



DATOS IDENTIFICATIVOS

Sensores navais

Materia	Sensores navais			
Código	P52G381V01502			
Titulación	Grao en Enxeñaría Mecánica			
Descritores	Creditos ECTS	Sinale	Curso	Cuadrimestre
	6	OB	5	1c
Lingua de impartición	Castelán			
Departamento	Departamento do Centro Universitario da Defensa da Escola Naval Militar de Marín			
Coordinador/a	Núñez Ortuño, José María			
Profesorado	Nocelo López, Rubén Núñez Ortuño, José María			
Correo-e	jnunez@ud.vigo.es			
Web	http://moovi.ud.vigo.gal			

Descrición xeral Esta materia enmárcase dentro do módulo de Intensificación en Tecnoloxía Naval, e nela perséguese dotar ao alumnado dunha formación, tanto teórica como práctica, sobre o funcionamento básico dos sistemas radar e os sensores optoelectrónicos e acústicos en contornas navais e terrestres.

O alumno familiarizarase co concepto de sensor naval e coñecerá os sensores máis habituais na súa contorna operativa. As nocións básicas de todo sistema de teledetección proporcionaranse de forma que o alumno perciba o carácter multidisciplinar desta materia, na que se aplican múltiples coñecementos adquiridos ao longo de diferentes materias previas do Grao como Sistemas de Radiocomunicacións, Tecnoloxía Electrónica, Fundamentos de Automática, Fundamentos de Electrotecnia ou Física II (campos electromagnéticos).

Farase especial mención nos sensores radar, tanto de onda continua como pulsados, revisaranse os parámetros que limitan o alcance dun radar, o concepto de probabilidade de detección e de falsa alarma, de sección radar, de clutter, etc. Estudaranse as distintas técnicas de procesado de sinal habituais nestes sistemas, moitas delas igualmente extrapolables a outros sistemas de teledetección (como soar), incidindo así no carácter multidisciplinar da materia.

Así mesmo, o alumno comprenderá a caracterización acústica do medio submarino coa súa problemática asociada en termos de propagación, ruído e reverberación. Estudará a composición e caracterización dos sistemas soar activos e pasivos e os transdutores acústicos que se empregan, así como as agrupacións destes.

Por último, o alumno coñecerá o espectro óptico e a clasificación das distintas fontes de emisión de luz (tanto visible como non visible), entenderá o funcionamento dos distintos tipos de sensores optoelectrónicos e as súas características máis importantes.

Resultados de Formación e Aprendizaxe

Código	
B3	Coñecemento en materias básicas e tecnolóxicas que os capacite para a aprendizaxe de novos métodos e teorías, e os dote de versatilidade para adaptarse a novas situacións.
C30	CITN5/OPT1 Coñecer os principios que rexen o funcionamento dos sistemas de comunicacións e sensores navais.
D1	Análise e síntese.
D2	Resolución de problemas.
D5	Xestión da información.
D8	Toma de decisións.
D9	Aplicar coñecementos.
D10	Aprendizaxe e traballo autónomos.
D16	Razoamento crítico.

Resultados previstos na materia			
Resultados previstos na materia	Resultados de Formación e Aprendizaxe		
Coñecer a base tecnolóxica sobre a que se apoian os sensores navais.	B3	C30	D1 D5 D10
Comprender o funcionamento básico dos sensores navais.	B3	C30	D1 D2 D8 D9 D10 D16
Resultado de aprendizaxe ENAEE: COÑECEMENTO E COMPRENSIÓN RA 1.2 Coñecemento e comprensión das disciplinas de enxeñaría propias da súa especialidade, no nivel necesario para adquirir o resto de competencias do título, incluíndo nocións dos últimos adiantos. (nivel de desarrollo deste sub-resultado de aprendizaxe: Adecuado (2))	B3		
Resultado de aprendizaxe ENAEE: COÑECEMENTO E COMPRENSIÓN RA 1.3 Ser conscientes do contexto multidisciplinar da enxeñaría. (Adecuado (2))		C30	
Resultado de aprendizaxe ENAEE: ANÁLISE EN ENXEÑARÍA RA 2.2 A capacidade de identificar, formular e resolver problemas de enxeñaría na súa especialidade; elixir e aplicar de forma adecuada métodos analíticos, de cálculo e experimentais xa establecidos; recoñecer a importancia das restricións sociais, de saúde e seguridade, ambientais, económicas e industriais. (Adecuado (2))			D1 D2 D8 D9 D16
Resultado de aprendizaxe ENAEE: APLICACIÓN PRÁCTICA DA ENXEÑARÍA RA 5.1 Comprensión das técnicas aplicables e métodos de análise, proxecto e investigación e as súas limitacións no ámbito da súa especialidade. (Adecuado (2))			D9
Resultado de aprendizaxe ENAEE: APLICACIÓN PRÁCTICA DA ENXEÑARÍA RA 5.3 Coñecemento de aplicación de materiais, equipos e ferramentas, tecnoloxía e procesos de enxeñaría e as súas limitacións no ámbito da súa especialidade. (Adecuado (2))		C30	D8 D9
Resultado de aprendizaxe ENAEE: FORMACIÓN CONTINUA RA 8.1 Capacidade de recoñecer a necesidade da formación continua propia e de emprender esta actividade ao longo da súa vida profesional de forma independente. (Básico (1))			D8 D10

Contidos

Tema	
Tema 1. Introducción aos Sensores Navais	1.1 Conceptos básicos de sensores navais. 1.2 Bandas de frecuencia utilizadas. 1.3 Introducción aos sistemas radar. 1.4 Parámetros fundamentais dos sistemas radar: PRF/PRI, resolución en distancia, resolución angular, distancia máxima non ambigua, tempo de observación, ... 1.5 Radares monoestáticos, biestáticos e multiestáticos. 1.6 Radares pulsados e radares de onda continua. 1.7 Sección radar (RCS) e ecuación de alcance radar simplificada. 1.8 Diagrama de bloques simplificado dun sistema radar.
Tema 2. Radares pulsados	2.1 Principios básicos de funcionamento. 2.2 Relación sinal a ruído e probabilidade de detección. 2.3 Técnicas de integración de pulsos. 2.4 Perdas a ter en conta na ecuación de alcance radar: 2.4.1 Brancos fluctuantes. 2.4.2 Perdas por propagación. 2.4.3 Perdas por fenómenos atmosféricos. 2.4.4 Fontes de interferencia en sistemas radar: clutter, jamming, ... 2.5 Sección radar (RCS) e tecnoloxías stealth.

Tema 3. Radares de onda continua	3.1 Introducción: 3.1.1 Efecto Doppler. 3.1.2 Diferencias fundamentais entre un radar pulsado e un radar de onda continua. 3.2 Radares de onda continua e frecuencia modulada. 3.2.1 Con modulación en dente de serra (CHIRP). 3.2.2 Con modulación triangular. 3.3 Ecuación de alcance radar para sistemas de onda continua. 3.4 Vantaxes e limitacións dos radares de onda continua.
Tema 4. Procesado de sinal	4.1 Técnicas de compresión de pulsos. 4.1.1 Compresión de pulsos en frecuencia 4.1.2 Compresión de pulsos en fase 4.2 Sistemas MTI e Doppler pulsados. 4.3 PRF Staggering.
Tema 5. Sensores optoelectrónicos	5.1 Espectro óptico. 5.2 Sensores IR medio (térmicos). 5.3 Sensores IR próximo (visión nocturna, comunicacións IR). 5.4 Sensores noutras bandas do espectro óptico (UV, visible,...) 5.5 Emisores optoelectrónicos: Láser vs. LED. 5.6 Sensores optoelectrónicos: Fotodetectores. 5.7 Outros sensores e aplicacións: telémetros láser, luxómetros, LIDAR, etc.
Tema 6. Sensores acústicos e sistemas sonar	6.1 Introducción. 6.2 Oceanografía acústica. 6.3 Propagación acústica submarina. 6.4 Sistemas sonar activos e pasivos. 6.5 Ruido e reverberación.
Tema 7. Radares de propósito específico	7.1 Radares multifunción. 7.2 Radar secundario (IFF). 7.3 Radar de baixa probabilidade de interceptación (LPI). 7.4 Radar de apertura sintética (SAR).
Práctica 1: Introducción aos sistemas de teledetección e sistemas radar	Esta práctica ten como obxectivo a familiarización do alumno cos conceptos básicos de todo sistema de teledetección. Mediante o uso de exemplos e scripts en Matlab, procederase a ilustrar conceptos como a resposta en tempo dun branco conformado por diferentes dispersores, a súa reflectividade coa distancia, a relación entre a resolución dun sistema, a sensibilidade e a probabilidade de detección, así como a resposta en frecuencia dun branco e a súa relación coas técnicas de espectro ensanchado. Os alumnos poderán comprobar como determinadas técnicas comúns (integración de pulsos) contribúen de forma efectiva a aumentar a probabilidade de detección.
Práctica 2: Sistemas radar de onda pulsada (PW)	O obxectivo fundamental desta práctica é que o alumno comprenda as diferenzas de funcionamento entre un sistema pulsado e un de onda continua, así como as súas diferentes aplicacións e as limitacións de cada un deles. Dada a imposibilidade de dispor de múltiples radares de onda pulsada para grupos reducidos de alumnos, utilizaranse simuladores desenvolvidos en Matlab que mostran o funcionamento de ambos os sistemas en diferentes casos de estudo. Tendo en conta que os principios básicos dos sistemas pulsados son similares para radar, sonar e lidar, os alumnos adquiren soltura no manexo dun sistema de teledetección xenérico, grazas á flexibilidade dos simuladores para a localización de brancos en situacións de interese. Introducírase igualmente o concepto de Sección Equivalente Radar (RCS) explicado en clases de teoría. Simularase a resposta radar de diferentes xeometrías e tipos de brancos en función da súa RCS. Analizaranse as técnicas básicas de invisibilidade ou técnicas stealth.
Práctica 3: Montaxe e análise dun radar de onda continua (CW) para detección de movemento	Esta práctica ten como obxectivo que o alumno comprenda en profundidade o funcionamento e arquitectura dun radar de onda continua. Para iso, traballarase cun radar CW sinxelo, que permitirá analizar o funcionamento Doppler dun radar, así como os diferentes tipos de modulación empregados. Mediante a realización de exemplos con diferentes brancos, o alumno poderá comprobar os diferentes parámetros destes sistemas e comparalos cos equivalentes nun sistema de onda pulsada, extraendo as súas propias conclusións.

Práctica 4: Procesado de sinal radar	Esta práctica ten como obxectivo que o alumno comprenda as principais técnicas de procesado do sinal radar, aplicables igualmente a outros sistemas de teledetección, como sistemas sonar ou lidar, entre as que se contan: compresión de pulsos en frecuencia e en fase, técnicas de filtrado anti-clutter ou sistemas MTI, PRF staggering, ... Mediante a utilización de diferentes scripts en Matlab, o alumno poderá visualizar os efectos de cada unha das técnicas empregadas nestes sistemas, así como reforzar os conceptos fundamentais relacionados cos mesmos (resolución en distancia, banco de filtros Doppler, ...).
Práctica 5: Dispositivos optoelectrónicos	Esta práctica ten como obxectivo que o alumno se familiarice cos diferentes sensores optoelectrónicos existentes, así como coas particularidades do espectro óptico. Para iso, dispórase no laboratorio de diferentes dispositivos optoelectrónicos que o alumno deberá aprender a operar baixo diferentes circunstancias. Entre outros, dispórase de: Cámaras termográficas, visores de visión nocturna, telémetros LÁSER, ... Mediante o manexo dos mesmos, o alumno deberá adquirir a capacidade de diferenciar as características e limitacións de cada un destes sistemas.
Práctica 6: Propagación acústica	Esta práctica ten como obxectivo que o alumno visualice os mecanismos de propagación anómala que se dan no uso de sistemas de detección SONAR a longa distancia. Para a realización desta práctica o alumno contará cun simulador de propagación acústica, que ilustrará o comportamento das ondas sonoras en dominios multicapa. O alumno analizará o comportamento dos sistemas en diferentes condicións (augas cálidas e augas frías) e as oportunidades que ditas condicións confiren aos submarinos para permanecer indetectados. O alumno simulará o funcionamento de varios tipos de sistemas SONAR (casco e remolcados) entendendo as vantaxes e limitacións de cada sistema.
Práctica 7: Ecosondas	Esta práctica ten como obxectivo ilustrar o funcionamento das sondas ultrasónicas de profundidade (ecosondas) e os fenómenos físicos involucrados. Para a realización desta práctica o alumno contará cun modelo a escala dunha sonda de profundidade baseada en ultrasóns, composto de: un sistema de ultrasóns, un tanque de auga de 50 litros, diferentes elementos (area e rocas) simulando o fondo mariño, modelos a escala de diferentes brancos e un computador no que se visualizarán os datos procedentes da sonda. Con este sistema soar a baixa escala, o alumno aprenderá a operación deste tipo de equipos, así como a interpretación dos resultados proporcionados polo mesmo. O alumno analizará as limitacións do sistema, así como varios artefactos debido aos mecanismos de propagación acústica. O alumno xeneralizará os resultados observados a un sistema real, analizando os potenciais problemas (ou vantaxes) que poderían xurdir.

Planificación			
	Horas na aula	Horas fóra da aula	Horas totais
Lección maxistral	28	42	70
Prácticas de laboratorio	14	7	21
Seminario	21	5	26
Resolución de problemas e/ou exercicios	9	12	21
Resolución de problemas e/ou exercicios	2	4	6
Exame de preguntas obxectivas	1	1	2
Traballo	1	3	4

*Os datos que aparecen na táboa de planificación son de carácter orientador, considerando a heteroxeneidade do alumnado.

Metodoloxía docente	
	Descrición

Lección maxistral	Nestas sesións, explicaranse detalladamente os contidos teóricos básicos do programa, expondo exemplos aclaratorios cos que profundar na comprensión da materia. Utilizarase a pizarra e, puntualmente, presentacións informáticas e/ou animacións para transmitir información multimedia, como animacións, gráficos, fotografías, etc. En caso de utilizar transparencias, proporcionarase unha copia aos alumnos con anterioridade á exposición. As reproducións en papel das transparencias nunca deben ser consideradas como substitutos das explicacións na aula, senón que deberán tratarse como material complementario de apoio.
Prácticas de laboratorio	As prácticas de laboratorio están dirixidas a afianzar os conceptos teóricos abordados nas sesións na aula. O método didáctico a seguir na impartición das clases prácticas consiste en que o profesor tutela o traballo que realizan os diversos grupos nos que se divide o alumnado. Nas clases prácticas utilizaranse os medios dispoñibles no laboratorio do Centro, e nas que o alumno debe ter en conta as seguintes directivas de obrigado cumprimento: - As sesións prácticas son obrigatorias. - En caso de ausencias xustificadas, o alumno poderá recuperar prácticas puntuais, presentando a documentación que acredite de forma correcta dita falta. - Non existe a posibilidade de recuperar as prácticas en caso de suspendelas.
Seminario	Dado que a acción tutorial afróntase como unha actuación de apoio grupal ao proceso de aprendizaxe do alumno, as tutorías realizaranse preferentemente en seminarios e baixo o formato de reunións en pequenos grupos. Nelas realizaranse actividades de reforzo á aprendizaxe mediante a resolución tutelada de supostos prácticos vinculados aos contidos teóricos da materia. Inclúense neste apartado as horas do curso intensivo que se realiza como preparación dos exames extraordinarios.

Atención personalizada

Metodoloxías	Descrición
Seminario	No ámbito da acción tutorial, distínguense accións de tutoría académica así como de tutoría personalizada. No primeiro dos casos, o alumnado terá á súa disposición horas de tutorías nas que pode consultar calquera dúbida relacionada cos contidos, organización e planificación da materia, etc. As tutorías poden ser individualizadas, pero fomentaranse tutorías grupais para a resolución de problemas. Nas tutorías personalizadas, cada alumno, de maneira individual, poderá comentar co profesor calquera problema que lle estea impedindo realizar un seguimento adecuado da materia, co fin de atopar entre ambos algún tipo de solución. Conxugando ambos os tipos de acción tutorial, preténdense compensar os diferentes ritmos de aprendizaxe mediante a atención á diversidade. Os profesores da asignatura atenderán personalmente as dúbidas e consultas dos alumnos, tanto de forma presencial, según os horarios publicados polo centro, como a través de medios telemáticos (correo electrónico, videoconferencia, foros de Moovi, etc.) baixo a modalidade de cita previa.

Avaliación

	Descrición	Cualificación	Resultados de Formación e Aprendizaxe		
Resolución de problemas e/ou exercicios	Exame parcial: - Peso total: 30% de NEC. - Proba única, de entre 1 hora e 1 hora e media de duración. - Realización individual. - Puntúase sobre 10 puntos. - Pode ter a forma de cuestionario tipo test, cuestionario de respostas curtas, resolución de problemas ou algunha combinación das anteriores. - Non hai nota mínima.	30	B3	C30	D1 D2 D5 D8 D9 D10 D16

Resolución de problemas e/ou exercicios	Exame final:	40	B3	C30	D1 D2 D5 D8 D9 D10 D16
	- Peso total: 40% de NEC. - Proba única, de 2 a 3 horas de duración, a realizar nas datas de avaliación. - Realización individual. - Puntúa sobre 10 puntos. - Pode ter a forma de cuestionario tipo test, cuestionario de respostas curtas, resolución de problemas ou algunha combinación das anteriores. - Esíxese unha nota mínima de 4.0 puntos sobre 10 para superar a materia.				
Exame de preguntas obxectivas	Avaliación das prácticas:	20		C30	D1 D2 D5 D8 D9 D16
	- Peso total: 20% de NEC. - Dúas probas dun 10%, que avalían os contidos adquiridos en prácticas. - Realización individual. - De 10 a 20 minutos de duración, durante a realización de dúas prácticas. - Cada unha delas puntúa sobre 10 puntos. - Poden ter a forma de cuestionario tipo test, cuestionario de respostas curtas, resolución de problemas ou algunha combinación das anteriores. - Esíxese unha nota mínima de 4.0 puntos sobre 10 no total do 20% destinado a avaliar as prácticas.				
Traballo	Traballo multimedia (vídeo):	10	B3	C30	D1 D2 D9 D10
	- Peso total: 10% de NEC. - Gravación dun vídeo sobre un experimento realizado polo alumno e relacionado coa materia impartida na materia. - Máximo 3 minutos de duración. □- Individual ou en grupos de dous alumnos. - Puntúase sobre 10 puntos.				

Outros comentarios sobre a Avaliación

Exame ordinario

O peso na nota final do exame ordinario (NEO) das distintas partes distribúese da seguinte forma:

- Coñecementos de teoría (T): 80%
- Prácticas (L): 20%

Onde:

Exame ordinario teórico (T) (80%):

- Avaliación dos coñecementos teóricos adquiridos aolongo da materia.
- Exame de 2 a 3 horas de duración, a realizar nas datasde avaliación.
- Se puntúa sobre 10 puntos.
- A realización é individual.
- Pode ter a forma de cuestionario tipo test,cuestionario de respostas curtas, resolución de problemas ou algunha combinación das anteriores.

Exame ordinario práctico (L) (20%):

- Avaliación dos coñecementos prácticos adquiridos aolongo da materia.
- Exame de 15-30 minutos de duración, a realizar nasmesmas datas que o exame ordinario teórico.
- Se puntúa sobre 10 puntos.
- Pode ter a forma de cuestionario tipo test,cuestionario de respostas curtas, resolución de problemas ou algunha

combinación das anteriores.

Nota final e requisitos mínimos para superar a materia en convocatoria ordinaria:

A nota final (NEO) calcúlase coa seguinte fórmula:

$$NEO = 0.8 * T + 0.2 * L$$

Sendo necesario chegar a unha nota mínima de 4.0 puntos sobre 10 en cada unha das dúas partes e a unha nota igual ou superior a 5.0 puntos sobre 10 no cómputo da NEO, para poder aprobar a materia.

Exame extraordinario

O alumno que non supere a materia en primeira convocatoria debe presentarse á convocatoria extraordinaria (segunda convocatoria), na que se mantendrá a mesma estrutura, duración de exame, ponderacións e mínimos requiridos que na convocatoria ordinaria.

Compromiso Ético

Agárdase que o estudantado teña un comportamento ético axeitado, comprometéndose a actuar con honestidade. En base ao artigo 42.1 do Regulamento sobre a avaliación, a cualificación e a calidade da docencia e do proceso de aprendizaxe do estudantado da Universidade de Vigo, así como ao punto 6 da norma quinta da Orde DEF/711/2022, do 18 de xullo, pola que se establecen as normas de avaliación, progreso e permanencia nos centros docentes militares de formación para a incorporación ás escalas das Forzas Armadas, **a utilización de procedementos fraudulentos en probas de avaliación, así como a cooperación neles implicará a cualificación de cero (suspense) na acta da convocatoria correspondente**, con independencia do valor que sobre a cualificación global tivese a proba en cuestión e sen prexuízo das posibles consecuencias de índole disciplinaria que poidan producirse.

Bibliografía. Fontes de información

Bibliografía Básica

Curry, G. Richard, **Radar Essentials. A concise handbook for radar design and performance analysis**, 1ª ed., Scitech Publishing Inc., 2012

Bibliografía Complementaria

Denny M., **Blip, Ping & Buzz. Making sense of radar and sonar**, 1ª ed., The Johns Hopkins University Press, 2007

Skolnik, Merrill I., **Introduction to Radar Systems**, 3ª ed., McGraw-Hill, 2003

Eaves J., Reedy E., **Principles of Modern Radar**, 2ª ed., Springer, 2011

Marage J., Mori Y., **Sonars and Underwater acoustics**, 1ª ed., Wiley, 2010

Mahafza B. R., **Radar systems analysis and design using Matlab**, 3ª ed., CRC Press, 2010

Recomendacións

Materias que se recomenda ter cursado previamente

Tecnoloxía electrónica/P52G381V01301

Sistemas de radiocomunicacións/P52G381V01408