



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S.I Aeronáutica y del
Espacio

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

143000130 - Comunicaciones

PLAN DE ESTUDIOS

14SA - Master Universitario En Sistemas Espaciales

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2025/26 - Segundo semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
4. Descripción de la asignatura y temario.....	3
5. Cronograma.....	6
6. Actividades y criterios de evaluación.....	9
7. Recursos didácticos.....	12
8. Otra información.....	13

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	143000130 - Comunicaciones
No de créditos	4.5 ECTS
Carácter	Obligatoria
Curso	Primer curso
Semestre	Segundo semestre
Período de impartición	Febrero-Junio
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	14SA - Master Universitario en Sistemas Espaciales
Centro responsable de la titulación	14 - E.T.S.I. Aeronáutica Y Del Espacio
Curso académico	2025-26

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Miguel Alejandro Salas Natera	ETSIT. C-411	miguel.salas@upm.es	Sin horario. Concertar tutoría mediante correo electrónico.
Ramon Martinez Rodriguez-Osorio (Coordinador/a)	ETSIT. C-412	ramon.martinez@upm.es	Sin horario. Concertar tutoría mediante correo electrónico.

Jose Luis Masa Campos	ETSIT. C-419	joseluis.masa@upm.es	Sin horario. Concertar tutoría mediante correo electrónico.
-----------------------	--------------	----------------------	--

* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

3. Competencias y resultados de aprendizaje

3.1. Competencias

E02 - Aplicar los métodos de análisis propios de un determinado subsistema, para verificar la adecuación del diseño del mismo

E10 - Conocer los diferentes tipos de configuraciones de subsistemas y su relación con los distintos tipos de misión y los correspondientes requisitos, así como las relaciones entre diferentes subsistemas

E19 - Comprender las metodologías para el desarrollo e integración del segmento de tierra

E20 - Conocer los subsistemas embarcados de comunicaciones y de gestión y tratamiento de datos

3.2. Resultados del aprendizaje

RA9 - Conocer los fundamentos y criterios de diseño de las redes de datos por satélite, y de los servicios y aplicaciones que soportan tanto en redes privadas como en interconexión con redes de comunicaciones terrestres públicas e Internet.

RA8 - Conocer el marco normativo internacional de las redes VSAT

RA3 - Conocer los modos de comunicaciones entre los vehículos espaciales y las estaciones de tierra.

RA7 - Conocer las diferentes arquitecturas y escenarios de red de comunicaciones.

RA6 - Ser capaz de analizar las técnicas de acceso y control del enlace que permiten optimizar el uso de los recursos del enlace.

RA5 - Ser capaz de dimensionar los enlaces con el satélite para conseguir las prestaciones necesarias.

4. Descripción de la asignatura y temario

4.1. Descripción de la asignatura

El objetivo de la asignatura es que el estudiante conozca los modos de comunicaciones entre los vehículos espaciales y las estaciones de tierra, con el fin de alcanzar las competencias básicas así como las competencias específicas definidas para la asignatura.

El estudiante será capaz de dimensionar los enlaces con el satélite para conseguir las prestaciones necesarias. Conocerá las diferentes arquitecturas y escenarios de red, así como las técnicas de acceso y control del enlace que permitan optimizar el uso de los recursos del enlace. Todo ello en el marco de las normas internacionales actuales.

4.2. Temario de la asignatura

1. Tema 1: Introducción a las comunicaciones por satélite.
 - 1.1. Arquitectura de un sistema de comunicaciones por satélite.
 - 1.2. Bandas de frecuencia.
 - 1.3. Impacto de la órbita en las comunicaciones. Constelaciones
 - 1.4. Requisitos, limitaciones y proceso de diseño
2. Tema 2: Técnicas de modulación y codificación.
 - 2.1. Codificación de fuente
 - 2.2. Modulación digital
 - 2.3. Codificación de canal
 - 2.4. Recuperación de portadora y sincronismo?
 - 2.5. Espectro ensanchado.
3. Tema 3. Elementos de un sistema de comunicaciones por satélite.
 - 3.1. Diagrama de bloques.
 - 3.2. Antenas (diagrama, parámetros, polarización).
 - 3.3. Transmisores.
 - 3.4. Receptores.

- 3.5. Arquitectura de una estación de tierra.
- 3.6. Arquitecturas a bordo.
- 4. Tema 4: Propagación.
 - 4.1. Ecuación de Friis
 - 4.2. Pérdidas atmosféricas.
 - 4.3. Pérdidas por lluvia
 - 4.4. Pérdidas adicionales.
 - 4.5. Recomendaciones de la ITU-R para el cálculo de la atenuación.
- 5. Tema 5: Balance de enlace.
 - 5.1. Arquitecturas y parámetros de interés
 - 5.2. Cálculo de la relación portadora a ruido
 - 5.3. Dimensionado de enlaces
 - 5.4. Interferencias
- 6. Tema 6: Arquitecturas de las redes de comunicación por satélite.
 - 6.1. ¿Qué es una red VSAT? Capacidad y su evolución.
 - 6.2. Clasificación de redes y servicios por satélite.
 - 6.3. Escenarios y Arquitecturas de red.
 - 6.4. Estandarización
 - 6.5. Interconexión con otras redes. Limitaciones (QoS, retardos, ...)
- 7. Tema 7: Técnicas de acceso múltiple (SMAC)
 - 7.1. Objetivo y Clasificación de las técnicas.
 - 7.2. Compartición del medio físico.
 - 7.3. xDMA: Acceso múltiple por división en el tiempo/frecuencia/código/espacio.
 - 7.4. Técnicas en contienda, de reserva y técnicas híbridas.
- 8. Tema 8: Técnicas de control del enlace satélite (SLC).
 - 8.1. Objetivo y Clasificación de las técnicas.
 - 8.2. FEC, ARQ y técnicas híbridas.
- 9. Tema 9: Redes VSAT-DVB (DVB-S2 ad S2x/DVB-RCS(2)).
 - 9.1. Canal "forward": El estándar DVB-S(2).

- 9.2. Canal "return": El estándar DVB-RCS(2).
 - 9.3. Redes VSAT basadas en DVB-S/RCS.
 - 9.4. Aplicación a sistemas transparentes y regenerativos
 - 9.5. Ejemplos de servicios (Acceso a Internet y tele-training).
10. Casos de estudio. Introducción a las redes móviles por satélite.

5. Cronograma

5.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad tipo 1	Actividad tipo 2	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Tema 1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Tema 1 Duración: 01:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas			
2	Tema 1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Ejercicios del tema 1 Duración: 01:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas			Cuestionario Tema 1 ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación Progresiva No presencial Duración: 00:00
3	Tema 2 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Ejercicios del tema 2 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
4	Tema 2 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Laboratorio de aspectos orbitales en comunicaciones Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Laboratorio de aspectos orbitales en comunicaciones/Ejercicios individuales TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva No presencial Duración: 00:00
5	Tema 2 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Ejercicios del tema 2 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			Cuestionarios Tema 2 ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación Progresiva No presencial Duración: 00:00
6	Tema 3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Ejercicios del tema 3 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			

7	<p>Tema 3. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios del tema 3 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p>Cuestionario Tema 3 ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación Progresiva No presencial Duración: 00:00</p>
8	<p>Tema 4 Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios del tema 4 Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p>Cuestionario Tema 4 ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación Progresiva No presencial Duración: 00:00</p>
9	<p>Tema 5 Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios del tema 5 Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p>Cuestionario Tema 5 ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación Progresiva No presencial Duración: 00:00</p>
10		<p>Visita a instalación de medidas de radiofrecuencia (laboratorio RF y cámara anecoica) Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
11		<p>Laboratorio de constelaciones de satélites Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p>Laboratorio de constelaciones de satélites TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva No presencial Duración: 00:00</p>
12		<p>Tiempo para desarrollo del proyecto y resolución de dudas Duración: 03:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>		
13	<p>Temas 6, 7, 8 y 9 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Clase de problemas de temas 6, 7, 8 y 9 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
14	<p>Clase de problemas Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p>Entrega del proyecto TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva No presencial Duración: 00:00</p>
15				
16				
17				<p>Prueba escrita. Teoría y Problema EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:45</p> <p>Prueba escrita. Teoría EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Global</p>

				Presencial Duración: 00:45 Prueba escrita. Problema EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Global Presencial Duración: 02:00
--	--	--	--	---

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

6. Actividades y criterios de evaluación

6.1. Actividades de evaluación de la asignatura

6.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
2	Cuestionario Tema 1	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	00:00	2%	3 / 10	E10 E19 E20 E02
4	Laboratorio de aspectos orbitales en comunicaciones/Ejercicios individuales	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	7.5%	3 / 10	E10 E19 E20
5	Cuestionarios Tema 2	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	00:00	2%	3 / 10	E20
7	Cuestionario Tema 3	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	00:00	2%	3 / 10	E19
8	Cuestionario Tema 4	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	00:00	2%	3 / 10	E10
9	Cuestionario Tema 5	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	00:00	2%	3 / 10	E10 E02
11	Laboratorio de constelaciones de satélites	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	7.5%	3 / 10	E10 E19
14	Entrega del proyecto	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	35%	3 / 10	E20 E10 E19

17	Prueba escrita. Teoría y Problema	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:45	40%	3 / 10	E10 E19 E20 E02
----	-----------------------------------	-------------------------------------	------------	-------	-----	--------	--------------------------

6.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Prueba escrita. Teoría	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:45	25%	5 / 10	E10 E19 E20 E02
17	Prueba escrita. Problema	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	40%	5 / 10	E20 E02 E10 E19

6.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Prueba Escrita	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	100%	5 / 10	E10 E19 E20 E02

6.2. Criterios de evaluación

La evaluación de los resultados de aprendizaje se realizará usando los mecanismos descritos en la Normativa de evaluación del aprendizaje en las titulaciones oficiales de Grado y Máster universitario de la Universidad Politécnica de Madrid (Aprobada por el Consejo de Gobierno de la Universidad Politécnica de Madrid en su sesión del 26 de Mayo de 2022).

La metodología de enseñanza y aprendizaje está articulada en torno al desarrollo de clases de presentación de contenidos, complementadas con clases prácticas guiadas basadas en la resolución de ejercicios y en la discusión de casos de estudio.

Se calificará con una nota numérica de 0 a 10. La calificación final es única e individual, estimada en base a las competencias reales adquiridas, ya que los estudiantes son libres de utilizar los medios materiales que deseen en

la realización de las actividades propuestas; pero dicha calificación será evaluada de forma personal. Para superar la asignatura hay que alcanzar una calificación de 5 o más puntos.

La evaluación comprobará si los estudiantes han adquirido las competencias de la asignatura. Por tanto, la evaluación mediante prueba final usará los mismos tipos de técnicas evaluativas que se usan en la evaluación continua (EX, ET, TG, etc.), y se realizarán en las fechas y horas de evaluación final aprobadas por la Junta de Escuela para el presente curso y semestre, salvo aquellas actividades de evaluación de resultados del aprendizaje de difícil calificación en una prueba final. En este caso, se podrán realizar dichas actividades de evaluación a lo largo del curso.

Los estudiantes serán evaluados por la claridad y corrección técnica de los ejercicios y cuestionarios realizados, la claridad y capacidad de síntesis de las soluciones presentadas, y la realización y participación en las actividades del curso.

EVALUACIÓN PROGRESIVA (CONV. ORDINARIA)

La nota de la asignatura se obtendrá como una media ponderada según el cronograma de actividades de evaluación de la calificación de las siguientes pruebas de evaluación:

- 1) Proyecto (35%) (trabajo en grupo): se realizará un proyecto para evaluar un sistema de comunicaciones por satélite con una metodología de trabajo en grupo. Este proyecto recogerá tanto aspectos orbitales como del sistema de comunicaciones.
- 2) Práctica de laboratorio, entregas de ejercicios individuales o realización de cuestionarios en Moodle (25%): a lo largo del curso, se realizarán sesiones prácticas de laboratorio o ejercicios que deberán ser evaluados de forma individual. El peso total de estas pruebas es del 25%, si bien se podrán dar ponderaciones diferentes a cada una de las pruebas. Los porcentajes individuales indicados en la tabla son orientativos.
- 3) Examen (40%): examen que será la realización de un problema para el diseño de enlace de comunicaciones por satélite. Se podrá usar material auxiliar como apuntes y otro material de la asignatura. Se podrá incluir una parte de teoría dentro del examen, que se realizará sin libros ni apuntes.

EVALUACIÓN POR PRUEBA GLOBAL (CONV. ORDINARIA)

La evaluación por prueba global en la convocatoria ordinaria se realizará a través de una prueba global con un

valor del 65%, que podrá ser diferente al examen de la evaluación progresiva. A esta prueba podrán presentarse todos los estudiantes que no hayan realizado las entregas o el proyecto. La prueba consistirá en un problema (40%) y un conjunto de preguntas de teoría sin libros (25%).

CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA

La evaluación en la convocatoria extraordinaria se realizará a través del sistema de prueba global con un valor del 100%. Para aquellos estudiantes que hayan superado las entregas de proyecto en la evaluación progresiva, se calculará la calificación usando los mismos criterios que la evaluación progresiva.

7. Recursos didácticos

7.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Satellite Communication Systems. Systems, Techniques and Technology. 5th Ed. G. Maral, M. Bousquet. 2010	Bibliografía	Libro de referencia sobre comunicaciones por satélite
Portal Moodle de la asignatura: Transparencias y ejercicios	Recursos web	
Satellite Communications Payload and System, T. M. Braun, Wiley, 2012.	Bibliografía	Libro de cargas útiles en satélites de comunicaciones
ETSI Standards, www.etsi.org (BSM group). Referenciados en la documentación del curso.	Bibliografía	
Software tool for mission analysis	Equipamiento	Se necesitará el uso de una herramienta para simulación orbital y análisis de misión. Se propone el uso de FreeFlyer (https://ai-solutions.com/freelyer/) o del SatCom toolbox de Matlab.

Otras referencias incluidas en el material de clase.	Bibliografía	Manuales de equipos, notas técnicas, artículos de revistas y congresos, documentos de agencias, noticias, casos de uso, etc.
Comunicaciones por Satélite. Miguel Calvo, Ramón Martínez. ETSIT-UPM, 2005.	Bibliografía	Manual de Comunicaciones por Satélite
Recomendaciones de la ITU-R	Bibliografía	Usados para la realización de cálculos de propagación y balance de enlace
Matlab. SatCom toolbox	Equipamiento	SatCom toolbox in Matlab to evaluate mission analysis, coverage, etc.
Non-Geostationary Satellite Communications Systems Edited by Eva Lagunas, Symeon Chatzinotas, Kang An, Bassel F. Beidas	Bibliografía	Libro de SatComs centrado en constelaciones NGSO

8. Otra información

8.1. Otra información sobre la asignatura

Esta asignatura es de carácter técnico en TIC y se relaciona con el ODS9. "Industria, innovación e infraestructuras"; y por sus contenidos orientados a la formación en los fundamentos y principios de la comunicación de datos, con el ODS4. "Educación", en concreto con los subobjetivos:

ODS9.1 Desarrollar infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes y de calidad, haciendo especial hincapié en el acceso asequible y equitativo para todos.

ODS9.c Aumentar el acceso a las TIC y esforzarse por proporcionar acceso universal y asequible a Internet.

ODS4.4 Aumentar el número de personas con las competencias profesionales y técnicas necesarias para acceder al empleo, al trabajo decente y al emprendimiento.

ODS17.6 Mejorar la cooperación en materia de ciencia, tecnología e innovación y su acceso, y aumentar el intercambio de conocimientos en condiciones mutuamente convenidas.

Algunos ejercicios plantearán como contribuir a los ODS, en particular y principalmente al objetivo ODS9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.

Y por su carácter básico se mostrará como algunas herramientas matemáticas se emplean para el modelado de subsistemas de comunicación, potenciando su resiliencia, calidad del servicio y el acceso universal y asequible a las redes públicas de comunicaciones fijas y móviles, e Internet.