



Universidad Politécnica de Madrid  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales



Universidad Politécnica de Madrid  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales

## Máster en Aprovechamiento de las Energías Renovables Marinas

2018/19

1<sup>a</sup> EDICION





## DIRECCIÓN

### Director

**Luis Ramón Núñez Rivas**

Director de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales

Profesor Titular de Universidad

Universidad Politécnica de Madrid - ETSI Navales

### Coordinador General

**José Luis Morán González**

Director de Unidad de Negocio Solar

Siemens S.A.

### Secretario

**Enrique Tremps Guerra**

Profesor Titular de Universidad

Universidad Politécnica de Madrid - ETSI Navales

## COMISIÓN ACADÉMICA

Luis Ramón Núñez Rivas	-	UPM / ETSIN
José Luis Morán González	-	Siemens - UPM / ETSIN
Enrique Tremps Guerra	-	UPM / ETSIN
Vicente Negro Valdecantos	-	UPM / ETSICCP
Miguel Ángel Herreros Sierra	-	UPM / ETSIN
Sergio Martínez González	-	UPM / ETSII
Juan Moya García	-	Adwen Offshore / PAT-18 COIN

## JUSTIFICACIÓN DEL MÁSTER

Aunque, en sentido estricto, las Energías Renovables Marinas se definen como aquellas energías generadas por el océano, aprovechando la energía de sus olas, corrientes, mareas y, en menor escala, el gradiente térmico o de salinidad, la energía eólica *offshore* es normalmente incluida entre ellas y aunque la energía proceda del viento y no del mar, son similares tanto los desafíos que plantean como las tecnologías implicadas y la cadena de abastecimiento necesaria. Un caso especial es la energía eólica flotante *offshore*, donde las industrias naval y eólica se fusionan.



Estas energías, principalmente la eólica *offshore* y, en menor escala, las producidas por olas y corrientes, están sólidamente establecidas en el norte de Europa, y están mostrando signos claros de crecimiento en el Lejano Oriente (China, Corea del Sur, Taiwán, Japón,..). Últimamente, después de un largo camino, los Estados Unidos se han unido a los países que fueron pioneros del sector a escala comercial en una fecha tan reciente como los primeros años del siglo XXI.

Aprovechando que en la actualidad existe una sólida base marítima industrial y el apoyo relevante de muchos gobiernos, que tienen el compromiso vinculante sancionado por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de aumentar las tecnologías de baja emisión de carbono y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, este sector muestra, año tras año, índices de crecimiento constantes.

España, un país con una gran historia marítima y una potente industria naval y tecnológica, no podía permitirse el lujo de estar al margen de este revolucionario proceso.

De hecho, España, aun sin contar con que las energías renovables marinas sean un objetivo preferente en nuestro actual Plan Nacional de Energía, es un líder mundial entre las empresas que desarrollan plantas de energías renovables marinas y las dedicadas al diseño y fabricación de generadores eólicos *offshore*. Asimismo, se han desarrollado varias tecnologías (en fase de prototipo) de olas y corrientes y se dispone de instalaciones de pruebas y centros de ensayo *offshore*, oficinas técnicas para toda la gama de embarcaciones especializadas que deben apoyar la instalación y el mantenimiento de las plantas eléctricas *offshore* y por último, pero no menos importante, cuenta con una cadena de suministro industrial, fabricando todo tipo de maquinaria, estructuras, sistemas y dispositivos necesarios en estos desarrollos *offshore*.

Sin embargo, estas importantes empresas echan en falta en su personal técnico la formación adecuada en las tecnologías y el conocimiento que cualquier interacción con el océano exige.

El sector tecnológico e industrial de las Energías Renovables Marinas está en auge y necesita profesionales especializados con urgencia, no solo en España sino también en Alemania, Reino Unido, Francia, Portugal, y previsiblemente, en los Estados Unidos.

Este Máster en Aprovechamiento de las Energías Renovables Marinas (MAERM) en el que te estás interesando supone una amplia formación académica especializada, muy solicitada por el sector, y la primera en su tipo que se imparte en España.



El programa del Máster MAERM abarca todas las disciplinas, y estudia cada tema específico de modo que llena el vacío en la formación de los técnicos que reclaman cubrir todas las empresas del sector.

Los más de 40 profesores del Máster MAERM son profesionales de alto nivel, procedentes de Universidades, Institutos de Tecnología y de algunas de las empresas de energías renovables marinas más relevantes, y todos ellos están especializados en uno o varios de los 94 temas ofrecidos.

## OBJETIVOS DEL MASTER

El objetivo principal del Máster MAERM es proporcionar a los estudiantes una formación completa en las materias necesarias que demandan el diseño, desarrollo del proyecto, construcción, operación y mantenimiento de una planta de energía renovable *offshore*.

El contenido de los cursos ha sido cuidadosamente diseñado, después de una evaluación completa de las necesidades de formación realizada en las principales empresas que trabajan en el aprovechamiento de energías renovables marinas, una industria que exige ingenieros con formación multidisciplinar.

Este Máster está dirigido tanto a los ingenieros con experiencia profesional como a recién titulados que buscan una formación específica y especializada para entrar en una creciente y prometedora industria de las energías renovables.

## PROGRAMA DEL MÁSTER

El Máster en aprovechamiento de las energías renovables marinas es una titulación propia de la Universidad Politécnica de Madrid. Tiene una carga docente de 60 créditos ECTS, dividida en ocho módulos que suman 46 ECTS más un trabajo fin de máster al que se asignan 14 ECTS.

Los ocho módulos que componen el Máster son:

- 1.- Oceanología
  - 1.1.- Condiciones del emplazamiento y recursos
- 2.- Diseño estructural



- 2.1.- Evaluación del emplazamiento
- 2.2.- Diseño
- 2.3.- Nuevas tecnologías
  
- 3.- Tecnología de generación y exportación
  - 3.1.- Convertidores de energía *offshore*
  - 3.2.- Tecnología de red
  - 3.3.- Tecnologías de almacenamiento *offshore*
  
- 4- Operaciones marítimas y fabricación
  - 4.1.- Fabricación
  - 4.2.- Tipos de buques
  - 4.3.- Operaciones marinas
  - 4.4.- Operación y mantenimiento
  
- 5- Gestión y operación del proyecto
  - 5.1.- Aspectos financieros
  - 5.2.- Proceso contractual
  
- 6.- Análisis Estructural de plataformas *offshore*
  - 6.1.- Diseño estructural de una subestructura para un generador eólico: *jacket*, *monopile*, mediante modelado con ANSYS. Estudio de casos
  - 6.2.- Ensayo de una fundación *offshore* en el canal de ensayos
  
- 7.- Desarrollo de la red eléctrica de un parque eólico *offshore*
  - 7.1.- Configuración de un parque eólico.
  - 7.2.- Subestaciones eléctricas *offshore*
  - 7.3.- Transmisión de energía eléctrica a tierra
  - 7.4.- Control del parque eólico y conexión a la red
  
- 8.- Desarrollo de proyecto de una planta de energía *offshore*
  - 8.1.- Pre-FID (Final Investment Decision)
  - 8.2.- Post-FID
  - 8.3.- Consideraciones de las conexiones de red
  - 8.4.- Cadena de suministro
  - 8.5.- Perspectiva del sector eólico *offshore*

Trabajo Fin de Máster

## CALENDARIO

El Máster tiene una duración de 9 meses, de octubre a junio. Las sesiones presenciales tendrán lugar los lunes y miércoles de 18:15 a 21:15 (3 horas) y viernes de 16:00 a 20:00 (4 horas).

Calendario preliminar:

**October '18**

L	M	X	J	V	S	D
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

**November '18**

L	M	X	J	V	S	D
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30		

**December '18**

L	M	X	J	V	S	D
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

**January '19**

L	M	X	J	V	S	D
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			

**February '19**

L	M	X	J	V	S	D
			1	2	3	
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28			

**March '19**

L	M	X	J	V	S	D
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

**April '19**

L	M	X	J	V	S	D
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30					

**May '19**

L	M	X	J	V	S	D
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

**June '19**

L	M	X	J	V	S	D
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30

**July '19**

L	M	X	J	V	S	D
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

**September '19**

L	M	X	J	V	S	D
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30						

General issues

Module 1:

Modules 2 y 3:

Module 4:

Module 5:

Modules 6 y 7:

Module 8:

TFM



Los horarios de tutorías se anunciarán al principio de cada curso.

## IDIOMA

Tendrá carácter bilingüe en español e inglés, dado el carácter internacional del mercado de trabajo. El material académico que se oferte a los alumnos estará en inglés pudiendo, a juicio del profesor, impartir las clases en cualquiera de los dos idiomas.



## CUADRO DOCENTE

El cuadro docente se compone de un grupo de Catedráticos y Profesores Titulares de Universidad de la Universidad Politécnica de Madrid, pertenecientes a las Escuelas de Ingenieros Navales (ETSIN), Caminos, Canales y Puertos (ETSICCP) e Industriales (ETSII) así como de profesionales con alto nivel de conocimientos y experiencia de las más relevantes empresas del sector de las Energías Renovables Marinas, tales como Iberdrola, Siemens, Scottish Power Renewables, Gamesa-Siemens, Sener, Gas Natural Fenosa, Proes, etc.

Al final de este documento se incluye el listado completo del cuadro docente.

## METODOLOGÍA

- Sesiones teóricas: Clases presenciales sobre las materias del programa. Hasta un 50% de las clases se podrán seguir por medio de la plataforma on-line *Webex*.
- Sesiones prácticas: Trabajos para su entrega escrita o presentación oral sobre aspectos concretos del programa. Seminarios. Tareas a realizar a través de la plataforma educativa *Moodle*.
- Estudio autónomo: lectura, preparación de trabajos escritos y presentaciones orales, y tareas en *Moodle*.
- Ensayos: en instalaciones de ensayos hidrodinámicos de la ETSIN y la ETSICCP.
- Prácticas en empresas: existe la posibilidad de realizar los trabajos de fin de máster dentro de empresas o de grupos de investigación.

## EVALUACIÓN

Módulos (46 ECTS): serán evaluados mediante una combinación de evaluación continua (trabajos y mini proyectos de diseño) y exámenes.

Cada módulo se califica de acuerdo con su peso en ECTS en el Máster. La nota mínima en cada módulo debe ser 3 sobre 10.



La nota final será el promedio de todos los módulos, y debe ser igual o mayor que 5.0.

La calificación final se establecerá del siguiente modo:

Módulos 1 a 5:

- Examen escrito: 70%
- Participación en clase y actividades on-line: 30%

Módulos 6 a 8:

- Realización de tareas: 70%
- Participación en clase y actividades on-line: 30%

El Trabajo Final de Máster (14 ECTS) será evaluado por medio de la elaboración de un proyecto y su presentación oral ante el tribunal designado por la Comisión Académica.

En el caso de que un alumno no alcance el nivel exigido en alguno de los módulos, la comisión Académica podrá proponer y calificar un examen o trabajo complementario, a fin de completar los requisitos necesarios para obtener el título de Máster MAERM.

## REQUISITOS PREVIOS

Para acceder al Máster MAERM el candidato debe poseer una de las siguientes titulaciones académicas:

- Ingeniero Naval y Oceánico, Ingeniero Caminos, Canales y Puertos, Ingeniero Industrial, Ingeniero Aeronáutico o su equivalente Máster.
- Graduados en Arquitectura Naval, Ingeniería Marítima, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Civil e Ingeniería de la Energía.

En el caso de otras titulaciones, la Comisión Académica estudiará su adecuación al Máster de forma individualizada.

Los alumnos deberían tener un nivel de inglés B2 o superior. Para alumnos extranjeros se recomienda un nivel de español A2 o superior.



La selección de candidatos se realizará teniendo en cuenta el nivel y afinidad de los estudios previos y el expediente académico. El interés en las Energías Renovables Marinas será objeto de consideración.

## PREINSCRIPCIÓN Y MATRÍCULA

Los alumnos interesados en cursar el Máster deberán preinscribirse, contactando con el Secretario Administrativo, entre el 1 de abril y el 15 de septiembre de 2018.

Debido al número limitado de plazas, se hará una primera preselección de candidatos con las solicitudes recibidas antes del 15 de julio de 2017. A los candidatos preseleccionados se les solicitará un pago de 900 € en concepto de reserva de plaza.

Los alumnos que hayan sido admitidos deberán matricularse durante los meses de junio, julio y septiembre de 2018.

El pago de las tasas se hará en tres plazos:

- El primero, de 900 €, se abonará en el momento de realizar la preinscripción
- El segundo, de 3.600 €, se abonará en el momento de la matrícula, que se realizará 15 días después de realizar la preinscripción.
- El tercero, de 4.500 €, se abonará en el mes de marzo.

El máximo número de alumnos se ha establecido en 23.

Las tasas académicas del Máster ascienden a 9.000 €.

<b>LUGAR</b>  Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales Universidad Politécnica de Madrid Avda. de la Memoria, 4 Ciudad Universitaria 28040 Madrid	<b>CONTACTO</b> <u>Secretario Administrativo:</u> <b>D. José Antonio Muñoz Cubillo</b> E-mail: <a href="mailto:master.maerm.navales@upm.es">master.maerm.navales@upm.es</a> Teléfono: +34 910676108  <u>Coordinador Máster:</u> <b>D. José Luis Morán González</b> E-mail: <a href="mailto:joseluis.moran@upm.es">joseluis.moran@upm.es</a>
<b>Web:</b> <a href="http://www.etsin.upm.es/Escuela/Estudios/Titulos_Propios_UPM/Master_en_Energias_Renovables_Marinas">http://www.etsin.upm.es/Escuela/Estudios/Titulos_Propios_UPM/Master_en_Energias_Renovables_Marinas</a>	

## CUADRO DOCENTE

Surname	Name	Academic Education	Company	Present Professional responsibility
Aguinaga Arena	Manuel	Industrial Engineer	Scottish Power	O&M Package Manager
Cruz Fernandez	Jonay	Sea Sciences	Proes	Project Manager
de Faragó Botella	Enrique	Civil Engineer	Robert West / Proes	Operations Director
Domínguez Soto	Jaime	Naval Engineer	Iberdrola Ingeniería y Construcción	Specialist in Marine Renewable Projects
Esteban Pérez	M <sup>re</sup> Dolores	Ph.D. Civil Engineer	UPM - ETSICCP	Part-time Lecturer
Fernández Beites	Luis	Ph.D. Industrial Engineer	UPM-ETSII	Associate Professor
Fernández Uranga	Salvador	Industrial Engineer	Independent Advisor	Advisor
Fernández Viñuela	Pedro	Industrial Engineer	Scottish Power	Head of Contract Management
Finkelstein Valerio	Pablo	Industrial Engineer	Siemens Wind Power	Division Director (Wind Power)
García Muiña	José Manuel	Civil Engineer	Proes	Harbours Director
Gómez Alonso	Pablo	Ph.D. Mechanical Engineer	Iberdrola Ingeniería y Construcción	Engineer
González Iglesias	José Ignacio	Industrial Engineer	Iberdrola Renovables	Contract & Commercial Manager
González Palacios	Ángel	Aeronautic Engineer	Adwen Offshore	Floating offshore wind R&D engineer
Herreros Sierra	Miguel Ángel	Ph.D. Naval Engineer	UPM-ETSIN	Associate Professor Deputy Director
Izquierdo Labella	Ricardo	Naval Engineer	Gas Natural Fenosa (GPG)	Construction and Engineering Director
Leo Mena	Teresa	Ph.D. Chemistry	UPM - ETSIN	Full Professor Deputy Director
López Gutiérrez	José Santos	Ph.D. Civil Engineer	UPM - ETSICCP	Associate Professor Deputy Director
López Piñeiro	Amable	Ph.D. Naval Engineer	UPM - ETSIN	Full Professor Deputy Director
Martínez González	Sergio	Ph.D. Industrial Engineer	UPM-ETSII	Associate Professor
Martínez Caminero	Alfonso	Naval Engineer	Iberdrola Ingeniería y Construcción	Project Manager
Migoya Valor	Emilio	Ph.D. Industrial Engineer	UPM-ETSII	Associate Professor



POLITÉCNICA

Universidad Politécnica de Madrid  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales



Surname	Name	Academic Education	Company	Present Professional responsibility
Morán González	José Luis	Ph.D. Naval Engineer	Siemens SA UPM-ETSIN	Business Development Director P&G
Moya García	Juan	Naval Engineer	Adwen Offshore	Offshore wind industrialization
Negro Valdecantos	Vicente	Ph.D. Civil Engineer	UPM - ETSICCP	Associate Professor Deputy Director
Núñez Rivas	Luis Ramón	Ph.D. Naval Engineer	UPM - ETSIN	Director of ETSIN Associate Professor
Olalla Marañón	Claudio	PhD. Civil Engineer	UPM - ETSICCP	Full Professor Head of Department
Oliva Remolá	Adriana	Naval Engineer	UPM - ETSIN	Assistant Professor
Palacín Sotillo	Diego	Naval Engineer	Iberdrola Ingeniería y Construcción	Project Manager
Paredes Ortiz	Juan Luis	Industrial Engineer	Iberdrola Engineering and Construction	Commissioning Manager
Pérez Arribas	Francisco	Ph.D. Naval Engineer	UPM - ETSIN	Associate Professor Department Director
Pérez de Andrés	Juan Miguel	Industrial Engineer	Siemens SA	Division Director (Energy Management)
Pérez Fernández	Rodrigo	Ph.D. Naval Engineer	Sener	Responsible Military Area (Naval Business)
Pérez Rojas	Luis	Ph.D. Naval Engineer	UPM - ETSIN	Full Professor
Pinilla Cea	Paz	Ph.D. Chemistry	UPM - ETSIN	Associate Professor
Platero Gaona	Carlos	Ph.D. Industrial Engineer	UPM-ETSII	Research Associate
Rol Rúa	Laura	Industrial Engineer	Iberdrola Renovables	Senior Analyst in Energy Markets
Sánchez Calero	Miguel	Industrial Engineer	Iberdrola Renovables	Contract & Commercial Manager
Somolinos Sánchez	José Andrés	Ph.D. Industrial Engineer	UPM - ETSIN	Associate Professor
Soria Ruiz	Pedro	Naval Engineer	Adwen Offshore	Offshore Wind Loads and Control Specialist
Suárez Bermejo	Juan Carlos	MSc Physics Ph.D. Materials Science and Engineering, IWE	UPM - ETSIN	Director of CIME Full Professor
Tremps Guerra	Enrique	Ph.D. Mining Engineer	UPM - ETSIN	Associate Professor
Veganzones Nicolás	Carlos	Ph.D. Industrial Engineer	UPM-ETSII	Associate Professor
Zamora Rodríguez	Ricardo	Ph.D. Naval Engineer	UPM - ETSIN	Associate Professor