



UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

**IEEC**<sup>R</sup>

Institut d'Estudis  
Espacials de Catalunya



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH  
Escola d'Enginyeria de Telecomunicació  
i Aeroespacial de Castelldefels

## CONVENI DE COL·LABORACIÓ ENTRE LA UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA I L'INSTITUT D'ESTUDIS ESPACIALS DE CATALUNYA EN EL MARC DEL PROJECTE D'IMPLEMENTACIÓ DEL GRAU EN ENGINYERIA DE SATÈL·LITS A L'ESCOLA D'ENGINYERIA DE TELECOMUNICACIÓ I AEROESPACIAL DE CASTELLDEFELS (EETAC, UPC)

### PARTS

D'una part, el Prof. Daniel Crespo Artiaga, rector de la **UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA** (en endavant, **UPC**), amb seu social al carrer Jordi Girona, 31, 08034 Barcelona, i amb el NIF Q-0818003F, nomenat pel Decret 115/2021, d'1 de juny (publicat al DOGC núm. 8424, de 3.6.2021), que exerceix la competència per subscriure aquest conveni, en virtut de l'Acord del Consell de Govern CG/2023/07/05, de 5 de juliol de 2023 (publicat al DOGC núm. 8960, de 18.7.2023), que delega en el rector la funció d'aprovar els convenis de col·laboració i cooperació acadèmica i d'investigació, que l'article 46.2.h de la Llei orgànica 2/2023, de 22 de març, del sistema universitari, atribueix al Consell de Govern.

I, d'altra part, el Sr. Ignasi Ribas Canudas amb DNI \_\_\_\_\_ i la Sra. Pilar Montes Marbà amb DNI \_\_\_\_\_ actuant en nom i representació de la **FUNDACIÓ INSTITUT D'ESTUDIS ESPACIALS DE CATALUNYA** (en endavant, **IEEC**), amb NIF G61051710, i amb domicili en Carrer Esteve Terradas, 1, Edifici RDIT pl. 2, desp. 212, 08860 Castelldefels, en la seva condició de Director i Directora de l'Àrea de Gestió/Gerent en la seva qualitat de representants legals de l'IEEC.

Les parts es reconeixen mútuament en la qualitat en que intervenen la capacitat legal suficient per a formalitzar aquest conveni de col·laboració.

### MANIFESTEN

I.- Que la UPC és una institució de dret públic amb personalitat jurídica pròpia, amb plena capacitat d'obrar pública i privada i amb patrimoni propi per al desplegament de les seves finalitats i funcions, la qual, d'acord amb l'article 27.10 de la Constitució, gaudeix d'autonomia. La missió i objectius principals de la UPC és contribuir a la construcció d'un món sostenible i just, mitjançant la recerca, la transferència de tecnologia, la difusió del coneixement i la formació de professionals en enginyeria, arquitectura, ciència i tecnologia amb esperit crític i capacitat per treballar en equips interdisciplinaris i multiculturals, adaptar-se als canvis i aprendre al llarg de la vida.

II.- Que l'IEEC es va constituir l'any 1996 (número 976 al Registre de Fundacions de la Generalitat de Catalunya) i està integrada, des de la seva constitució, 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). La seva finalitat és la de col·laborar i participar en el desenvolupament, la promoció i la difusió de tot tipus d'activitats, estudis i projectes relacionats amb la tecnologia espacial i la recerca científica des de l'espai, en benefici de totes les persones, entitats i institucions que demostrin interès per conèixer-les.

L'IEEC estudia totes les àrees de coneixement i tecnologies aplicades al sector i les ciències 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 investigació espacial des dels àmbits científic i tecnològic pel màxim benefici de la societat.

L'IEEC és actualment una entitat amb participació majoritària de la Generalitat de Catalunya i és una fundació del sector públic, i ha estat adscrita a la Generalitat, tal com recull l'acord de Govern GOV/98/2020, de 28 de juliol. L'Institut juntament amb altres entitats públiques executa l'Estratègia New Space aprovada per la Generalitat de Catalunya per acord de Govern de data 27 d'octubre de 2020. La referida estratègia incorpora actuacions tecnològiques, socials i empresarials orientades a promoure el sector espacial català.

III.- La UPC vol impulsar el projecte d'implementació del grau en Enginyeria de Satèl·lits a l'Escola d'Enginyeria de Telecomunicació i Aeroespacial de Castelldefels (EETAC, UPC). El Pla d'estudis d'aquest grau ha estat aprovat tant pels òrgans de govern de l'Escola com pel Consell de Govern de la UPC. El referit grau té per objectiu proporcionar una formació integral en els coneixements, les habilitats i les competències requerits en el sector espacial, que inclou el disseny i control dels sistemes que formen un vehicle espacial, les comunicacions amb la Terra i entre satèl·lits, la transmissió i el processament de dades i els serveis i les aplicacions de les dades satel·litàries.

El dimensionament del referit projecte ve determinat pel nombre de places ofertes cada curs (50), per les assignatures a impartir i pel nombre de grups de teoria i de pràctiques que caldrà desplegar.

La durada serà de 4 anys, comptarà amb 240 crèdits (CTS) incloent-hi el treball de fi de grau. S'adjunta el Pla d'estudis com a Annex I. La implementació del grau implicarà la construcció d'un laboratori multidisciplinari al voltant de la temàtica d'aquest grau i la contractació.

IV.- Que ambdues entitats consideren que el Grau en enginyeria de Satèl·lits és una aposta de futur per a Catalunya alineada amb l'estratègia NewSpace impulsada pel Departament de Polítiques Digitals i Territori del Govern de la Generalitat de Catalunya, que cobreix l'eix del pla d'actuació enfocat a: «Talent i societat: crear, atraure i retenir el talent especialitzat que impulsi el desenvolupament de nous serveis i solucions en l'àmbit del NewSpace, i capacitar professionals d'altres sectors per afrontar-ne l'impacte».

En aquest projecte també es compta amb col·laboracions que ja es duen a terme actualment entre professorat de l'EETAC i l'IEEC ubicat en el Parc Mediterrani de la Tecnologia de Castelldefels, a tocar de l'escola. Al mateix temps, comptem amb col·laboracions amb l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC) i la Fundació i2CAT, que junt amb l'IEEC són punters en aquest camp i uns dels impulsors d'aquesta estratègia en cooperació amb la Generalitat de Catalunya.

V.- L'IEEC en el marc del programa Talent i Societat de l'Estratègia NewSpace de Catalunya, i concretament, dins el Programa Educatiu NewSpace del bloc 3, relatiu a fomentar la formació avançada d'estudis superiors en àmbit de l'espai, té interès a col·laborar en el referit projecte d'implementació del grau en Enginyeria de Satèl·lits.

Per l'exposat, les parts, en base a l'interès públic comú que ambdues persegueixen en el desenvolupament del projecte, es reconeixen recíprocament la capacitat per actuar i formalitzen el present conveni de col·laboració que es regula per les següents

## CLÀUSULES

### Primera. Objecte del conveni

Aquest conveni té per objecte establir la col·laboració entre la UPC i l'IEEC en relació amb el desenvolupament del projecte d'implementació del grau en Enginyeria de Satèl·lits a l'EETAC, UPC.

Els objectius del Projecte d'implementació del grau són els següents:

- Impulsar el grau en Enginyeria de Satèl·lits com una aposta de futur per Catalunya alineada amb l'estratègia NewSpace impulsada pel Departament de Polítiques Digitals i Territori del Govern de la Generalitat de Catalunya, que cobreix l'eix del pla d'actuació enfocat a: «Talent i societat: crear, atraure i retenir el talent especialitzat que impulsi el desenvolupament de nous serveis i solucions en l'àmbit del NewSpace, i capacitar professionals d'altres sectors per afrontar-ne l'impacte».
- Contribuir en la creació, atracció i retenció de talent especialitzat que impulsi el desenvolupament de nous serveis i solucions en l'àmbit del NewSpace a Catalunya.
- Proporcionar una formació integral en els coneixements, les habilitats i les competències requerits en el sector espacial, que inclou el disseny i control dels sistemes que formen un vehicle espacial, les comunicacions amb la Terra i entre satèl·lits, la transmissió i el processament de dades i els serveis i les aplicacions de les dades satel·litàries.

En l'Annex I del present conveni consta el pla d'estudis del grau en Enginyeria de Satèl·lits a l'EETAC UPC.

### Segona. Obligacions de les parts

#### 2.1 Són obligacions de la UPC:

- a) Assumir de la coordinació i gestió del grau en Enginyeria de Satèl·lits.
- b) Construir i equipar del laboratori multidisciplinari, que serà propietat de la UPC i formarà part del seu patrimoni.
- c) Aportar el professorat necessari, d'acord amb la normativa aplicable al PDI funcionari i laborat de les universitats públiques.
- d) Difondre la col·laboració de l'IEEC en el projecte d'implementació del grau.

## 2.2 Són obligacions de l'IEEC:

- a) Afavorir la col·laboració entre l'EETAC-UPC i l'IEEC, tant a nivell de les activitats de recerca com de formació a través del grau i, a posteriori, dels programes de màster i doctorat.
- b) Afavorir la participació d'investigadors i treballadors de l'IEEC en la impartició de seminaris o conferències relacionades amb les assignatures del grau.
- c) Col·laborar amb la UPC en el contingut del currículum del grau i la seva actualització constant, així com de les infraestructures i equipaments més adequats per la formació d'estudiants.
- d) Col·laborar amb la UPC en la participació de l'ecosistema en la definició del currículum del grau.
- e) Donar a conèixer en el marc del grau les activitats que desenvolupa l'IEEC, tant en l'àrea de recerca i enginyeria com en l'àrea de promoció del sector espacial, en benefici de la identificació d'oportunitats i d'atracció de talent que això pot suposar pel grau de la UPC.
- f) Donar a conèixer i afavorir la participació del professorat i l'alumnat del grau en totes les iniciatives del programa de Talent i Societat de l'estratègia NewSpace de Catalunya que promou l'IEEC. En són un exemple els ajuts per pràctiques d'estudiants en empreses i centres de recerca, els ajuts en el programa de doctorats industrials, la participació com a mentors del professorat en la formació d'estudiants dels diferents nivells educatius (primària, secundària, FP, etc.).
- g) Informar al professorat i alumnat del grau sobre l'accés a infraestructures de l'IEEC i del NewSpaceLab, vinculat a l'estratègia NewSpace de Catalunya.
- h) Contribuir, amb un límit de 300.000,00 euros, en les despeses del projecte d'implementació del grau en Enginyeria de Satèl·lits previstes pel curs acadèmic 2024-2025 en concepte de creació d'un laboratori amb equipament que permeti fer pràctiques de concepte en diferents assignatures i desenvolupar projectes CDIO en els diferents quadrimestres de la titulació.
- i) Contribuir, amb un límit de 300.000,00 euros, en les despeses del projecte d'implementació del grau en Enginyeria de Satèl·lits previstes pel curs acadèmic 2025-2026 en concepte de contractació de professorat o de dotació d'equipament d'un laboratori.

Aquestes quantitats s'abonaran per l'IEEC a la UPC mitjançant transferència bancària al següent número de compte titularitat de la UPC: ES68 2100 3648 9725 0000 1071. L'IEEC abonarà les referides quantitats en els següents terminis:

- 300.000 € dins el termini de 10 dies següents a la signatura del present Conveni.
- 300.000 € a partir de l'any següent a la signatura del present conveni condicionat a que la Generalitat de Catalunya transfereixi a l'IEEC els fons necessaris per executar aquesta quantitat en el marc de les activitats de l'Estratègia New Space durant el 2025.

## 2.3. Logotips als actes públics

Tots els actes públics de difusió i promoció que es duguin a terme amb ocasió del desenvolupament del present conveni hauran de figurar amb els logotips de la UPC, de la

Generalitat de Catalunya i l'IEEC i es comunicaran amb suficient antelació a l'altra part.

#### **2.4 Indemnitat**

Cadascuna de les parts respondrà i mantindrà indemne a l'altra part per l'incompliment de qualsevol de les seves obligacions previstes en el present conveni o pel seu compliment parcial.

#### **Tercera. Protecció de dades personals**

Les parts es comprometen a respectar i complir en tot moment la normativa vigent sobre Protecció de Dades Personals.

Si es produís l'accés a dades de caràcter personal, com a conseqüència de l'execució del present conveni, tan sols podran ser aplicats o utilitzats única i exclusivament per al compliment de les finalitats objecte del mateix, no podent ser cedits o lliurats a tercers sota cap títol, ni tan sols als mers efectes de conservació.

En tot cas, les parts hauran d'adoptar mesures d'índole tècnica i organitzatives necessàries, en especial les que reglamentàriament es determinen, en aplicació de la Llei Orgànica 3/2018, de 5 de desembre, de Protecció de Dades Personals i Garantia dels Drets Digitals, per garantir la seguretat de les dades de caràcter personal i evitar la seva alteració, pèrdua, tractament o accés no autoritzat, haguda compte de l'estat de la tecnologia, la naturalesa de les dades subministrades i els riscos als qual són exposats, tant si provenen de l'acció humana o del medi físic o natural.

#### **Quarta. Ús de la imatge**

Llevat els supòsits detallats a la clàusula 2.3, en la resta de casos en els que, com a conseqüència i en aplicació dels acords aquí establerts, alguna de les dues entitats consideri necessari fer ús dels logotips de l'altra, haurà de demanar-li autorització prèvia, a les respectives oficines de comunicació, especificant l'aplicació corresponent (sigui gràfica o electrònica i sobre qualsevol suport) i el tipus d'ús sol·licitat.

A l'autorització que en tot cas s'haurà d'atorgar per escrit, s'especificarà l'ús o usos per als quals es reconeix, així com el període de vigència, que en cap cas podrà superar la vigència del present conveni.

No obstant això, quan l'ús dels logotips i altres marques identificatives vagi a tenir caràcter lucratiu per a l'entitat sol·licitant, s'haurà de formalitzar el corresponent contracte de llicència de marca.

#### **Cinquena. Responsables i comissió del seguiment del conveni**

La Comissió de Seguiment del present conveni de col·laboració està formada per quatre persones, cadascuna de les parts signatàries en designarà dues.

Les tasques de la Comissió de Seguiment del present Conveni són les següents:

- Reunir-se, amb la periodicitat que tinguin per convenient, per tal de dissenyar el

calendari de les tasques a realitzar, i fer el seguiment i l'avaluació dels treballs que es duuguin a terme en l'àmbit del present conveni.

- Complir les funcions que el conveni li atribueix directament i actuar com a òrgan d'interpretació dels acords que s'hi pacten.
- Actuar com a òrgan de coordinació i interlocució entre les parts amb la finalitat d'aconseguir un millor assoliment dels objectius identificats en el marc del Projecte, i informar-les del grau d'assoliment i de qualsevol incidència rellevant.
- Proposar, si s'escau, a les parts signatàries la resolució del conveni.

Per part de l'IEEC es designa com a membres de la Comissió de seguiment al Sr. Josep Colomé Director de l'Àrea de Promoció del Sector Espacial de Catalunya de l'IEEC (amb correu electrònic colome@ieec.cat), i a la Sra. Paula Lomascolo, Coordinadora del Programa Talent i Societat de l'IEEC (amb correu electrònic: lomascolo@ieec.cat).

Per part de la UPC es designa com a membres del Comitè de la Comissió de Seguiment al membre del Consell de Direcció que el rector o la rectora nomeni i a la directora o al director de l'EETAC.

Les deliberacions i els acords del comitè de seguiment es faran constar en l'acta de la sessió que s'estendrà.

Els membres de la Comissió de Seguiment són els responsables del conveni.

#### **Sisena. Entrada en vigor i durada**

Aquest conveni entrarà en vigor a partir de la seva signatura i romandrà vigent fins al compliment efectiu de les obligacions assumides que, en tot cas, no seran posteriors a la finalització del curs acadèmic 2025-2026.

#### **Setena. Resolució**

Són causes de resolució del conveni les següents:

- a) El transcurs del termini de vigència del conveni.
- b) El mutu acord de les parts signants, manifestat per escrit.
- c) La manifestació de qualsevol de les dues parts de la voluntat de resoldre el conveni, amb un preavís escrit d'1 mes.
- d) L'incompliment d'alguna de les parts de les seves obligacions.
- e) Per decisió judicial declaratòria de la nul·litat del conveni.
- f) Les causes previstes en el conveni i les establertes en la legislació vigent.

En el cas de resolució per incompliment (lletra d), qualsevol de les parts pot notificar a la part incomplidora un requeriment perquè compleixi en un termini determinat les obligacions o els compromisos que es consideren incomplerts. Aquest requeriment s'ha de comunicar al responsable del mecanisme de seguiment, vigilància i control de l'execució del conveni i a les altres parts signants

Si, un cop transcorregut el termini indicat en el requeriment, l'incompliment persisteix, la part que el va adreçar ha de notificar a les parts signants la concurrència de la causa de resolució i el conveni s'entén resolt. La resolució del conveni per aquesta causa pot comportar la indemnització dels perjudicis causats.

En tot cas, si quan es doni qualsevol de les causes de resolució del conveni existeixen actuacions en curs d'execució, les parts, a proposta dels Responsables del seguiment del conveni, podran acordar la continuació i finalització de les actuacions en curs que considerin oportunes, establint un termini improrrogable per a la seva finalització, transcorregut el qual s'ha de fer la liquidació de les mateixes.

#### Vuitena. Transparència

De conformitat amb la legislació vigent sobre transparència, accés a la informació pública i bon govern, la UPC i l'IEEC, en relació amb aquest conveni, faran pública la informació relativa a les parts signants, l'objecte, la vigència, les obligacions que assumeixen les parts, incloent-hi les econòmiques, i qualsevol modificació que es realitzi.

#### Novena. Competència jurisdiccional

Les parts expressen el compromís de complir les obligacions respectives de bona fe i de dur a bon terme totes i cadascuna de les negociacions que siguin necessàries per a l'acompliment d'aquest conveni a satisfacció d'elles.

Qualsevol controvèrsia que es derivi de la interpretació, el compliment o l'execució dels acords del present conveni marc s'ha de resoldre per mutu acord entre les parts.

En cas de conflicte, les parts renuncien expressament a qualsevol altre fur que els pugui correspondre i se sotmeten als jutjats i tribunals de l'ordre jurisdiccional competents de la ciutat de Barcelona.

I, en prova de conformitat, les parts signen aquest conveni de col·laboració a Barcelona i Castelldefels, a la data de les seves signatures.

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

INSTITUT D'ESTUDIS ESPACIALS DE CATALUNYA

Prof. Daniel Crespo Artiaga  
Rector

Sr. Ignasi Ribas Canudas Director IEEC



Signat  
electrònicament per:  
DANIEL CRESPO  
(R: Q0818003F)  
Data: 2024.10.31  
10:11:07 CET  
Raó: UPC  
Lloc: Barcelona




Digitally signed by  
IGNASI  
RIBAS (R: G61051710)  
Date: 2024.11.04  
10:27:48 +01'00'


Sra. Pilar Montes Marbà  
Directora Àrea Gestió/Gerent IEEC

Pilar Montes  
Marbà - DNI  
(SIG)

Firmado digitalmente  
por Pilar Montes  
Marbà - DNI  
Fecha: 2024.11.04  
13:11:26 +01'00'

**ANNEX I. PLA D'ESTUDIS DEL GRAU EN ENGINYERIA DE SATÈL·LITS A L'ESCOLA D'ENGINYERIA DE TELECOMUNICACIÓ I AEROESPACIAL DE CASTELLDEFELS (EETAC) DE LA UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA**

Grau en Enginyeria de Satèl·lits							
Fase inicial	1A	Introducció a l'espai 6 ECTS	Càlcul 6 ECTS	Àlgebra 6 ECTS	Ciències de la computació 6 ECTS	Física 6 ECTS	
	1B	Mecànica clàssica 6 ECTS	Sistemes elèctrics i electrònics 6 ECTS	Matemàtiques avançades 6 ECTS	Química 6 ECTS	Senyals i sistemes 6 ECTS	
	2A	Mètodes numèrics 5 ECTS	Termodinàmica 5 ECTS	Processat de senyal 5 ECTS	Estructures i materials 5 ECTS	Electrònica 5 ECTS	CDIO I 5 ECTS
	2B	Mecànica orbital 5 ECTS	Enginyeria de sistemes 5 ECTS	Mecànica de fluids 5 ECTS	Fonaments de comunicacions 5 ECTS	Ones electromagnèti. 5 ECTS	CDIO II 5 ECTS
	3A	Entorn de l'espai 5 ECTS	Teoria de control 5 ECTS	Coets i llançadores 5 ECTS	Arquitectures i protocols de comunicacions 5 ECTS	Enginyeria de sistemes d'aeronaus 5 ECTS	CDIO III 5 ECTS
	3B	Sistemes de comunicacions satel·litals 5 ECTS	Control d'òrbita i actitud satel·lital 5 ECTS	Sistemes de potencia 5 ECTS	Control tèrmic satel·lital 5 ECTS	Programari i maquinari embarcats 5 ECTS	CDIO IV 5 ECTS
	4A	Optativitat 12 ECTS		Servels i aplicacions de dades satel·litals 6 ECTS	Segment terrestre i d'usuari 6 ECTS	Anàlisi i disseny de missions 6 ECTS	
	4B	Optativitat 12 ECTS		Treball de Fi de Grau 18 ECTS			


**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA**  
 BARCELONATECH  
 Escola d'Enginyeria de Telecomunicació i Aeroespacial de Castelldefels

**Llegenda de colors:**

- Obligatòries
- Optatives
- Treball de fi de grau



### Pla d'estudis

A continuació es descriuen els continguts orientatius de les assignatures troncal dels diferents quadrimestres, sense tenir en compte els CDIO.

FIRST YEAR	
1A	
<p><b>INTRODUCTION TO SPACE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• General view of our cosmos</li> <li>• Short history of space exploration</li> <li>• Rockets and Launchers</li> <li>• Space mission architecture. Requirements, mission concepts, Satellite subsystems</li> <li>• Satellite Applications</li> <li>• Space activities               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Science from Space. Technology testing</li> <li>• Political, economical and humanitarian motivations</li> <li>• Space Agencies.</li> </ul> </li> </ul>	<p><b>ALGEBRA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vector spaces. Linear applications</li> <li>• Diagonalization</li> <li>• Differential equations and linear systems with constant coefficients. Properties and solutions</li> <li>• First order ordinary differential equations. Cauchy problem. Resolution of elementary differential equations</li> <li>• Existence and unicity of solutions. Higher order equations</li> <li>• Resolution by series. Orthogonal polynomials.</li> <li>• Affine and Euclidean spaces. Orthogonality Orthonormal bases. Gram-Schmidt method</li> <li>• Metric problems               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Scalar and vector fields</li> </ul> </li> <li>• Partial derivatives equations. Classification. Fourier Series.</li> </ul>
<p><b>CALCULUS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Real and complex numbers. Polynomials and other elementary functions</li> <li>• Inverse and implicit functions. Coordinate systems and changes of variable</li> <li>• Differential and integral calculus in single variable functions</li> <li>• Series of numbers. Power series</li> <li>• Curves and surfaces. Parametrizations</li> <li>• Determination of longitudes and areas</li> <li>• Differential and integral calculus in several variables' functions</li> </ul>	<p><b>COMPUTER SCIENCE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hardware description</li> <li>• Linux and Windows Operating systems</li> <li>• Programming languages (Python and C)</li> <li>• Data types, sentences and algorithms</li> <li>• Programming environments</li> <li>• Introduction to software engineering.</li> </ul> <p><b>PHYSICS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kinematics and dynamics of point-like masses</li> <li>• Newton's laws. Friction force</li> <li>• Hooke's force. Harmonic oscillations</li> <li>• Work and energy</li> <li>• Coulomb force, electrical charge and electrostatic field</li> <li>• Electric potential. Capacity</li> <li>• Electric current. Ohm's law</li> <li>• Magnetic field. Sources of magnetic field</li> <li>• Magnetic induction.</li> </ul>

FIRST YEAR	
1B	
<p><b>CLASSICAL MECHANICS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundamental principles of Mechanics. Velocity- and position-dependent forces. Introduction to analytical mechanics: Lagrange equations</li> <li>• Damped and driven oscillations.</li> <li>• Central forces. Orbits.</li> <li>• Non-inertial frames of reference.</li> <li>• Linear and angular momentum. 1D rotation: inertia moment, rotational equations.</li> <li>• 3D rotation: inertia tensor, rotational dynamics. Euler's angles.</li> </ul>	<p><b>CHEMISTRY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Atoms and atomic structure</li> <li>• Periodic properties of chemical elements</li> <li>• Chemical bond</li> <li>• Molecular structure</li> <li>• Carbon chemistry</li> <li>• States of matter</li> <li>• Dissolutions. Polar and non-polar compounds</li> <li>• Behavior of ideal and real gasses</li> <li>• Crystalline structure, imperfections in solids and diffusion</li> <li>• Diffusion phenomena and mechanisms</li> <li>• Solid solutions. Phase diagrams. Alloys</li> <li>• Materials: alloys and composites.</li> <li>• Thermochemistry</li> <li>• Chemical kinetics</li> <li>• Reactions and chemical equilibrium</li> <li>• Stoichiometry of chemical reactions</li> <li>• Combustion reactions               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Examples of combustion on rocket engines</li> </ul> </li> <li>• Photochemical reactions</li> <li>• Atmospheric chemistry</li> <li>• Reduction-oxidation reactions</li> <li>• Cell potential</li> <li>• Electrochemical processes in batteries Corrosion.</li> </ul>
<p><b>ELECTRICAL and ELECTRONIC SYSTEMS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basic concepts. Kirchoff laws, Joule's law</li> <li>• Circuit analysis in DC and AC</li> <li>• Electronic devices: diode, transistor, op amp</li> <li>• Electrical Power system: primary and secondary power subsystems; power management, distribution and control.</li> </ul>	<p><b>SIGNALS and SYSTEMS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linear, time-invariant (LTI) systems</li> <li>• Impulse response</li> <li>• ODE in linear systems.</li> <li>• Laplace transform.</li> <li>• Transfer function. Pole-zero diagrams</li> <li>• Systems dynamics. Stability</li> <li>• Fourier series. Fourier transform. Frequency response</li> <li>• Gain and Phase frequency responses. Bode diagrams.</li> <li>• First- and Second-order Filter analysis.</li> <li>• Gain and Phase response from Pole-zero diagrams</li> <li>• Introduction to Analog amplitude modulations</li> <li>• Physical systems models: translational/rotational mechanics and electromechanics.</li> </ul>
<p><b>ADVANCED MATHEMATICS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Integration in two and three dimensions</li> <li>• Integrating along a curve</li> <li>• Surface integrals</li> <li>• Differential operators. Stokes and Gauss Theorems. Conservative and solenoidal fields</li> <li>• Probability</li> <li>• Random variables</li> <li>• Statistics. Confidence intervals.</li> <li>• Stochastic processes. Monte Carlo methods</li> </ul>	

SECOND YEAR	
2A	
<p><b>NUMERICAL METHODS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundamentals of Numerical linear algebra</li> <li>• Solution of systems of linear equations</li> <li>• Interpolation and approximation</li> <li>• Approximate solution of nonlinear problems</li> <li>• Numerical methods for partial differential equations</li> <li>• Finite differences methods vs Finite Element Method</li> <li>• Optimization techniques.</li> </ul>	<p><b>STRUCTURES AND MATERIALS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundamentals of structural analysis               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Design requirements. Launch phase</li> <li>• Materials</li> <li>• Satellites configuration</li> <li>• Structural analysis</li> <li>• Mobile mechanisms. Tribology</li> </ul> </li> <li>• Truss analysis. Method of Joints. Direct Stiffness Method</li> <li>• Analysis of continuous beams and frames. Direct Stiffness Method. Thermal loading. Dynamic loading</li> <li>• Buckling of slender members under compression. Euler formulation</li> <li>• Strength of materials. Review of basic concepts: Stress and Strain tensors in 2D and 3D, Cauchy equilibrium equations, Generalized Hooke's law. Principals stresses and strains. Equivalent stress. Particularization to axial force, bending moment, shear and torsion</li> <li>• Introduction to the Finite Element Method</li> <li>• Structural design, safety and limit states</li> <li>• Structural materials. Presentation of the main materials used in space: metallic and composite materials, and their characteristics.</li> <li>• Damped and driven oscillations. Introduction to coupled oscillations and normal modes</li> <li>• Introduction to statics of deformable solids and theory of elasticity. Introduction to the basic concepts, stress, strain, constitutive law, compatibility.</li> </ul>
<p><b>THERMODYNAMICS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zeroth Principle. Equation of state</li> <li>• Temperature and dilatation</li> <li>• Energy, energy transfer and general energy analysis. First principle</li> <li>• Energy analysis in closed systems</li> <li>• Mass and energy analysis of control volumes (open systems)</li> <li>• Second principle. Entropy and disorder</li> <li>• Gas power cycles</li> <li>• Third principle. Absolute zero temperature.</li> </ul>	<p><b>ELECTRONICS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Measurement specifications &amp; error analysis</li> <li>• Sensors and actuators</li> <li>• Analog front-end design</li> <li>• Digital Systems: Combinational &amp; Sequential</li> <li>• Programmable electronic systems</li> <li>• Electronic control of actuators.</li> </ul>
<p><b>SIGNAL PROCESSING</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sampling. Digitized signal</li> <li>• Z-Transform. Transfer function. Stability</li> <li>• Discrete Fourier Transform. Frequency response</li> <li>• Digital filters</li> <li>• AD &amp; DA Converters. Sampling Process               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Types</li> <li>• Sampling process: Noise, Nyquist, antialiasing filter</li> <li>• Signal reconstruction, interpolation.</li> </ul> </li> </ul>	

SECOND YEAR	
2B	
<p><b>ORBITAL MECHANICS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equations of motion. Two body problems</li> <li>• Kepler orbits</li> <li>• Coordinate and time reference Systems. Classical and Alternate orbital elements</li> <li>• Orbit determination</li> <li>• Perturbations.               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nonspherical Earth perturbations</li> <li>• Third body perturbations</li> <li>• Atmospheric drag perturbations</li> <li>• Solar radiation pressure perturbations</li> </ul> </li> <li>• Orbital manoeuvres               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coplanar orbit transfers</li> <li>• Hohmann transfer</li> <li>• Other transfers: parabolic, bi-elliptic, continuous thrust transfer.</li> <li>• Orbit plane changes</li> </ul> </li> <li>• Lambert problem</li> <li>• Orbit rendezvous               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Phasing, time wait, approximation and docking phase</li> <li>• Launch windows</li> </ul> </li> <li>• Interplanetary trajectories               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gravity assists</li> <li>• Lagrangian points</li> <li>• Lissajous orbits</li> <li>• Sphere of influence</li> <li>• Patched conics method.</li> </ul> </li> </ul>	<p><b>FUNDAMENTALS OF COMMUNICATION</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction to Information Theory</li> <li>• Transmission channel for satellite communications</li> <li>• Sampling methodology</li> <li>• Telecom systems models</li> <li>• Communication techniques: modulation, bandwidth, noise, spread spectrum, multicarrier transmissions</li> <li>• Analog and Digital Modulation: baseband signal, passband signal, IQ decomposition.</li> <li>• Channel Coding</li> <li>• Multiplexing and multiple access: FDMA, TDMA, CDMA, OFDMA</li> <li>• Synchronization</li> <li>• Equalization.</li> </ul>
<p><b>SYSTEMS ENGINEERING</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systems design               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stakeholders' expectations &amp; Technical requirements</li> <li>• System concept and feasibility analysis. Design drivers</li> <li>• Subsystems definition</li> <li>• Scheduling, planning and critical paths. Cost estimations</li> <li>• Team management</li> <li>• Concurrent engineering techniques</li> <li>• Detailed definition. Subsystems requirements &amp; design</li> <li>• Sustainability requirements                   <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energy sources</li> <li>• Materials and Waste</li> <li>• Greenhouse emissions</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• Product development &amp; verification               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Product implementation</li> <li>• Subsystems assembly &amp; integration</li> <li>• The product verification plan                   <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analysis &amp; simulations</li> <li>• Test. Design &amp; implementation of the test system. Test results analysis</li> <li>• Inspection &amp; review of design</li> </ul> </li> <li>• Assurance, risks &amp; safety</li> <li>• Technical data management &amp; effective documentation.</li> </ul> </li> </ul>	<p><b>ELECTROMAGNETIC WAVES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Electromagnetic waves</li> <li>• Waves: Transversal and longitudinal waves Wave equation</li> <li>• Reflexion, refraction and diffraction. Doppler effect</li> <li>• Superposition and stationary waves. Interference. Dispersion. Group velocity</li> <li>• Propagation of electromagnetic waves</li> <li>• Atmospheric effects, radio signal propagation</li> <li>• Antennas principles</li> <li>• Transmission lines</li> <li>• Optical fiber communications</li> <li>• LASER systems               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Optical transmitter: LASER</li> <li>• Optical detection: Photodiode.</li> </ul> </li> </ul>
	<p><b>FLUID MECHANICS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuous media. Fluid's properties</li> <li>• Fluid Statics</li> <li>• Integral form of the conservation laws</li> <li>• Differential form of the conservation laws.</li> <li>• Potential flows</li> <li>• Compressible flow.</li> </ul>



THIRD YEAR	
3A	
<p><b>SPACE ENVIRONMENT</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gravitational field and Microgravity</li> <li>• Earth atmospheric model. Ionosphere. Effects of the upper atmosphere. Air glow, atomic oxygen</li> <li>• Terrestrial magnetic field. Van Allen radiation belts, solar cycle, South Atlantic anomaly and ionising radiation. Ionized environment: plasma in LEO. Effects of radiation. Solar particle events. Cosmic radiation. Radiation unit systems. Humans and satellite effects</li> <li>• Vacuum conditions. Embrittlement, outgassing, degradation.</li> <li>• Meteoroids and space debris. Space debris classification. Space debris flux and distribution. Space garbage problem. Kessler syndrome</li> <li>• Solar system environment</li> <li>• Lunar and Martian environment</li> <li>• Interplanetary environment.</li> </ul>	<p><b>ROCKETS AND LAUNCHERS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tsiolkovsky's equation. Delta V. Specific impulse. Ejection velocity</li> <li>• Rocket engines: combustion chamber, nozzles</li> <li>• Types of rocket engines:             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Solid rockets: fuels, grain and port geometry</li> <li>• Liquid rockets: pressure fed vs. pump-fed; non-cryogenic vs. cryogenic propellants; monopropellants vs. bipropellants; non-hypergolic vs. hypergolic propellants</li> <li>• Hybrid rockets</li> </ul> </li> <li>• Launch vehicles. Rocket staging</li> <li>• Launch vehicle dynamics</li> <li>• Launch environment</li> <li>• Launch bases</li> <li>• Rocket engines for space propulsion. Introduction to Grid Ion Thrusters</li> <li>• Launcher trajectories.</li> </ul>
<p><b>CONTROL THEORY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction to Control Systems. Feedback Control systems.</li> <li>• Introduction to Physical System Modelling</li> <li>• Root-locus Analysis</li> <li>• Time response of feedback systems</li> <li>• Frequency Domain Analysis of Feedback Systems</li> <li>• Digital Control             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Advanced Control Systems</li> <li>• State Space Representation</li> <li>• Controllability and Observability</li> <li>• Full-state feedback</li> <li>• Optimal control (LQR)</li> </ul> </li> <li>• Case study: PID Controller</li> <li>• Advanced Control Systems: Optimal and Robust</li> <li>• Non-linear control</li> <li>• Artificial Intelligence Control.</li> </ul>	<p><b>SPACECRAFT SYSTEM ENGINEERING</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Documentation management. Mission evaluation. Concurrent design. Mission analysis</li> <li>• Dynamics of satellites, orbit design and maintenance</li> <li>• Launch vehicles</li> <li>• Ground and user segment</li> <li>• Tracking, telemetry and command</li> <li>• Structure and mechanisms</li> <li>• Power System</li> <li>• On board computer and data handling</li> <li>• Space propulsion</li> <li>• Thermal control</li> <li>• Communications</li> <li>• Attitude Determination and control</li> <li>• Spacecraft manufacturing, reliability, and cost modeling.</li> </ul>
<p><b>TELECOMMUNICACION ARCHITECTURES AND PROTOCOLS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Architectures of communication protocols for Non-Terrestrial Network (NTN). Extended TCP/IP models</li> <li>• Inter-Satellite Links (ISL) and user segment channel characterization</li> <li>• Media access protocols</li> <li>• Transport protocols and congestion mechanisms</li> <li>• Routing mechanisms for ISL and user segment</li> <li>• Assisted and reconfigurable Intelligent Communications</li> <li>• Resources placement (ground-stations, gateways, routers)</li> <li>• 3GPP 5G NTN standardization.</li> </ul>	

THIRD YEAR	
3B	
<p><b>SATELLITE COMMUNICATIONS SYSTEMS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tracking, telemetry and command. Techniques and communication protocols.</li> <li>• Transponders</li> <li>• Transceivers</li> <li>• RF Systems (High Frequency)</li> <li>• Electromagnetic spectrum management: regulation and management. The role of ITU</li> <li>• Link budget.</li> </ul>	<p><b>SATELLITE ATTITUDE AND ORBIT CONTROL</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• AOCS block diagram. Long and short-term stability. Accuracy requirements. Pointing maneuvers. Orbit maintenance</li> <li>• Attitude determination and control               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rigid solid mechanics</li> <li>• Attitude representation: Euler angles, quaternions, director cosines</li> <li>• Spacecraft attitude classification: Three-axes stabilized, spinners and hybrid S/Cs</li> <li>• Attitude sensors. Reference and Inertial sensors</li> <li>• Actuators. Thrusters. Magnetic torque. Gravity gradient. Momentum storage torquers. Reaction and momentum wheels</li> <li>• Perturbations. External and internal disturbances. Oscillatory modes. Nutation Damping</li> <li>• Attitude determination algorithms. Control algorithms. Kalman filter</li> </ul> </li> <li>• Space propulsion               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Propulsion requirements: orbital manoeuvres and station-keeping</li> <li>• Cold gas propulsion. Butane-based systems</li> <li>• Rockets of solid and liquid fuel</li> <li>• Electric propulsion (Ion thrusters)</li> <li>• Electrodynamic propulsion</li> <li>• Solar sails.</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>POWER SYSTEMS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Electric power system functions</li> <li>• Control, Management and power distribution. Regulated, quasi-regulated and un-regulated buses</li> <li>• Primary and secondary systems</li> <li>• Batteries</li> <li>• Photovoltaic systems</li> <li>• Fuel cells</li> <li>• Nuclear systems.</li> </ul>	<p><b>ON BOARD HARDWARE &amp; SOFTWARE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• On Board Hardware               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Effects of ionizing radiation on electronic components</li> <li>• Mitigation mechanisms</li> <li>• Rad hard and Rad tolerant electronics</li> <li>• EMC</li> <li>• Specification of components for space</li> </ul> </li> <li>• On Board Software               <ul style="list-style-type: none"> <li>• On board software static architecture</li> <li>• On board software dynamic architecture</li> <li>• Software design, coding, verification and testing</li> <li>• Coding environments</li> <li>• Applicable standards</li> <li>• On board data handling                   <ul style="list-style-type: none"> <li>• Communication buses</li> <li>• Signal processing</li> <li>• Lossy and loss-less compression Packetization.</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
<p><b>SATELLITE THERMAL CONTROL</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thermal Control               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Transport of heat: convection, conduction and radiation</li> <li>• Optical and thermal properties of materials</li> <li>• Energy balance</li> <li>• Thermal analysis</li> <li>• Passive systems</li> <li>• Active systems.</li> </ul> </li> </ul>	



FOURTH YEAR	
4A	
<p><b>SATELLITE DATA SERVICES AND APPLICATIONS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Satellite data &amp; analytics sources</li> <li>• Examples of application of satellite data</li> <li>• Image processing techniques, artificial intelligence and machine learning techniques for big open data processing</li> <li>• Satellite data application development.</li> </ul>	<p><b>MISSION ANALYSIS AND DESIGN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Orbit families</li> <li>• Earth observation geometry               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Swath, field of view, footprint, area coverage, revisiting time. Groundtrack. Ground station visibility</li> <li>• Eclipse duration</li> <li>• Launch windows. Porkchop plots</li> <li>• Orbit lifetime</li> </ul> </li> <li>• Orbital design and maintenance               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acquisition and keeping requirements</li> <li>• Coverage figure of merit</li> <li>• Single orbit and Constellations design</li> <li>• De-orbit</li> <li>• Delta_V budget.</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>GROUND AND USER SEGMENT</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ground stations</li> <li>• Satellite tracking and localization</li> <li>• Flight operations system</li> <li>• User segment.</li> </ul>	

