb altres Comunitats Autònomes i amb l'Estat.

3. Correspon a la Generalitat la competència executiva en matèria de salvament marítim en els termes que determini la legislació de l'Estat.

4. La Generalitat participa en l'execució en matèria de seguretat nuclear, en els termes que siguin acordats en els convenis subscrits a aquest efecte i, si s'escau, en les lleis.»

«Article 133. Energia i mines

1. Correspon a la Generalitat la competència compartida en matèria d'energia. Aquesta competència inclou en tot cas:

a) La regulació de les activitats de producció, emmagatzematge i transport d'energia, l'atorgament de les autoritzacions de les instal·lacions que transcorrin íntegrament pel territori de Catalunya i l'exercici de les activitats d'inspecció i control de totes les instal·lacions existents a Catalunya.

b) La regulació de l'activitat de distribució d'energia que es dugui a terme a Catalunya, l'atorgament de les autoritzacions de les instal·lacions corresponents i l'exercici de les activitats d'inspecció i control de totes les instal·lacions existents a Catalunya.

c) El desplegament de les normes complementàries de qualitat dels serveis de subministrament d'energia.

d) El foment i la gestió de les energies renovables i de l'eficiència energètica.

2. La Generalitat participa, per mitjà de l'emissió d'un informe previ, en el procediment d'atorgament de l'autorització de les instal·lacions de producció i transport d'energia que ultrapassen el territori de Catalunya o si l'energia és objecte d'aprofitament fora d'aquest territori.

3. La Generalitat participa en la regulació i la planificació d'àmbit estatal del sector de l'energia que afecti el territori de Catalunya.

4. Correspon a la Generalitat la competència compartida sobre el règim miner. Aquesta competència inclou, en tot cas, la regulació i el règim d'intervenció administrativa i control de les mines i els recursos miners que estiguin situats al territori de Catalunya i de les activitats extractives que s'hi acompleixin.»

«Article 139. Indústria, artesania, control metrològic i contrast de metalls

1. Correspon a la Generalitat la competència exclusiva en matèria d'indústria, excepte el que s'estableix en l'apartat 2. Aquesta competència inclou, en tot cas, l'ordenació dels sectors i dels processos industrials a Catalunya, la seguretat de les activitats, de les instal·lacions, dels equips, dels processos i dels productes industrials, i la regulació de les activitats industrials que puguin produir impacte en la seguretat o salut de les persones.

2. Correspon a la Generalitat la competència compartida sobre la planificació de la indústria, en el marc de la planificació general de l'economia.

3. Correspon a la Generalitat la competència exclusiva en matèria d'artesania.

4. Correspon a la Generalitat la competència executiva en matèria de control metrològic.»

«Article 140. Infraestructures del transport i les comunicacions

1. Correspon a la Generalitat la competència exclusiva sobre ports, aeroports, heliports i altres infraestructures de transport al territori de Catalunya que no tinguin la qualificació legal d'interès general. Aquesta competència inclou en tot cas:

a) El règim jurídic, la planificació i la gestió de tots els ports i aeroports, instal·lacions portuàries i aeroportuàries, instal·lacions marítimes menors, estacions terminals de càrrega en recintes portuaris i aeroportuaris i altres infraestructures de transport.

b) La gestió del domini públic necessari per prestar el servei, especialment l'atorgament d'autoritzacions i concessions dins dels recintes portuaris o aeroportuaris.

c) El règim econòmic dels serveis portuaris i aeroportuaris, especialment les potestats tarifària i tributària i la percepció i la recaptació de tota mena de tributs i gravàmens relacionats amb la utilització de la infraestructura i del servei que presta.

d) La delimitació de la zona de serveis dels ports o els aeroports, i la determinació dels usos, equipaments i activitats complementàries dins del recinte del port o aeroport o d'altres infraestructures de transport, respectant les facultats del titular del domini públic.

2. La Generalitat participa en els organismes d'àmbit supraautonòmic que exerceixen funcions sobre les infraestructures de transport situades a Catalunya que són de titularitat estatal.

3. La qualificació d'interès general d'un port, aeroport o una altra infraestructura de transport situada a Catalunya requereix l'informe previ de la Generalitat, que podrà participar en la seva gestió, o assumir-la, d'acord amb el que es preveu en les lleis.

4. Correspon a la Generalitat la participació en la planificació i la programació de ports i aeroports d'interès general en els termes que determini la normativa estatal.

5. Correspon a la Generalitat, la competència exclusiva sobre la seva xarxa viària en tot l'àmbit territorial de Catalunya, així com la participació en la gestió de la de l'Estat a Catalunya d'acord amb el que es preveu en la normativa estatal. Aquesta competència inclou en tot cas:

a) L'ordenació, la planificació i la gestió integrada de la xarxa viària de Catalunya.

b) El règim jurídic i financer de tots els elements de la xarxa viària dels quals és titular la Generalitat.

c) La connectivitat dels elements que integren la xarxa viària de Catalunya entre ells o amb altres infraestructures del transport o altres xarxes.

6. Correspon a la Generalitat, en matèria de xarxa ferroviària, la competència exclusiva amb relació a les infraestructures de les quals és titular i la participació en la planificació i la gestió de les infraestructures de titularitat estatal situades a Catalunya, d'acord amb el que estableixi la normativa estatal.

7. Correspon a la Generalitat, d'acord amb la normativa de l'Estat, la competència executiva en matèria de comunicacions electròniques, que inclou en tot cas:

a) Promoure l'existència d'un conjunt mínim de serveis d'accés universal.

b) La inspecció de les infraestructures comunes de telecomunicacions i l'exercici de la potestat sancionadora corresponent.

c) La resolució de conflictes entre operadors de radiodifusió que comparteixin múltiples la cobertura dels quals no ultrapassi el territori de Catalunya.

d) La gestió del registre d'instal·ladors d'infraestructures comunes de telecomunicacions i del registre de gestors de múltiples l'àmbit dels quals no ultrapassi el territori de Catalunya.»

«Article 144. Medi ambient, espais naturals i meteorologia

1. Correspon a la Generalitat la competència compartida en matèria de medi ambient i la competència per a l'establiment de normes addicionals de protecció. Aquesta competència compartida inclou en tot cas:

a) L'establiment i la regulació dels instruments de planificació ambiental i del procediment de tramitació i aprovació d'aquests instruments.

- b) L'establiment i la regulació de mesures de sostenibilitat, fiscalitat i recerca ambientals.
 - c) La regulació dels recursos naturals, de la flora i la fauna, de la biodiversitat, del medi ambient marí i aquàtic si no tenen per finalitat la preservació dels recursos pesquers marítics.
 - d) La regulació sobre prevenció en la producció d'envasos i embalatges en tot llur cicle de vida, des que es generen fins que passen a ésser residus.
 - e) La regulació sobre prevenció i correcció de la generació de residus amb origen o destinació a Catalunya i sobre la gestió i el trasllat d'aquests i llur disposició final.
 - f) La regulació en la prevenció, el control, la correcció, la recuperació i la compensació de la contaminació de sòl i subsòl.
 - g) La regulació i la gestió dels abocaments efectuats en les aigües interiors de Catalunya, i també dels efectuats en les aigües superficials i subterrànies que no passen per una altra comunitat autònoma. En tot cas, dins del seu àmbit territorial, correspon a la Generalitat la competència executiva sobre la intervenció administrativa dels abocaments en les aigües superficials i subterrànies.
 - h) La regulació de l'ambient atmosfèric i de les diverses classes de contaminació d'aquest, la declaració de zones d'atmosfera contaminada i l'establiment d'altres instruments de control de la contaminació, amb independència de l'administració competent per a autoritzar l'obra, la instal·lació o l'activitat que la produeixi.
 - i) La regulació del règim d'autorització i seguiment de l'emissió de gasos d'efecte hivernacle.
 - j) La promoció de les qualificacions relatives a productes, activitats, instal·lacions, infraestructures, procediments, processos productius o conductes respectuosos amb el medi.
 - k) La prevenció, la restauració i la reparació de danys al medi ambient, i també el règim sancionador corresponent.
 - l) Les mesures de protecció de les espècies i el règim sancionador.
2. Correspon a la Generalitat, en matèria d'espais naturals, la competència exclusiva que, respectant el que es disposa en l'article 149.1.23 de la Constitució inclou, en tot cas, la regulació i la declaració de les figures de protecció, delimitació, planificació i gestió d'espais naturals i d'hàbitats protegits situats a Catalunya.
3. La Generalitat, en el cas dels espais naturals que superen el territori de Catalunya, ha de promoure els instruments de col·laboració amb altres Comunitats Autònomes per a crear, delimitar, regular i gestionar aquests espais.
4. La declaració i la delimitació d'espais naturals dotats d'un règim de protecció estatal requereix l'informe preceptiu de la Comissió Bilateral Generalitat-Estat. Si l'espai està situat íntegrament en el territori de Catalunya, la gestió correspon a la Generalitat.
5. Correspon a la Generalitat l'establiment d'un servei meteorològic propi, el subministrament d'informació meteorològica i climàtica, incloent el pronòstic, el control i el seguiment de les situacions meteorològiques de risc, així com la recerca en aquests àmbits i l'elaboració de la cartografia climàtica.

6. La Generalitat exerceix les seves competències mitjançant el Cos d'Agents Rurals, competents en la vigilància, el control, la protecció, la prevenció integral i la col·laboració en la gestió del medi ambient. Els membres d'aquest cos tenen la condició d'agents de l'autoritat i exerceixen funcions de policia administrativa especial i policia judicial, en els termes previstos en la llei.»

«Article 146. Mitjans de comunicació social i serveis de contingut audiovisual

1. Correspon a la Generalitat, en matèria de serveis de ràdio i televisió, i també de qualsevol altre servei de comunicació audiovisual:

a) La competència exclusiva sobre l'organització de la prestació del servei públic de comunicació audiovisual de la Generalitat i dels serveis públics de comunicació audiovisual d'àmbit local, respectant la garantia de l'autonomia local.

b) La competència compartida sobre la regulació i el control dels serveis de comunicació audiovisual que utilitzin qualsevol dels suports i de les tecnologies disponibles dirigits al públic de Catalunya, i també sobre les ofertes de comunicació audiovisual, si es distribueixen al territori de Catalunya.

2. Correspon a la Generalitat la competència compartida en matèria de mitjans de comunicació social.

3. La Generalitat ha de fomentar el pluralisme lingüístic i cultural de Catalunya en els mitjans de comunicació social.»

«Article 152. Planificació, ordenació i promoció de l'activitat econòmica

1. Correspon a la Generalitat la competència per a la promoció de l'activitat econòmica a Catalunya.

2. Correspon a la Generalitat la competència compartida sobre l'ordenació de l'activitat econòmica a Catalunya.

3. La Generalitat pot establir una planificació de l'activitat econòmica en el marc de les directrius que estableixi la planificació general de l'Estat.

4. Correspon a la Generalitat el desenvolupament i la gestió de la planificació general de l'activitat econòmica. Aquesta competència inclou en tot cas:

a) El desenvolupament dels plans estatals.

b) La participació en la planificació estatal a través dels mecanismes previstos en el Títol V.

c) La gestió dels plans, incloent els fons i els recursos d'origen estatal destinats al foment de l'activitat econòmica, en els termes que s'estableixin mitjançant conveni.»

«Article 155. Propietat intel·lectual i industrial

1. Correspon a la Generalitat de Catalunya la competència executiva en matèria de propietat intel·lectual, que inclou en tot cas:

a) L'establiment i la regulació d'un registre, coordinat amb el de l'Estat, dels drets de propietat intel·lectual generats a Catalunya o dels quals siguin titulars persones amb residència habitual

a Catalunya; l'activitat d'inscripció, modificació o cancel·lació d'aquests drets, i l'exercici de l'activitat administrativa necessària per a garantir-ne la protecció a tot el territori de Catalunya. La Generalitat ha de comunicar a l'Estat les inscripcions efectuades en el seu registre perquè siguin incorporades al registre estatal; ha de col·laborar amb aquest registre i facilitar el bescanvi d'informació.

b) L'autorització i la revocació de les entitats de gestió col·lectiva dels drets de propietat intel·lectual que actuïn majoritàriament a Catalunya, i també assumir tasques complementàries d'inspecció i control de l'activitat d'aquestes entitats.

2. Correspon a la Generalitat la competència executiva en matèria de propietat industrial, que inclou en tot cas:

a) L'establiment i la regulació d'un registre, coordinat amb el de l'Estat, de drets de propietat industrial de les persones físiques o jurídiques.

b) La defensa jurídica i processal dels topònims de Catalunya aplicats al sector de la indústria.»

«Article 158. Recerca, desenvolupament i innovació tecnològica

1. Correspon a la Generalitat, en matèria de recerca científica i tècnica, la competència exclusiva amb relació als centres i les estructures de recerca de la Generalitat i als projectes que aquesta finança, que inclou en tot cas:

a) L'establiment de línies pròpies de recerca i el seguiment, el control i l'avaluació dels projectes.

b) L'organització, el règim de funcionament, el control, el seguiment i l'acreditació dels centres i les estructures situats a Catalunya.

c) La regulació i la gestió de les beques i dels ajuts convocats i finançats per la Generalitat.

d) La regulació i la formació professional del personal investigador i de suport a la recerca. La difusió de la ciència i la transferència de resultats.

2. Correspon a la Generalitat la competència compartida sobre la coordinació dels centres i les estructures de recerca de Catalunya.

3. Els criteris de col·laboració entre l'Estat i la Generalitat en matèria de política de recerca, desenvolupament i innovació s'han de fixar en el marc del que estableix el títol V. Així mateix, s'han d'establir els sistemes de participació de la Generalitat en la fixació de les polítiques que afectin aquestes matèries en l'àmbit de la Unió Europea i en altres organismes i institucions internacionals.»

«Article 190. Gestió de fons europeus

Correspon a la Generalitat la gestió dels fons europeus en matèries de la seva competència, en els termes que estableixen els articles 114 i 210.»

«Disposició addicional setena. Relació de tributs cedits

A l'efecte del que estableix l'article 203.2, en el moment de l'entrada en vigor d'aquest Estatut tenen la consideració de:

- a) Tributs estatals cedits totalment:
- Impost sobre successions i donacions.
 - Impost sobre el patrimoni.
 - Impost sobre transmissions patrimonials i actes jurídics documentats.
 - Tributs sobre jocs d'atzar.
 - Impost sobre les vendes al detall de determinats hidrocarburs.
 - Impost sobre determinats mitjans de transport.
 - Impost sobre l'electricitat.
- b) Tributs estatals cedits parcialment:
- Impost sobre la renda de les persones físiques.
 - Impost sobre el valor afegit.
 - Impost sobre hidrocarburs.
 - Impost sobre les labors del tabac.
 - Impost sobre l'alcohol i begudes derivades.
 - Impost sobre la cervesa.
 - Impost sobre el vi i begudes fermentades.
 - Impost sobre els productes intermedis.

El contingut d'aquesta disposició es pot modificar per mitjà d'un acord entre el Govern de la Generalitat i el Govern de l'Estat, el qual l'ha de tramitar com a projecte de llei. A aquest efecte, la modificació d'aquesta disposició no es considera com a modificació de l'Estatut.

L'abast i les condicions de la cessió han d'ésser establerts per la Comissió Mixta a què fa referència l'article 210 que, en tot cas, l'ha de referir als rendiments a Catalunya. El Govern de l'Estat ha de tramitar l'acord de la Comissió com a projecte de llei.»

«Disposició addicional desena. Cessió de l'Impost sobre el Valor Afegit

El primer projecte de llei de cessió d'impostos que s'aprovi a partir de l'entrada en vigor d'aquest Estatut ha de contenir, en aplicació de la disposició addicional setena, un percentatge de cessió del 50% del rendiment de l'impost sobre el valor afegit. L'atribució a la comunitat autònoma de Catalunya es determina en funció del consum en el seu territori.»

«Disposició addicional onzena. Capacitat normativa

En el marc de les competències i de la normativa de la Unió Europea, l'Administració General de l'Estat ha de cedir competències normatives sobre l'impost sobre el valor afegit en les operacions efectuades en fase detallista als destinataris dels quals no tinguin la condició d'empresaris o professionals i en la tributació en fase detallista dels productes gravats pels impostos especials de fabricació.»

Annex V. Estructura de l'Agència Espacial Europea

En l'actualitat, el director general de l'Agència Espacial Europea (ESA) és Johann- Dietrich Woerner. La resta de l'estructura organitzativa¹¹⁴ és la següent:

1. La Direcció General

- És la responsable de la direcció de l'ESA, de la conselleria delegada de l'Agència i de la seva representació legal.
- Es vota per majoria qualificada (a 2/3) del Consell una vegada cada quatre anys.
- Implementa programes, executa la política i presenta els informes al Consell.
- Està assistida per personal científic i administratiu per realitzar les activitats. Tot el personal s'anomena genèricament "secretaria".

2. El Consell

- És l'òrgan de govern de l'ESA.
- Està format per representants de cada estat membre i està dirigit per un president o presidenta, elegit per un període de dos anys.
- Cada estat membre té un vot.
- El Consell es reuneix trimestralment a escala de delegats i cada dos a tres anys a escala ministerial.
- El seu paper és prendre decisions sobre l'activitat i la política de l'ESA.
- El Consell és al capdavant de sis taules de programa i sis comitès.

3. Els comitès i les taules de programa

Hi ha sis comitès de programa que es dediquen a la definició, gestió, funcionament i control de les activitats obligatòries:

- IPC: Industrial Policy Committee
- AFC: Administration and Finance Committee
- IRC: International Relations Committee
- SEC: Security Committee
- SPC: Science Programme Committee
- ATB: Agency technology and product Transfer Board

Les sis taules de programa es dediquen a la definició, gestió, funcionament i control dels sis programes operatius:

- PB-LAU: Launchers Programme Board
- PB-HME: Programme Board for Human Spaceflight, Microgravity and Exploration
- JCB: Joint Board on Communication Satellite Programmes
- PB-NAV: Programme Board on Satellite Navigation
- PB-EO: Earth Observation Programme Board
- PB-SSA: Space Situational Awareness Programme Board

¹¹⁴ <<https://www.esa.int/>>

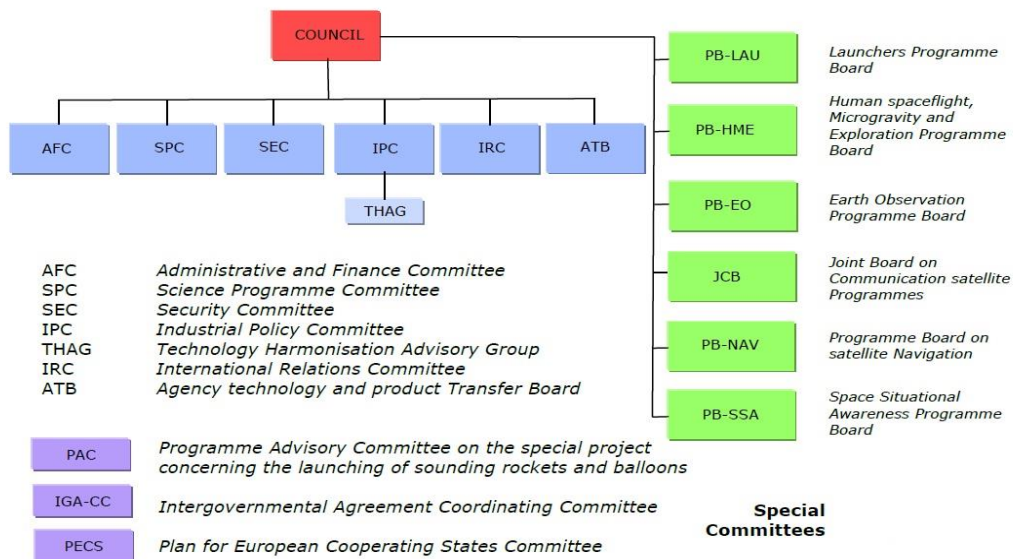


Figura V.1 El Consell de l'ESA i la seva estructura orgànica vinculada.

4. El Programa tecnològic

El Programa tecnològic de l'ESA representa al voltant del 8% del pressupost en investigació i desenvolupament directes i és una activitat obligatòria a la Convenció de l'ESA. Dirigeix un conjunt de programes preparatoris que cobreixen diferents nivells i dominis tècnics de maduresa.

- El Programa de recerca tecnològica bàsica (TRP) és responsable de les primeres etapes de desenvolupament en tots els àmbits de serveis i tecnologia, pren idees d'avantguarda i posa a prova la seva idoneïtat per a aplicacions espacials.
- El Programa general de tecnologia de suport (GSTP) adopta innovacions prèviament demostrades fins a etapes d'enginyeria successives, que evolucionen finalment en maquinari completament provat i preparat per a l'adopció de futures missions.

Altres programes tecnològics serveixen per a àmbits més específics:

- El programa Advanced Research in Telecom Systems (ARTES) dona suport a l'evolució de sistemes i serveis de telecomunicacions per a satèl·lits.
- El Programa preparatori de futures llançadores (FLPP) desenvolupa noves tecnologies i capacitats per a les llançadores europees.

Aquests quatre programes representen prop de les tres quartes parts de l'R+D en tecnologia de l'ESA. Els programes ESA addicionals amb un fort component d'R+D són:

- Programa sobre l'observació de la Terra (EOEP)
- Programa europeu d'evolució GNSS (EGEP)
- Exploració humana i transport
- Programa de tecnologia troncal o *core* (CTP)
- Preparació per a l'exploració robòtica de Mart (MREP)

Annex VI. Regulació d'activitats espacials en altres països

VI.1 El cas dels Estats Units d'Amèrica

Els Estats Units d'Amèrica van fomentar el desenvolupament del NewSpace mitjançant la legislació de l'Administració Federal d'Aviació¹¹⁵ (anomenada FAA). Aquest organisme és responsable d'assegurar la protecció pública, la propietat i els interessos de la seguretat nacional i la política exterior dels Estats Units durant les activitats de llançament comercial o de reingrés. Dins d'aquest àmbit, l'FAA va fomentar l'accés comercial a l'espai i facilitar l'activitat privada del sector, el qual tradicionalment ha estat destinat a l'agència nacional. Mitjançant llicències de ports espacials i vols suborbitals (com els de Virgin Galactic) i orbitals (com els de la llançadora Falcon 9 de l' SpaceX), l'FAA ha aconseguit impulsar el sector de les llançadores privades com un referent internacional, i ha arribat a facturar milions de dòlars. Així doncs, gràcies a un sistema senzill i ràpid de concessions de llicències de llançament, l'FAA ha autoritzat més de 370 llançaments i reentrades fins a avui dia. Tot i que les capacitats concretes de l'FAA no són comparables amb les de Catalunya, aquest exemple demostra com l'acció de l'Administració pública promou el camp espacial a través de normatives específiques. La conjunció d'autoritats amb una mentalitat i uns objectius clars, una legislació coherent i l'ordenació del propi sector han contribuït a disposar d'un sector espacial creixent, al marge del vinculat directament a les activitats de la NASA o de les Forces Armades, que lidera no sols el NewSpace, sinó que ha entrat en àmbits fins ara reservats únicament a l'Administració.

L'FAA dona llicències sota els paràmetres següents:

1. Es requereix una llicència de l'FAA per a qualsevol llançament o reingrés, o l'operació de qualsevol lloc de llançament o reingrés, per part de ciutadans nord-americans en qualsevol part del món, o per qualsevol individu o entitat dins dels Estats Units.
2. No és necessària una llicència de l'FAA per a les activitats espacials que el Govern duu a terme per al mateix Govern, com alguns llançaments de la NASA o del Departament de Defensa.
3. Una vegada que l'FAA determina que un paquet de sol·licitud de llicència està complet, té 180 dies per fer una determinació de llicència
4. L'avaluació de la llicència de l'FAA inclou una revisió:
 - a. de qüestions de seguretat pública, com el contingut de la càrrega útil
 - b. de preocupacions de seguretat nacional o de política exterior
 - c. de requisits d'assegurança per a l'operador de llançament
 - d. d'impacte ambiental potencial

Per flexibilitzar encara més les possibilitats d'efectuar activitats espacials, s'han habilitat els anomenats "permisos experimentals" per al llançament o el reingrés de coets suborbitals reutilitzables destinats a:

¹¹⁵ <<https://www.faa.gov/space/>>

- Recerca i desenvolupament per provar nous conceptes de disseny, nous equips o noves tècniques operatives.
- Demostració del compliment dels requisits com a part del procés d'obtenció d'una llicència.
- Entrenament de la tripulació abans d'obtenir una llicència per a un llançament o reingrés usant el disseny del coet per al qual s'expediria el permís.

Ningú no pot posar en servei un coet suborbital reutilitzable en virtut d'aquest permís amb la finalitat de transportar qualsevol bé o ésser humà a canvi d'una compensació o lloguer.

Pel que fa als ports espacials, l'FAA atorga llicències per als onze llocs de llançament comercial i de reingrés als Estats Units.

El sistema de **supervisió** de l'FAA consta de diferents punts:

- Els inspectors de seguretat de l'FAA supervisen les activitats autoritzades, incloses les llanxes de països estrangers i aigües internacionals.
- L'FAA té l'autoritat per suspendre o revocar qualsevol llicència o multar els operadors espacials que no compleixin els requisits estatutaris o reglamentaris.
- Actualment, la tripulació i els participants dels vols espacials comercials participen en les operacions mitjançant consentiment informat.
- Els reglaments sobre el consentiment informat exigeixen que la tripulació i els participants en els vols espacials siguin informats, per escrit, dels perills i riscos de la missió, l'historial de seguretat dels vehicles i l'historial de seguretat general de tots els vehicles de llançament i reentrada.
- Abans del vol, la tripulació i els participants en els vols espacials han de donar el seu consentiment per escrit per participar-hi.

Una part important de la missió estatutària de l'Oficina del Transport Espacial Comercial (anomenada AST) per encoratjar, facilitar i promoure el transport espacial comercial és, específicament, el suport a la millora contínua de la seguretat dels vehicles de llançament dissenyats per transportar persones. Per aquest motiu, s'ha creat el Programa d'Ales d'Astronauta Comercial, amb els següents objectius:

- El Programa d'Ales d'Astronauta Comercial de l'FAA està dissenyat per reconèixer als membres de la tripulació de vol que fomenten la missió de l'FAA de promoure la seguretat dels vehicles dissenyats per transportar humans.
- Les Ales d'Astronauta Comercial es donen a la tripulació de vol que ha demostrat un vol segur cap a l'espai i des de l'espai en una missió autoritzada per l'AA/AST.
- L'FAA va emetre la seva primera llicència per a vol espacials humans comercials l'1 d'abril de 2004 a Scaled Composites per al llançament de l'SpaceShipOne (SS1).
- El programa SS1 va ser el primer programa privat de vols humans comercials a l'espai.
- L'SS1 va ser dissenyat per complir amb els requisits del premi Ansari X, un premi de 10 milions de dòlars per a un vehicle de llançament reutilitzable que pogués portar una persona a 100 km d'altitud i repetir la gesta en dues setmanes.
- A mesura que l'SS1 avançava en el seu programa de proves de vol, el 2004 l'FAA va crear les Ales d'Astronauta Comercial.

- L'FAA va lliurar el primer conjunt d'Ales d'Astronauta Comercial el 2004 als pilots de prova de l'Scaled Composite, Mike Melvill i Brian Binnie.
- Per ser elegibles per a les Ales d'Astronauta Comercial, els nominats han de complir els criteris següents i presentar una sol·licitud a l'FAA:
 - a) S'ha de tractar d'un llançament amb llicència de l'FAA.
 - b) S'han de complir els requisits de qualificació i entrenament de la tripulació de vol del títol 14 del Codi de regulacions federals, apartat 460.
 - c) S'ha de demostrar un vol més enllà de les 50 milles estatutàries sobre la superfície de la Terra com a tripulació de vol en un vehicle de reentrada de llançament amb llicència o permís de l'FAA.

Revisió ambiental per a la concessió de llicències i permisos:

- La concessió de llicències per a les activitats de llançament i reingrés i l'emissió de permisos experimentals per a coets suborbitals reutilitzables es consideren mesures federals en virtut de la Llei de política ambiental nacional.

VI.2 El cas de Luxemburg

El cas Luxemburg és un altre exemple de com una normativa de suport fomenta l'activitat del NewSpace a Europa. Amb el panorama internacional com a context, Luxemburg ha anat treballant en la iniciativa de proveir-se d'una legislació nacional que permetés l'ús de l'espai i els seus recursos d'una forma àmplia. Cal tenir en compte que aquest estat s'ha posicionat d'una manera avantatjosa en l'escena internacional, malgrat els hàndicaps sociopolítics, com ara poderosos i influents veïns, reduïdes dimensions i poca població. Tot això s'ha aconseguit gràcies a una molt bona formació, les rendes per càpita més altes del món i una gran capacitat de crear situacions avantatjoses en el món legal, fiscal i bancari. Així doncs, Luxemburg es va convertir en el primer país europeu a privatitzar la televisió per satèl·lit, la qual cosa va ser realment una primera privatització de l'espai. Era la primera vegada que una companyia privada s'encarregava d'aquesta gestió, que va establir les bases d'un gegant de les telecomunicacions. Amb aquesta experiència prèvia, es va prendre en consideració el creixent moviment del NewSpace, la nova economia espacial associada i el canvi de paradigma en l'accés a l'espai incorporat. Tot això es va considerar com l'oportunitat per desenvolupar novament la indústria a Luxemburg.

Aquesta iniciativa, però, es va trobar amb un panorama amb limitacions legals per poder desenvolupar activitats privades a l'espai. És llavors quan es va prendre una decisió estratègica, en principi, bastant arriscada: la creació d'una llei nacional per a l'exploració i ús de l'espai, aplicable no només a la indústria nacional, sinó a tots aquells que tinguessin una delegació empresarial a Luxemburg, fins i tot sense que aquesta delegació fos de l'empresa impulsora del projecte. Aquesta norma serà la base jurídica que garanteixi als operadors que els seus drets sobre els materials extrets seran respectats. Luxemburg ha anat reforçant la seva posició constituint la seva pròpia Agència Espacial amb una clara vocació de potenciar i incentivar els negocis espacials. Amb aquesta idea, el Govern luxemburguès ha establert el compromís d'atreure les empreses perquè estableixin delegacions en el seu territori, amb una activa campanya d'incentius fiscals i proporcionant, al seu torn, solucions financeres innovadores.

Cal esmentar que el fet que la Universitat de Luxemburg ofereixi un nou màster interdisciplinari en matèria espacial ha promogut l'aparició de professionals formats i atractius per a les empreses externes. Així doncs, es busca dotar de l'expertesa necessària addicional a aquells que puguin treballar en la indústria espacial luxemburguesa, incidint especialment en el coneixement de les àrees de negoci. El model de foment d'un ecosistema empresarial orientat a l'espai, emprat per Luxemburg, s'ha convertit en una motivació i pauta a seguir per Catalunya. La creació d'un organisme que coordini les activitats vinculades a l'espai (de l'empresa, la ciència, les universitats i les administracions públiques), i que fomenti i proporcioni infraestructures, suport financer, cobertura legal i suport institucional esdevé crucial per al bon desenvolupament del NewSpace al territori.

La norma luxemburguesa de 20 de juliol de 2017¹¹⁶ recull, en síntesi, la regulació següent:

- i. S'estableix la capacitat d'apropiació legal sobre els recursos naturals existents a l'espai.
- ii. Per al desenvolupament de l'activitat serà preceptiva una autorització.
- iii. Aquesta autorització es donarà a un operador per a missions amb propòsits comercials.
- iv. Aquest operador haurà de tenir una societat registrada a Luxemburg.
- v. Les autoritzacions seran atorgades a títol personal.
- vi. Els requeriments per obtenir una autorització hauran d'anar acompanyats dels informes preceptius, bé per a una missió o per a un programa.
- vii. Es requerirà solidesa tècnica i financera amb solvència per al projecte a tots els nivells.
- viii. La identitat i reputació dels sol·licitants serà tinguda en compte com a criteri d'avaluació.
- ix. Aquesta reputació i solvència haurà de ser extensible als seus responsables. Com a mínim se n'hauran d'identificar dos en l'autorització.
- x. S'avaluaran els possibles riscos tècnics i financers, en matèria d'assegurances i responsabilitat.
 - xi. Seran preceptives auditories anuals.
- xii. Es detalla el contingut de l'autorització atorgada, incloent-hi límits.
- xiii. S'estableix un barem de despeses administratives, en un rang d'entre 5.000 i 500.000 euros.
- xiv. L'autorització concedida serà retirada si en 36 mesos no se'n fa ús o si en els sis mesos precedents cessa el negoci.
- xv. Les autoritats competents exerciran una constant supervisió.
- xvi. L'operador en ús d'una autorització serà responsable dels danys i perjudicis que causi una missió, incloent-hi els treballs preparatoris d'aquesta.
- xvii. Si la missió ho requereix, s'hauran d'obtenir altres possibles permisos.
- xviii. S'estableix un règim de sancions penals.

¹¹⁶ <<https://space-agency.public.lu/en/agency/legal-framework.html>>

VI.3 El cas dels Emirats Àrabs Units

Els Emirats Àrabs Units van desenvolupar una llei de regulació del sector espacial. Aquesta llei s'emmarca en l'estratègia espacial presentada en el National Space Policy Document,¹¹⁷ amb la finalitat de formular un sector espacial fort i sostenible, que contribueixi a la diversificació i el creixement de l'economia del país. En aquest document es determinaven les metes futures de l'activitat espacial al país i com aconseguir-les i la identificació dels agents clau implicats. En aquest sentit, l'Estratègia NewSpace de Catalunya, que es presenta de manera conjunta amb aquest document segueix la mateixa línia i motivació que en el cas dels Emirats Àrabs Units (EAU). Moltes de les accions preses per aquest país són perfectament extrapolables a un desenvolupament normatiu, tenint en compte únicament els aspectes competencials perquè siguin efectives.

I. Principis

- i. Millorar la vida dels ciutadans
- ii. Donar suport als interessos nacionals
- iii. Donar suport al creixement i diversificació de l'economia
- iv. Actuar conforme al respecte a la normativa vigent

II. Fites i objectius

- i. Expandir la utilització de l'espai per a la protecció de sectors vitals
- ii. Dur a terme un desenvolupament sostenible, competitiu i innovador del sector espacial privat
- iii. Dur a terme missions espacials científiques
- iv. Promoure un ecosistema segur i estable que doni suport a les activitats espacials
- v. Establir i expandir el lideratge dels EAU a la regió i a escala internacional

III. Punts d'èmfasi

- i. Tenir consciència de la importància de l'espai i les seves activitats
- ii. Formar professionals qualificats
- iii. Desenvolupar un ecosistema efectiu i atractiu:
 - a. Incrementar la transparència, l'efectivitat i la resiliència
 - b. Proporcionar l'adequada protecció a la propietat intel·lectual
 - c. Proveir de pòlisses d'assegurances adequades i d'instal·lacions sostenibles
 - d. Facilitar l'intercanvi d'informació i dades per donar suport adequat a les empreses
 - e. Proporcionar els incentius adequats
 - f. Minimitzar les càrregues reguladores de les activitats espacials comercials
 - g. Equilibrar les regulacions referides a les activitats comercials i els requisits de seguretat
- iv. Exercir un control actiu de radiofreqüències i recursos orbitals, i dirigir-los.
- v. Dotar-se de programes efectius de ciència, tecnologia i innovació
- vi. Establir col·laboracions, coordinacions i associacions en diferents àmbits
- vii. Promoure la coordinació i col·laboració a escala nacional
- viii. Promoure la coordinació i col·laboració a escala regional i internacional

¹¹⁷ <https://space.gov.ae/Documents/PublicationPDFFiles/UAE_National_Space_Policy_English.pdf>

- ix. Dotar-se d'un suport financer i d'inversions adequat
- x. Donar suport a la creació de les instal·lacions i infraestructures necessàries

IV. Línies principals

- i. Donar suport a la seguretat nacional
- ii. Millorar els sistemes de control i resposta davant desastres
- iii. Donar suport als sistemes d'ajuda humanitària
- iv. Donar suport a les empreses del país
- v. Utilitzar les tecnologies espacials per millorar la qualitat de vida dels ciutadans
- vi. Donar suport a la gestió de recursos naturals i a la gestió de ciutats intel·ligents i de l'administració electrònica
- vii. Donar suport als esforços internacionals per a la promoció d'activitats espacials sostenibles
- viii. Formar professionals en matèries científiques i aeroespacials
- ix. Millorar els sistemes de protecció mediambiental, observació de la Terra i control climàtic
- x. Donar suport al desenvolupament de tecnologies espacials nacionals
- xi. Crear programes de suport als esforços dirigits a la exploració espacial
- xii. Participar en programes espacials que incrementin l'estatus dels EAU en el sector, com exploracions tripulades i robòtiques, robòtica en tres dimensions i la seva manufactura a l'espai, exploració i extracció de recursos de l'espai, desenvolupament de vols comercials espacials i suborbitals, cooperació regional, etc.
- xiii. Promoure els productes i serveis dels EAU
- xiv. Donar suport econòmic a la diversificació i desenvolupament de nous mercats
- xv. Crear una indústria espacial sostenible i competitiva
- xvi. Promoure la innovació sostenible
- xvii. Promoure l'emprenedoria creativa i els projectes comercials en l'àmbit espacial
- xviii. Donar suport al desenvolupament d'estàndards a la indústria espacial

V. Implementació i govern

- i. Administrar de manera efectiva un programa espacial dels EAU
- ii. Implicar i coordinar els actors interessats
- iii. Avaluar de manera regular i comprensiva el sector per identificar oportunitats i debilitats
- iv. Revisar regularment les polítiques aplicables per a la seva millora