

ANEXO 1: PROPUESTA DE TÍTULO (GRADO Y MÁSTER)

Titulación nueva	Máster en Petroquímica y Tecnologías del Hidrógeno		
Ámbito de conocimiento	Ingeniería y Arquitectura		
Centro Responsable	Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Algeciras		
Decano/Director	Paloma Rocío Cubillas Fernández		
Otras Universidades participantes (en su caso)	---		
Nº de plaza previstas:	25		
Oferta de créditos:	60		
Menciones o especialidades:	Mención Dual (15 ECTS)		
Prácticas Externas	Sí	Nº de créditos	6
Modalidad de enseñanza	Presencial	Nº de créditos	45 + 9 TFM
Título bilingüe o en otro idioma	No	Nº de créditos	
Idioma de impartición	Español e Inglés		
Observaciones: ---			
Justificación académica y profesional:	<p>La implantación de este Máster tiene como principal justificación ofertar una formación específica en el sector del hidrógeno como vector energético sostenible y la gran oportunidad que supone para la industria petroquímica y la transición energética. Asimismo, el entorno industrial en el que se encuentra la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Algeciras, la necesidad de formar profesionales en el sector petroquímico, y la apuesta decidida por las plantas de producción de hidrógeno en la comarca, constituyen argumentos clave para la justificación de la implantación de esta formación especializada en el Campus Bahía de Algeciras de la Universidad de Cádiz.</p> <p>La “refinería del futuro” se entiende como un hub energético que procesará distintas materias primas (petróleo, además de una creciente proporción en biomasa, subproductos y residuos valorizables) para seguir satisfaciendo las necesidades de la sociedad (combustibles y materias primas químicas) incurriendo en una menor huella de carbono (World Energy Outlook, 2021). Esta propuesta se plantea con la visión de estudiar el hidrógeno como vector energético clave en la industria petroquímica en este nuevo contexto y su papel en esta transición energética; así como para las industrias y mercados diana a los que suministre entre los que cabe mencionar:</p>		

- **Industria de refino:** las principales aplicaciones del hidrógeno en las refinerías son las dedicadas a procesos de eliminación de impurezas del petróleo crudo (hidrotratamiento) o de mejora de los crudos más pesados (hidrocraqueo), en sus usos como materia prima.
- **Industria química:** el hidrógeno es utilizado como materia prima para la elaboración de productos químicos, especialmente amoníaco y metanol, que requieren de elevadas cantidades del mismo, y que a su vez sirven como fuente para la producción de otros compuestos químicos tales como fertilizantes, biocombustibles o plásticos.
- **Industria metalúrgica:** para la elaboración de ciertas aleaciones tales como el acero, se necesitan grandes aportes energéticos, y se podría emplear el hidrógeno renovable como fuente energética para alcanzar las temperaturas requeridas en su proceso de producción. También puede ser utilizado como agente reductor para la generación de aleaciones, desplazando el uso de carbón.

La situación estratégica de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Algeciras y la apuesta decidida por estas tecnologías son argumentos que justifican la propuesta de este Máster. En la Comarca del Campo de Gibraltar se encuentran representados sectores industriales como el del refino, petroquímico, siderúrgico y energético, agrupados en la Asociación de Grandes Industrias (AGI). Esta zona incluye además un importante grupo de pequeñas y medianas empresas que afianzan el perfil industrial de dicha Comarca. Este entorno facilita el ofertar titulaciones con un carácter dual, que permitan adquirir la formación especializada que requiere este Máster. Asimismo, la presencia de las Cátedras de empresa de la Universidad de Cádiz (Fundación Cátedra CEPSA, Cátedra ACERINOX, Cátedra EDP, Cátedra ARCGISA y Cátedra TELEFÓNICA Economía Azul y Puertos Inteligentes) con sede en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Algeciras constituye un importante valor estratégico para la implementación de este tipo de titulaciones que persiguen ofertar una formación especializada, tal y como expresa el Decreto 154/2023 de 27 de junio, de ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Andalucía.

Según un informe de Hydrogen Council, los proyectos relacionados con el hidrógeno verde alcanzarán una inversión de más de 250.000 millones de euros hasta el año 2030. Los fondos de Next Generation también apuestan por esta tecnología dirigida a la descarbonización de todos los sectores en 2050 en Europa.

Un dato a considerar para la impartición de este título en el Campus Bahía de Algeciras es la apuesta por este sector en la Comarca, y así lo demuestra, el premio que ha recibido CEPSA por el Valle Andaluz del Hidrógeno como Mejor Iniciativa de Hidrógeno 2023. La planta del Campo de Gibraltar se instalará en el Parque Energético San Roque y estará en funcionamiento en 2027. Asimismo, construirá la planta de amoníaco verde más grande de Europa, con una producción de 750.000 toneladas al año.

- **Necesidad de Especialización:** La industria petroquímica y las tecnologías relacionadas con el hidrógeno están experimentando un rápido avance y transformación. Existe una creciente demanda de profesionales altamente capacitados en estas áreas para abordar los desafíos actuales y futuros. El máster proporcionará una formación especializada que permitirá a los estudiantes comprender y aplicar conceptos avanzados en petroquímica y tecnologías del hidrógeno.

- **Relevancia Global:** La transición hacia fuentes de energía más limpias y sostenibles es una prioridad mundial. El hidrógeno se considera una alternativa prometedora para la descarbonización de sectores como el transporte, la industria y la generación de energía. Formar expertos en tecnologías del hidrógeno contribuirá al desarrollo de soluciones más ecológicas y eficientes.
- **Impacto Económico y Ambiental:** La petroquímica y las tecnologías del hidrógeno tienen un impacto significativo en la economía y el medio ambiente. Profesionales capacitados podrán diseñar procesos más eficientes, reducir emisiones y optimizar la producción de productos químicos y energía.
- **Investigación y Desarrollo:** El máster fomentará la investigación aplicada y la innovación en áreas como la producción de hidrógeno, almacenamiento, celdas de combustible y materiales avanzados.

Perfil de acceso:

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales
Grado en Ingeniería Química
Grado en Ingeniería Eléctrica
Grado en Ingeniería en Electrónica Industrial
Grado en Ingeniería Mecánica
Grado en Química
Otros Grados de la Rama de la Ingeniería Industrial

Perfiles profesionales de salida:

Entre las capacidades que se alcanzarán con esta titulación, destacan:

- Conocer los procesos del sector petrolífero y la obtención de las principales bases petroquímicas, adquiriendo competencias para la selección más adecuada del diseño de las unidades involucradas.
- Adquirir conocimientos específicos sobre el hidrógeno y su producción a través de diferentes tecnologías.
- Diseñar unidades de proceso petroquímicas y de obtención de hidrógeno.
- Conocer las tecnologías de almacenamiento, transporte y suministro de hidrógeno.
- Entender los retos y oportunidades que ofrece el hidrógeno como vector energético sostenible.
- Conocer las aplicaciones del hidrógeno sostenible en las industrias y mercados diana.
- Fomentar la investigación y el desarrollo tecnológico en el ámbito del sector petroquímico y del hidrógeno.

Entre los perfiles de salida que generará esta titulación, destacan:

- Técnico especialista en descarbonización para la adaptación de la Industria del Refino del Petróleo.
- Técnico especialista en descarbonización para la adaptación de la Industria Petroquímica.

- Ingeniero de procesos para el acondicionamiento de aguas para la producción electrolítica de hidrógeno.
- Ingeniero de procesos adaptados para la descarbonización.
- Técnico en simulación de procesos de producción de hidrógeno.
- Investigador técnico en Proyectos I+D+H2.
- Consultor en materia de descarbonización en Grandes Industrias y mercados diana.
- Especialista en almacenamiento, transporte y distribución de hidrógeno en el marco de la ruta europea: Campo de Gibraltar - Golfo de Cádiz - Rotterdam.
- Asesor técnico especialista en la elección de materiales para producción, almacenamiento, distribución y aplicaciones del hidrógeno.

Referentes nacionales, o internacionales, si los hubiera

Este Máster se encuentra enmarcado en el área de Ingeniería y Arquitectura, y dado que no se disponen de datos suficientes de títulos con este perfil se presentan datos de Másteres del ámbito de la Ingeniería Industrial relacionados con el campo de la energía (Tabla 1).

Máster	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21	2021/22
Ingeniería de la Energía	1091	924	944	998	1054	1405	1573

Tabla 1. Número de estudiantes matriculados en el Máster Ingeniería de la Energía. Fuente: Ministerio de Universidades, SIU.

Como se observa, el número de matriculados en este Máster relacionado con la energía ha ido en aumento en los últimos cursos; lo que demuestra el creciente interés por el sector energético.

Si se plantea un análisis en la Universidad de Cádiz de la demanda en titulaciones de Máster relacionados con el ámbito de las energías renovables, se observa que el número de matriculados en el Máster en Energías Renovables y Eficiencia Energética impartido en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Algeciras ha ido en paulatino crecimiento y manteniendo su matriculación en los últimos cursos (Tabla 2).

Título	2018/19	2019/20	2020/21	2021/22	2022/23	2023/24
Máster en Energías Renovables y Eficiencia Energética	17	27	28	23	21	26

Tabla 2. Número de matriculados de nuevo ingreso en el Máster en Energías Renovables y Eficiencia Energética. Fuente: Sistema de Información UCA.

Objetivos formativos del título:

Este Máster tiene por objetivo proporcionar una formación especializada en los procesos petroquímicos y en diferentes estrategias para la producción, transporte y almacenamiento del hidrógeno. El programa formativo planteado permite profundizar en el hidrógeno como vector energético clave y en la oportunidad que, su producción de manera sostenible, supone para la industria del refino y petroquímica. Entre las capacidades que se alcanzarán con esta propuesta destacan:

Conocer los procesos del sector petrolífero y la obtención de las principales bases petroquímicas, adquiriendo competencias para la selección más adecuada del diseño de las unidades involucradas. Adquirir conocimientos específicos sobre el hidrógeno y su producción a través de diferentes tecnologías.

Diseñar unidades de proceso petroquímicas y de obtención de hidrógeno.

Conocer las tecnologías de almacenamiento, transporte y suministro de hidrógeno.

Entender los retos y oportunidades que ofrece el hidrógeno como vector energético sostenible.

Conocer las aplicaciones del hidrógeno sostenible en las industrias y mercados diana.

Fomentar la investigación y el desarrollo tecnológico en el ámbito del sector petroquímico y del hidrógeno.

Esquema general del Título: Plan de Estudios

Materia	Tipo	Créditos	Área de conocimiento
<i>Módulo 1.</i> Refino del Petróleo	Obligatoria	6	Ingeniería Química
<i>Módulo 2.</i> Industria Petroquímica	Obligatoria	3	Ingeniería Química
<i>Módulo 3.</i> Fundamentos técnicos y mercado del hidrógeno	Obligatoria	6	Ingeniería Química Ingeniería Eléctrica Tecnologías del Medio Ambiente
<i>Módulo 4.</i> Tecnologías para la producción de hidrógeno	Obligatoria	6	Ingeniería Química Ingeniería Eléctrica
<i>Módulo 5.</i> Agua para producción de hidrógeno electrolítico	Obligatoria	3	Tecnologías del Medio Ambiente
<i>Módulo 6.</i> Almacenamiento, transporte y distribución de hidrógeno	Obligatoria	6	Ingeniería Química Máquinas y Motores Térmicos Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras
<i>Módulo 7.</i> Usos y transformación del hidrógeno	Obligatoria	9	Ingeniería Química Ingeniería Eléctrica Máquinas y motores térmicos
<i>Módulo 8.</i> Materiales para el hidrógeno	Obligatoria	6	Ciencia de Materiales e Ingeniería Metalúrgica Química Inorgánica
<i>Módulo 9.</i> Prácticas de empresa	Obligatoria	6	Todas las áreas con docencia en el título
<i>Módulo 10.</i> Trabajo fin de Máster	Obligatoria	9	Todas las áreas con docencia en el título

Contenidos por módulos

Módulo 1. Refino del Petróleo. Créditos ECTS: 6

Procesos y productos de Refino.

Papel del Hidrógeno.

Diseño de reactores catalíticos.

Proyectos I+D+H2.

Módulo 2. Industria Petroquímica. Créditos ECTS: 3

Productos base de la industria petroquímica: Metanol, Olefinas, Aromáticos, Amoníaco.

Papel de la industria petroquímica en la transición energética.

Proyectos I+D+H2

Módulo 3. Fundamentos técnicos y mercado del hidrógeno. Créditos ECTS: 6

Características y clasificación del hidrógeno.

Mercados actuales y futuros.

Consumo del hidrógeno: Movilidad, uso industrial, blending y tecnologías PtX.

Seguridad industrial y normativa ambiental.

Objetivos y marco normativo en España y en Europa.

Módulo 4. Tecnologías para la producción de hidrógeno. Créditos ECTS: 6

Generación de hidrógeno mediante procesos de reformado de gas natural y biometano.

Generación de hidrógeno mediante otros procesos termoquímicos.

Generación de hidrógeno mediante procesos biológicos.

Generación de hidrógeno y oxígeno mediante electrólisis.

Técnicas de separación y purificación de hidrógeno.

Simulación de procesos mediante HYSYS.

Prácticas laboratorio: Biotecnología del hidrógeno, Gasificación Hidrotérmica en Planta Piloto y

Producción de H₂ mediante Electrólisis.

Proyectos I+D+H₂.

Módulo 5. Agua para producción de hidrógeno electrolítico. Créditos ECTS: 3

Procesos de acondicionamiento: Agua de abastecimiento.

Procesos de acondicionamiento: Aguas residuales.

Procesos de acondicionamiento: Agua de mar.

Proyectos I+D+H₂

Módulo 6. Almacenamiento, transporte y distribución de hidrógeno. Créditos ECTS: 6

Técnicas de separación y purificación de hidrógeno.

Almacenamiento.

Transporte terrestre y marítimo: hidrógeno, amoníaco y LOHC.

Seguridad y normativa.

Proyectos I+D+H₂.

Módulo 7. Usos y transformación del hidrógeno. Créditos ECTS: 9

Tecnologías de la Combustión

Síntesis de derivados del hidrógeno (metano, metanol, amoníaco).

Producción de e-fuels.

Pilas de combustible de baja y alta temperatura.

Prácticas laboratorio: Transformación de hidrógeno en electricidad mediante pilas PEM.

Proyectos I+D+H₂.

Módulo 8. Materiales para el hidrógeno. Créditos ECTS: 6

Materiales para almacenamiento y transporte.

Materiales para electrolizadores y pilas de combustible.

Materiales Catalíticos

Proyectos I+D+H₂.

Recursos de profesorado disponibles:

En la siguiente tabla se indica la situación actual de cada área en este curso 23/24, así como los créditos asignados en la propuesta de este Máster:

Área de conocimiento	Capacidad inicial	Capacidad final	Encargo docente total	Saldo del área	Saldo Efectivo ¹	Créditos Máster UCA	Créditos Máster Externo	Necesidad Recursos Profesorado
Ciencia de Materiales e Ingeniería Metalúrgica	392,10	278,97	235,26	43,71	43,71	3	0	0
Ingeniería Eléctrica	580,75	431,61	432,82	-1,21	-1,21	6	0	6
Ingeniería Química	667,53	472,35	465,37	6,08	6,08	14	9	7,92
Máquinas y Motores Térmicos	486,66	361,66	391,82	-0,16	-30,16	5	0	5
Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras	123	112,50	113,25	-0,75	2,75	1	0	0
Tecnologías del Medio Ambiente	326,35	213,61	170,63	42,98	43,98	4	0	0
Química Inorgánica	418,11	277,73	232,78	44,95	44,95	3	0	0
Total						38	7	18,92

¹Saldo efectivo: considerando créditos del área asignados a otras áreas de conocimiento

Fuente: Sistema de Información UCA

La propuesta de este Máster contempla 15 créditos de formación dual. Del total de créditos asignados a todas las áreas de conocimiento, 45 créditos, 9 créditos aproximadamente serán impartidos por profesorado externo. Se deduce que la necesidad de recursos de profesorado asciende a 18,92 créditos, lo que supone que actualmente los departamentos pueden cubrir un 68% de la oferta de créditos del título. Hay que considerar que la capacidad final de cada área es fluctuante al estar sujeta a la valoración de créditos por las diferentes actividades de docencia, investigación y gestión del profesorado, y que irá en crescendo conforme a las nuevas especificaciones desde la Junta en materia de dedicación académica. Por otro lado subrayar también que otras áreas, además de Ingeniería Química, podrán recurrir a profesorado externo en los primeros cursos de impartición.

Propuesta de encargo docente preliminar

Se adjunta tabla con el encargo docente asignado a las distintas áreas implicadas en la docencia del título.

Recursos materiales disponibles.

Las infraestructuras de la ETSI de Algeciras son modernas, suficientes y adecuadas para la impartición de este nuevo máster con recursos de aulas disponibles actualmente. Por otro lado, señalar que además de todas las titulaciones de Ingeniería que se imparten, se aloja temporalmente la titulación de GADE (sede de Algeciras) que cuenta con más de 500 estudiantes y 2 líneas del Grado Superior de Formación Profesional de Química Industrial. La ETSI cuenta además con una nueva biblioteca de gran capacidad y prestaciones, así como numerosas aulas de informática y laboratorios de todas las áreas implicadas en el título. Todo puede contrastarse en el espacio web de la ETSI <https://etsingenieria.uca.es/> , en el que podemos encontrar detalles e imágenes de sus infraestructuras: <https://etsingenieria.uca.es/escuela/infraestructura/>

Relación de la propuesta con títulos que se imparten en la Universidad

El máster propuesto guarda una estrecha relación con los grados de ingeniería industrial y de ingeniería civil impartidos en la escuela, teniendo especial relevancia el itinerario de Química Industrial que se oferta dentro del Grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales. También será opción de continuidad para los egresados del futuro Grado de Ingeniería en Energías Renovables que se implantará en este centro para el curso 2026/27. A su vez está estrechamente relacionado con el Máster de Energías Renovables y Eficiencia Energética que también se imparte en este centro.

Informe económico

Los costes asociados a la implantación corresponden a la adquisición de equipamiento específico para la realización de prácticas que complementen la formación teórica, así como los costes relativos a los profesionales que actúen como profesorado externo.

Costes asociados al profesorado externo. Estimando la impartición de 9 créditos del título con profesorado externo y 50 euros/hora impartida; el presupuesto sería de 4500 euros.
Adquisición de equipamiento para la realización de contenidos prácticos. Presupuesto para material básico: 5.000 euros.

Como fuentes de financiación claves para la impartición de este título destacan las empresas Acerinox, CEPSA y EDP, con las que la Universidad de Cádiz tiene convenios de colaboración a través de Cátedras de Empresa.