

El manual del formador en 6 idiomas



TECONAUT

USING DEEP TECH TO FACILITATE THE ECO
TRANSITION IN THE NAUTICAL SECTOR



Co-funded by
the European Union

Un manual digital en inglés, español, francés, griego,
polaco, alemán y turco.

Número del proyecto	101139940
Título del documento	El manual del formador en 6 idiomas diferentes
Fecha	12 de enero de 2026
Tipo de documento	Directrices
Distribución	NTUA
Nivel de publicidad	Público
Version	1

Disclaimer

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or EACEA. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.



Tabla of Contenidos

- 1 Introducción
- 2 Función de este manual
 - 2.1 Propósito
 - 2.2 Usuarios y destinatarios
 - 2.3 Contexto
- 3 Programa del curso y material complementario
- 4 Orientaciones para la formación
 - 4.1 Enfoque formativo y orientaciones
 - 4.2 Consejos prácticos para el profesorado
- 5 Lista de materiales y equipamiento

Anexo: Presentaciones didácticas de apoyo y vídeos



1

Introducción



1. Introducción

Este manual ha sido elaborado como una herramienta práctica de referencia para el profesorado que participa en el proyecto TEcoNaut, financiado por la Unión Europea, una iniciativa europea diseñada para reforzar la colaboración entre las instituciones de educación superior, los centros de formación profesional (FP) y la industria de la construcción naval. El proyecto tiene como objetivo identificar las necesidades emergentes de competencias, abordar las brechas de cualificación existentes y apoyar la cooperación a largo plazo en todo el sector.

Centrado en la formación profesional en materiales sostenibles aplicados a la construcción de embarcaciones, TEcoNaut apoya la transición del sector hacia tecnologías innovadoras y medioambientalmente responsables.

Más concretamente, el proyecto TEcoNaut pretende alcanzar su objetivo principal mediante:

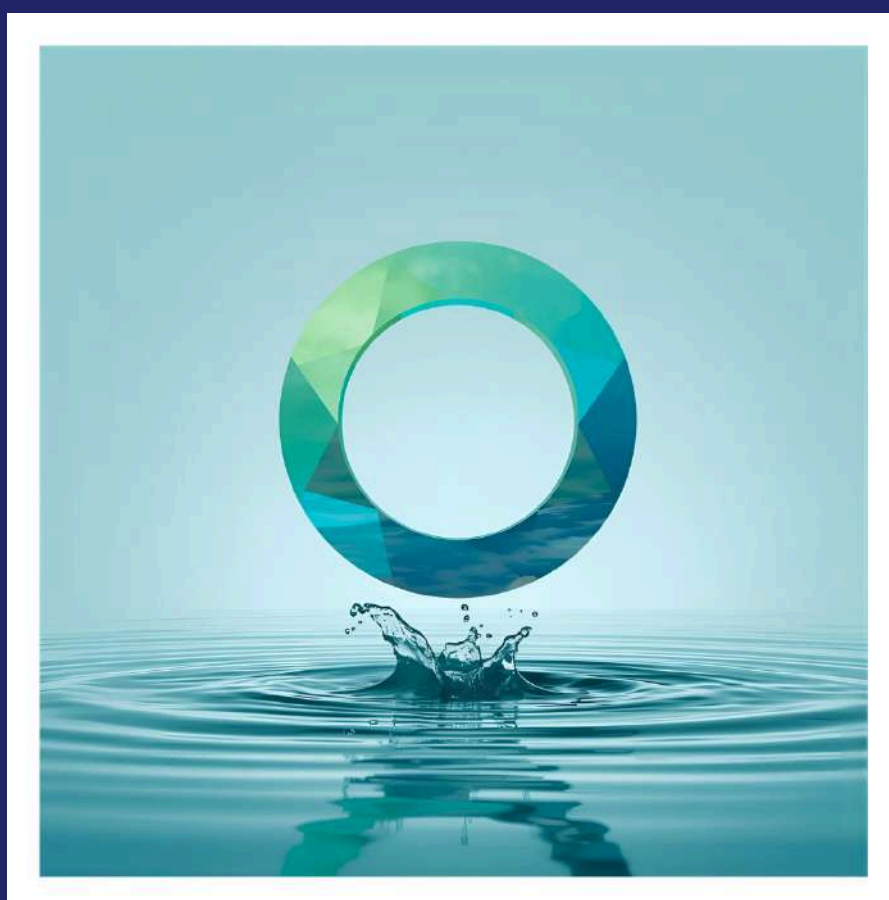
- el desarrollo de un curso de materiales Deep Tech para la FP, centrado en el uso y la aplicación de materiales Deep Tech, junto con un programa de formación de formadores (Train the Trainers);
- la realización de una fase exhaustiva de identificación de brechas de competencias, cuyos resultados se vincularán con ESCO y harán uso de la nueva Taxonomía Verde de la UE;
- el fomento de una mentalidad emprendedora entre el alumnado y los futuros profesionales del sector náutico “eco”, capacitándolos para identificar oportunidades de negocio futuras relacionadas con el uso de materiales sostenibles y la circularidad de los materiales en la construcción naval, al tiempo que se refuerzan sus competencias de resiliencia;
- el diseño de un programa de prácticas para estudiantes de educación superior, con un enfoque eminentemente práctico, que les permita trabajar en la aplicación de competencias Deep Tech dentro de las empresas. La necesaria ola verde Deep Tech en la construcción naval solo puede desarrollarse con éxito mediante la colaboración entre instituciones de educación superior dedicadas a la investigación en materiales Deep Tech, empresas que construyen embarcaciones de manera sostenible y respetuosa con el medio ambiente, y centros de FP que proporcionan personal cualificado.

Este manual está concebido como complemento del curso TEcoNaut: **Materiales sostenibles en el sector de la construcción naval**. Proporciona orientaciones, buenas prácticas recomendadas y recursos estructurados para apoyar una implementación eficaz de los módulos formativos y ayudar al profesorado a alcanzar los resultados de aprendizaje definidos.



2

Función de este manual



2. Función de este manual

2.1 Propósito

La finalidad de este manual es servir como guía de referencia principal para el profesorado que imparte el **curso TEcoNaut**. Proporciona orientaciones prácticas sobre metodologías docentes, recursos y materiales complementarios para apoyar un aprendizaje eficaz y garantizar una implementación coherente de los distintos módulos del curso

Además, el manual ofrece material complementario (“level-up”) sobre varios contenidos del curso, con el fin de aportar contexto adicional que permita al profesorado responder a preguntas más avanzadas del alumnado. Mediante la integración de herramientas didácticas, materiales de referencia y orientaciones prácticas, el Manual del Formador tiene como objetivo apoyar a los docentes en la impartición de una experiencia de aprendizaje de alta calidad, en un entorno dinámico, participativo e interactivo.

Más concretamente, el manual ayuda al profesorado a:

- aplicar enfoques formativos eficaces y centrados en el alumnado;
- gestionar las actividades en el aula y la dinámica de grupos;
- supervisar el progreso en relación con los objetivos de aprendizaje definidos;
- abordar las dudas del alumnado que vayan más allá de los contenidos nucleares del curso.

Este manual no tiene un carácter restrictivo. Se anima al profesorado a adaptar y ampliar los materiales en función de su criterio profesional y de las necesidades específicas de su alumnado.

2.2 Usuarios y destinatarios

Este manual está dirigido principalmente al profesorado implicado en la **Formación Profesional (FP)** y se centra en la construcción naval sostenible. Asimismo, puede utilizarse como documento de referencia por:

- docentes de instituciones de educación superior;
- especialistas en formación del sector marítimo y de la construcción de embarcaciones;
- profesionales que participan en el apoyo o la impartición de actividades de FP en el marco del curso TEcoNaut.

2.3 Contexto

Este manual proporciona un marco integral diseñado para apoyar al profesorado en la impartición del curso TEcoNaut. Dicho marco se corresponde con los **requisitos de cualificación del Nivel 4 del Marco Europeo de Cualificaciones (EQF)**, garantizando la coherencia con los estándares europeos reconocidos en materia de formación profesional. (Ver <https://europass.europa.eu/en/description-eight-efq-levels>).

A continuación se presenta el contenido principal del Manual del Formador, organizado con el objetivo de ofrecer al profesorado y a los formadores orientaciones claras, herramientas prácticas y un apoyo estructurado a lo largo de todas las fases del proceso formativo

3

Programa del curso y material de apoyo

4

Orientaciones para la formación

5

Lista de materiales y equipamiento

Anexo

Presentaciones de apoyo y videos

Resumidamente, la Sección 3 presenta la programación del curso por unidades, complementado con material de apoyo ("level-up") sobre varios temas incluidos en los contenidos de cada unidad, así como orientaciones para la realización de las actividades descritas en el esquema del curso.

La Sección 4 actúa como guía sobre metodologías docentes y sobre la conducción de sesiones formativas participativas y dinámicas.

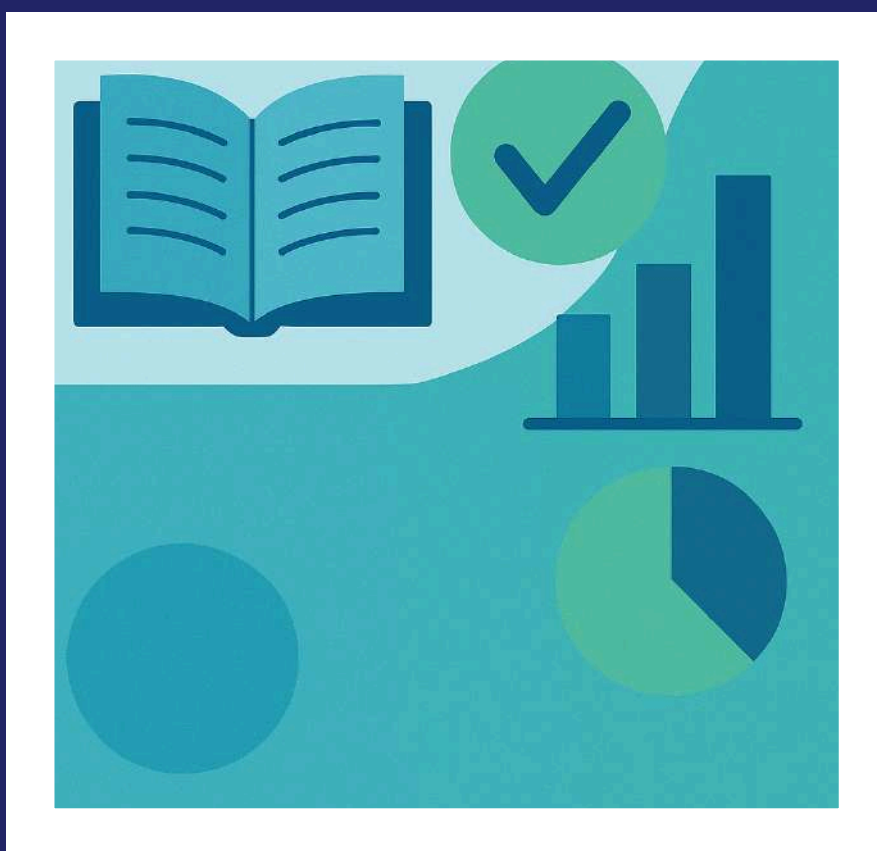
La Sección 5 recoge la lista de equipamiento y materiales necesarios para la realización de actividades prácticas, así como para una mejor comprensión de la terminología relacionada con la construcción de embarcaciones.

Por último, el Anexo incluye las presentaciones impartidas en un taller celebrado en Francia en el marco del proyecto TEcoNaut, que aportan conocimientos sobre materiales Deep Tech y sus propiedades mecánicas.



3

Programa del curso y material complementario



3. Programa del curso y material complementario

En esta sección se presenta el marco general del curso, describiendo cómo se organiza el contenido formativo en unidades, módulos, subtemas, actividades asociadas e información de apoyo del curso. Cada unidad aborda un ámbito temático clave, garantizando un equilibrio adecuado entre los conocimientos teóricos y su aplicación práctica. Las tablas asociadas (véanse las correspondientes tablas del **Programa del Curso**) proporcionan información esencial para el desarrollo del material formativo, incluyendo los temas, los resultados de aprendizaje previstos, la duración estimada y los métodos de enseñanza y formación propuestos, con el fin de apoyar al profesorado en la planificación e impartición eficaz del curso. Estas tablas ofrecen también al alumnado una visión clara y transparente de los contenidos del curso y de las expectativas formativas. Para cada unidad se incluyen **instrucciones para las actividades** (véanse las correspondientes tablas de Instrucciones de Actividades) y recursos complementarios ("level-up") (véanse las correspondientes tablas de Recursos Complementarios), organizados en formato de tabla para facilitar su uso por parte del profesorado. La estructura del curso consta de **cinco (5) unidades**. El alumnado recibirá formación en los siguientes ámbitos:

Unidad 1: Introducción a la sostenibilidad en la construcción naval

Unidad 2: Materiales sostenibles, propiedades y comportamiento

Unidad 3: Técnicas de aplicación en trabajos de fabricación y reparación

Unidad 4: Evaluación del ciclo de vida y caso de negocio

Unidad 5: Planificación profesional, oportunidades y desafíos

Estos contenidos contribuyen de forma conjunta al desarrollo de las competencias técnicas y a una conciencia más amplia en materia de sostenibilidad dentro del sector de la construcción de embarcaciones.

Las descripciones que se presentan a continuación explican la finalidad y el alcance de cada una de las columnas incluidas en las tablas del **Programa del Curso**, garantizando una interpretación y aplicación coherentes en todos los contextos formativos.

Módulo

Esta columna presenta cada uno de los módulos que componen la unidad correspondiente.

Contenido

Esta columna hace referencia a cada uno de los contenidos del módulo.

Nota: El texto resaltado en negrita en la columna «Contenido» indica que se proporciona información más detallada y actividades asociadas para el contenido correspondiente en la **Guía de Actividades**.

Tema

Esta columna proporciona información detallada sobre los temas y subtemas incluidos en cada unidad, reflejando los contenidos definidos en el currículum del curso. Ofrece una visión estructurada de lo que se impartirá en cada tema, favoreciendo una secuenciación lógica y una cobertura completa de los contenidos.

El desglose de los temas ayuda al profesorado a planificar y organizar las sesiones formativas de manera eficaz, al tiempo que guía al alumnado a través de una exploración clara y progresiva de la materia.

Nota: El texto resaltado en negrita en la columna «Tema» indica la disponibilidad de **material complementario** ("level-up"), que se presenta en la tabla correspondiente de Material de Apoyo.

Resultado de aprendizaje

La columna Resultados de aprendizaje especifica los conocimientos, habilidades y actitudes que se espera que el alumnado adquiera o desarrolle a través de cada actividad. Estos resultados se han definido de forma coherente con los objetivos generales del currículum establecidos para cada unidad del curso.

Los resultados de aprendizaje actúan como indicadores clave tanto para el profesorado como para el alumnado, garantizando que cada actividad contribuya de manera significativa al desarrollo de las competencias previstas.

Duración

Esta columna indica la duración prevista para cada sesión o actividad. El tiempo indicado debe corresponderse con la planificación establecida en el programa del curso, ayudando al profesorado a gestionar la planificación de las sesiones y a garantizar la coherencia en todos los entornos formativos.

Metodología didáctica

Esta columna propone los métodos de enseñanza y formación más apropiados para el subtema correspondiente.

La Guía de Actividades presenta todas las actividades que pueden llevarse a cabo en el aula para ayudar al alumnado a adquirir una comprensión sólida de los conceptos y conocimientos básicos impartidos en el currículo. Las actividades se muestran en formato de tabla, ofreciendo una visión estructurada por unidad, con instrucciones claras y orientaciones que facilitan al profesorado la organización de las tareas y el acompañamiento eficaz del alumnado.

El **Material Complementario (Level up)** proporciona al profesorado una visión ampliada de conceptos avanzados, materiales de referencia y recursos complementarios que enriquecen el currículo principal. Su finalidad es apoyar a los docentes en la profundización del conocimiento del alumnado sobre materiales sostenibles, métodos de fabricación, marcos normativos y desarrollos del sector vinculados a la construcción naval moderna. Al ofrecer un acceso estructurado a publicaciones científicas, normas técnicas, herramientas profesionales y estudios de caso reales, esta sección dota al profesorado del contexto necesario para guiar con confianza al alumnado más allá de los contenidos esenciales, hacia un marco profesional y medioambiental más amplio.

La **Unidad 1** reúne recursos completos que introducen al alumnado en marcos de sostenibilidad, innovaciones en materiales naturales y métodos de evaluación ambiental relevantes para los sectores marino y costero. Incluye materiales de referencia sobre gestión sostenible de marinas, la estrategia climática a largo plazo del Pacto Verde Europeo, investigaciones avanzadas sobre maderas y materiales inteligentes basados en polímeros, así como normas como la ISO 12215, que definen las propiedades de los materiales utilizados en las estructuras de las embarcaciones. Contenidos adicionales destacan la importancia del Análisis del Ciclo de Vida (ACV) para reducir el impacto ambiental a lo largo de la vida útil de una embarcación, junto con enfoques de economía circular aplicados a la gestión de residuos y la eficiencia en el uso de recursos.

La **Unidad 2** se centra en fibras, resinas, estructuras compuestas, tecnologías de reciclaje y comportamiento mecánico en la construcción naval moderna. Las referencias incluyen publicaciones científicas con comparativas de propiedades de las fibras, resultados de ensayos y el impacto de la química de las resinas en el rendimiento y la durabilidad. La unidad aborda también normas ISO esenciales, recursos prácticos sobre mecánica de materiales compuestos y estudios de caso detallados sobre defectos de materiales, uso de aditivos, compatibilizantes y estructuras tipo sándwich. Se pone un fuerte énfasis en la circularidad, con numerosas fuentes que analizan métodos de reciclaje térmico, mecánico y químico, los requerimientos energéticos de los distintos procesos y las iniciativas actuales del sector centradas en alternativas de base biológica, fibras naturales y materiales compuestos sostenibles.

La **Unidad 3** proporciona al profesorado materiales de orientación práctica relacionados con los procesos de fabricación de materiales compuestos, la arquitectura de las fibras y el aseguramiento de la calidad en la producción. A través de guías técnicas, páginas web de proveedores, artículos científicos y vídeos demostrativos, esta unidad explica métodos de laminación, infusión de resina, prevención de defectos y las etapas de construcción de componentes de material compuesto de fibra natural o híbrida. Asimismo, introduce al alumnado en nuevos enfoques de fabricación sostenible, ejemplos de reacondicionamiento y reutilización, técnicas de reparación y perspectivas del sector sobre los impactos ambientales a lo largo del proceso de construcción de embarcaciones. También se abordan el control de calidad, las soluciones de gestión de residuos y las oportunidades para el reciclaje de recortes y sobrantes de producción.

La **Unidad 4** recopila los marcos normativos más relevantes, las metodologías de cálculo de la huella ambiental y las iniciativas europeas en curso orientadas a la descarbonización del sector náutico. Las referencias incluyen normas ISO oficiales, documentación sobre la Huella Ambiental de Producto (PEF), guías de Análisis del Ciclo de Vida (ACV), estudios del sector e informes de ámbito político y estratégico. En conjunto, estos recursos ayudan al profesorado a contextualizar la sostenibilidad dentro de un marco legal e industrial más amplio, mostrando cómo la normativa influye en la selección de materiales, los procesos de fabricación, las responsabilidades al final de la vida útil y la transición hacia diseños de embarcaciones de bajo impacto ambiental

La **Unidad 5** pone el foco en el contexto normativo y de políticas públicas, las oportunidades de financiación, el análisis del mercado laboral y la evolución de las competencias profesionales que configurarán el futuro de la construcción de embarcaciones. Integra materiales sobre el Pacto Verde Europeo, el paquete Fit for 55, la regulación del traslado de residuos y mecanismos financieros como NextGenerationEU. La unidad incluye asimismo estudios de caso de astilleros que adoptan prácticas sostenibles innovadoras, vídeos y guías sobre oficios tradicionales y técnicas modernas, así como una amplia gama de recursos que presentan perfiles profesionales relevantes, estrategias de networking, eventos profesionales y nuevas competencias tecnológicas emergentes en el sector

En las tablas que se presentan a continuación, se recoge de forma detallada toda la información anteriormente descrita para cada una de las unidades del material formativo del curso TEcoNaut.



Unidad 1: Introducción a la sostenibilidad en la construcción naval

Unidad 1: Introducción a la sostenibilidad en la construcción naval / Programa del curso

Módulo	Contenidos	Temas	Resultados de Aprendizaje	Duración (hrs)	Metodología Didáctica
1.1 Fundamentos de la sostenibilidad en la industria marítima	1.1.1 Principios de sostenibilidad en la industria marítima.	1. Introducción a los tres pilares de la sostenibilidad 2. Retos específicos en contextos marítimos: emisiones, uso de recursos, residuos de materiales 3. Aplicación de la sostenibilidad en el diseño, la construcción y el mantenimiento de embarcaciones	1. Comprender el concepto fundamental de sostenibilidad. 2. Identificar los principales retos medioambientales, sociales y económicos en el sector marítimo. 3. Capacidad para clasificar acciones y decisiones según los tres pilares de la sostenibilidad. 4. Conciencia de los efectos a largo plazo de las decisiones de ingeniería sobre las personas y el medio ambiente.	2 ½	Aprendizaje basado en problemas
	1.1.2 Evolución histórica: materiales de origen biológico vs. fibra de vidrio.	1. Introducción al desarrollo de materiales en la construcción naval: a) Visión general de los materiales tradicionales para la construcción de embarcaciones b) Introducción a los primeros materiales compuestos 2. Línea temporal de la evolución de los materiales: a) Principales hitos históricos en los materiales de construcción naval.	1. Conocimiento sobre el desarrollo histórico de los materiales utilizados en la construcción naval. 2. Habilidad para comparar materiales tradicionales, sintéticos y de base biológica en términos generales.	2 ½	Aprendizaje en el aula, lectura interactiva con evidencia fotográfica y ejemplos de materiales reales

Nota 1: El texto resaltado en negrita en la columna «Contenido» indica que se proporciona información más detallada y actividades asociadas para el Tema correspondiente en la tabla que se presenta a continuación.

Nota 2: El texto resaltado en negrita en la columna «Temas» indica la disponibilidad de material complementario ("level-up"), que se presenta en una tabla independiente a continuación.

Unidad 1: Introducción a la sostenibilidad en la construcción naval / Programa del curso

Módulo	Contenidos	Temas	Resultados de Aprendizaje	Duración (hrs)	Metodología Didáctica
1.1 Fundamentos de la sostenibilidad en la industria marítima	1.1.2 Evolución histórica: materiales de origen biológico vs. fibra de vidrio	b) Transición de los materiales tradicionales a los sintéticos (modernos) c) Alternativas de base biológica 3. Comparación de materiales (con ejemplos): a) Impacto ambiental b) Propiedades mecánicas c) Costes y disponibilidad en el mercado / industria	3. Capacidad para evaluar la elección de materiales según el contexto histórico, las necesidades técnicas y los criterios de sostenibilidad.		
	1.1.3 Marco normativo: certificaciones y regulaciones aplicables	1. Visión general de las normativas marítimas internacionales y regionales (por ejemplo: IMO, ISO 14001, directivas de la UE) 2. Introducción a las certificaciones de materiales y embarcaciones sostenibles 3. El papel de la normativa en la aplicación y promoción de prácticas sostenibles	1. Introducción a la normativa marítima. 2. Visión general de las regulaciones y directivas relevantes. 3. Papel de las normativas en las prácticas sostenibles.	1	Aprendizaje en el aula, lectura interactiva con casos prácticos

Nota 1: El texto resaltado en negrita en la columna «Contenido» indica que se proporciona información más detallada y actividades asociadas para el Tema correspondiente en la tabla que se presenta a continuación.

Nota 2: El texto resaltado en negrita en la columna «Temas» indica la disponibilidad de material complementario ("level-up"), que se presenta en una tabla independiente a continuación.

Unidad 1: Introducción a la sostenibilidad en la construcción naval / Programa del curso

Módulo	Contenidos	Temas	Resultados de Aprendizaje	Duración (hrs)	Metodología Didáctica
1.2 Impacto ambiental y gestión de residuos	1.2.1 Análisis de ciclo de vida (LCA) aplicado a la industria náutica	1. Introducción al Análisis de Ciclo de Vida (ACV) – definición y propósito 2. Etapas del ciclo de vida de una embarcación: a) Fabricación y construcción b) Transporte y distribución c) Fase de uso / operación d) Fin de vida útil: eliminación, reciclaje o reutilización 3. Identificación de emisiones, residuos y consumo de recursos en cada etapa. 4. Huella de carbono y sus componentes en la producción y uso de embarcaciones 5. Comparación de los impactos ambientales entre diferentes materiales	1. Concepto de ACV. (LCA) 2. Identificar y describir las principales etapas del ciclo de vida de una embarcación. 3. Reconocer los impactos ambientales típicos asociados a cada etapa del ciclo de vida.	2	Aprendizaje en el aula
	1.2.2 Estrategias de gestión de residuos: principios de economía circular y modelo 3R (Reducir, Reutilizar, Reciclar).	1. Introducción a los residuos en la industria de la construcción naval: a) Tipos y fuentes de residuos durante la producción, el mantenimiento y las etapas de fin de vida útil. b) Riesgos y consecuencias ambientales de una gestión inadecuada de residuos. 2. Comprensión del marco 3R: a) Reducir – minimizar la generación de residuos mediante un diseño inteligente y eficiencia en el uso de recursos. b) Reutilizar – prolongar la vida útil de productos o componentes mediante reparación o readaptación. c) Reciclar – recuperación y transformación de materiales para crear nuevos productos.	1. Comprender los principios del concepto jerárquico de residuos 3R. 2. Entender el modelo de Economía Circular. 3. Identificar los tipos comunes de residuos en el proceso de construcción naval. 4. Comprender los principios del 3R y la economía circular.	2	Aprendizaje en el aula

Nota 1: El texto resaltado en negrita en la columna «Contenido» indica que se proporciona información más detallada y actividades asociadas para el Tema correspondiente en la tabla que se presenta a continuación.

Nota 2: El texto resaltado en negrita en la columna «Temas» indica la disponibilidad de material complementario ("level-up"), que se presenta en una tabla independiente a continuación.

Unidad 1: Introducción a la sostenibilidad en la construcción naval / Programa del curso

Módulo	Contenidos	Temas	Resultados de Aprendizaje	Duración (hrs)	Metodología Didáctica
1.2 Impacto ambiental y gestión de residuos	1.2.2 Estrategias de gestión de residuos: principios de economía circular y modelo 3R (Reducir, Reutilizar, Reciclar).	3. Introducción a la Economía Circular: a) Definición y contraste con el modelo lineal tradicional (“extraer-fabricar-desechar”). b) Principios básicos: diseño para la durabilidad, mantener los materiales en uso, regenerar los sistemas naturales			
	1.2.3 Límites de la sostenibilidad: desafíos del reciclaje frente al uso de materias primas renovables.	1. Introducción al Desarrollo Sostenible. 2. Retos del reciclaje: a) Dificultades técnicas del reciclaje de materiales compuestos (por ejemplo, fibra de vidrio, fibra de carbono). b) Barreras económicas: coste del reciclaje frente al coste del material nuevo. c) Infraestructura y tecnología limitada para el reciclaje de residuos marinos. 3. Recursos renovables – ventajas e inconvenientes. 4. Reciclaje frente a recursos renovables.	1. Comprender las limitaciones medioambientales y técnicas tanto del reciclaje como de los materiales renovables. 2. Diferenciar entre materiales reciclables y renovables en aplicaciones prácticas. 3. Conocer las limitaciones de la sostenibilidad y aplicarlas de manera responsable.	2	Aprendizaje en el aula

Nota 1: El texto resaltado en negrita en la columna «Contenido» indica que se proporciona información más detallada y actividades asociadas para el Tema correspondiente en la tabla que se presenta a continuación.

Nota 2: El texto resaltado en negrita en la columna «Temas» indica la disponibilidad de material complementario (“level-up”), que se presenta en una tabla independiente a continuación.

Unidad 1: Introducción a la sostenibilidad en la construcción naval / Programa del curso

Módulo	Contenidos	Temas	Resultados de Aprendizaje	Duración (hrs)	Metodología Didáctica
1.3 Innovaciones y perspectivas de futuro	1.3.1 Tendencias futuras: materiales emergentes y procesos de fabricación sin residuos	1. Innovaciones y perspectivas de futuro. 2. Concepto de fabricación sin residuos (waste free).	1. Conocer nuevos materiales y tecnologías sostenibles en el sector de la construcción naval. 2. Comprender el concepto de fabricación sin residuos.	1 ½	Aprendizaje en el aula, instrucción directa y aprendizaje basado en problemas
	1.3.2 Retos en la cadena de suministro y barreras regulatorias	1. Introducción a la cadena de suministro en el sector de la construcción naval. 2. Retos logísticos. 3. Normativas y estándares.	1. Comprender la estructura y la función de la cadena de suministro en la construcción naval	1 ½	Aprendizaje en el aula, instrucción directa y aprendizaje basado en problemas

Nota 1: El texto resaltado en negrita en la columna «Contenido» indica que se proporciona información más detallada y actividades asociadas para el Tema correspondiente en la tabla que se presenta a continuación.

Nota 2: El texto resaltado en negrita en la columna «Temas» indica la disponibilidad de material complementario ("level-up"), que se presenta en una tabla independiente a continuación.

Contenido	Actividad	Descripción
1.1.1 Principios de sostenibilidad en la industria marítima	<i>Brújula de la Sostenibilidad</i>	Objetivo: Ayudar al alumnado a clasificar los retos de sostenibilidad en los pilares ambiental, social y económico. Cómo: Presentar al alumnado escenarios reales en contextos marítimos (por ejemplo, vertidos de petróleo, explotación laboral, eficiencia del combustible). Tarea: En pequeños grupos, situar cada escenario en una Brújula de la Sostenibilidad (A / S / Ec). Resultado: Comprender la sostenibilidad como un marco holístico e integrado.
1.1.2 Evolución histórica: materiales de origen biológico vs. fibra de vidrio	<i>Línea temporal de los materiales</i>	Objetivo: Explorar la transición de materiales en la construcción de embarcaciones a lo largo del tiempo. Cómo: Proporcionar tarjetas con materiales utilizados en embarcaciones (madera, fibra de vidrio, lino, fibra de carbono), acontecimientos históricos y sus primeros usos en el ámbito marino. Tarea: Los grupos colocan las tarjetas en una línea del tiempo y debaten qué innovaciones estuvieron impulsadas por criterios de sostenibilidad. Resultado: Reconocer la evolución de los materiales y la aparición de alternativas sostenibles emergentes.
1.2.1 Análisis de ciclo de vida (LCA) aplicado a la industria náutica.	<i>Rompecabezas del Ciclo de Vida</i>	Objetivo: Comprender las distintas etapas del ciclo de vida de una embarcación y sus impactos asociados. Cómo: Facilitar tarjetas recortables que representen las etapas (extracción de materias primas, transporte, uso, fin de vida útil) y los tipos de impacto (emisiones de carbono, toxicidad, uso del agua). Tarea: Los equipos construyen un diagrama del ciclo de vida y relacionan cada etapa con su impacto correspondiente. Resultado: Visualizar cómo las decisiones de diseño influyen en la huella ambiental total de una embarcación.

Unidad 1: Introducción a la sostenibilidad en la construcción naval / Guía de actividades

Contenido	Actividad	Descripción
1.2.3 Límites de la sostenibilidad: desafíos del reciclaje frente al uso de materias primas renovables	<i>Debate: Reciclable vs renovable</i>	Objetivo: Analizar las ventajas e inconvenientes de diferentes estrategias de sostenibilidad. Cómo: Dividir al alumnado en dos grupos: - Equipo A: Defiende el reciclaje de materiales compuestos. - Equipo B: Apoya alternativas renovables, como el lino o las resinas de base biológica. Tarea: Cada equipo prepara argumentos basados en rendimiento, costes, limitaciones e infraestructura disponible. Resultado: Profundización en la comprensión de los compromisos y desafíos reales asociados a la sostenibilidad de los materiales.
1.3.1 Tendencias futuras: materiales emergentes y procesos de fabricación sin residuos	<i>El futuro de la construcción naval – Debate sobre la impresión 3D</i>	Objetivo: Explorar cómo las tecnologías emergentes, como la impresión 3D, pueden transformar el diseño, los materiales y los métodos de construcción de embarcaciones. Cómo: Realizar un debate o discusión estructurada en el aula a partir de la pregunta: «¿Revolucionará la impresión 3D la forma en que se construyen las embarcaciones en el futuro?» Introducir los principales argumentos a favor y en contra y dividir al alumnado en grupos con escenarios de futuro distintos (optimista, prudente y crítico). Tarea: El alumnado defiende o presenta diferentes escenarios futuros (embarcaciones totalmente impresas, modelos híbridos, limitaciones tecnológicas) y debate las implicaciones en materiales, sostenibilidad, normativa y competencias profesionales. Resultado: Desarrollo del pensamiento prospectivo, de las habilidades de debate crítico y una comprensión más profunda del impacto de la innovación tecnológica.

Unidad 1: Introducción a la sostenibilidad en la construcción naval / Material de apoyo

Tema para ampliación de información	Enlace de referencia	Resumen del contenido de referencia	Notas
1. Introducción a los tres pilares de la sostenibilidad 2. Retos específicos en contextos marítimos: emisiones, uso de recursos, residuos de materiales	https://europeanboatingindustry.eu/images/Introduction%20to%20Sustainability%20in%20Marinas/Introduction-to-Sustainability-in-Marinas---2nd-Edition.pdf?t=1688484739 https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en	Texto sobre buenas prácticas de gestión sostenible, incluyendo la eficiencia energética, la gestión de residuos y las medidas de protección ambiental en las infraestructuras costeras. Contenido sobre el Pacto Verde Europeo (European Green Deal), que es la hoja de ruta estratégica de la Unión Europea para lograr la neutralidad climática en 2050, promoviendo los principios de la economía circular, la transformación sostenible de la industria y la protección de la biodiversidad.	Acceso público, documento de buenas prácticas
1. Introducción al desarrollo de materiales en la construcción naval: a) Visión general de los materiales tradicionales de construcción de embarcaciones 3. Comparación de materiales (con ejemplos): a) Impacto ambiental b) Propiedades mecánicas c) Costes y disponibilidad en el mercado / industria	A special issue of Forests (ISSN 1999-4907): Transforming Wood into Smart Materials: Innovations in Processing and Application (https://www.mdpi.com/journal/forests/special_issues/3K75GD42HU) Pagnotta, L. Sustainable Netting Materials for Marine and Agricultural Applications: A Perspective on Polymeric and Composite Developments. <i>Polymers</i> 2025, 17, 1454. https://doi.org/10.3390/polym17111454	Este número está dedicado a los últimos avances en técnicas de procesamiento, estrategias de modificación de materiales y aplicaciones funcionales de la madera y el bambú, con el objetivo de ofrecer a los lectores una comprensión completa de cómo estos materiales naturales pueden evolucionar en respuesta al progreso tecnológico. Este artículo ofrece una visión general completa y actualizada de los materiales poliméricos y compuestos utilizados en los sistemas de redes para aplicaciones marinas y agrícolas, y evalúa su rendimiento mecánico, comportamiento ambiental y idoneidad para el desarrollo sostenible	Publicación, acceso público

Unidad 1: Introducción a la sostenibilidad en la construcción naval / Material de apoyo

Tema para ampliación de información	Enlace de referencia	Resumen del contenido de referencia	Notas
1. Visión general de las normativas marítimas internacionales y regionales (por ejemplo: IMO, ISO 14001, directivas de la UE) 2. Introducción a las certificaciones de materiales y embarcaciones sostenibles 3. El papel de la normativa en la aplicación y promoción de prácticas sostenibles	ISO 12215 parts 1--4	Estas partes de la norma ISO 12215 definen las propiedades de los materiales (por ejemplo: laminados, núcleos, madera y metales).	Pago, documento de normas y requisitos
1. Introducción al Análisis de Ciclo de Vida (ACV) – definición y propósito 2. Etapas del ciclo de vida de una embarcación: a) Fabricación y construcción b) Transporte y distribución c) Fase de uso / operación d) Fin de vida útil: eliminación, reciclaje o reutilización 3. Identificación de emisiones, residuos y consumo de recursos en cada etapa.	<u>LCA handbook.</u> <u>https://www.europeanboatindustry.eu/eu-affairs/lca-blue-boat-horizon</u>	Una referencia sobre la metodología del Análisis de Ciclo de Vida (ACV), que abarca la evaluación de impactos, los límites del sistema, la interpretación de datos y las herramientas de apoyo a la toma de decisiones en el análisis medioambiental. El contenido promueve el uso del ACV en el sector de la náutica de recreo para evaluar y reducir el impacto ambiental a lo largo de las fases de diseño, construcción y operación de las embarcaciones.	Sitio web, acceso público

Unidad 1: Introducción a la sostenibilidad en la construcción naval / Material de apoyo

Tema para ampliación de información	Enlace de referencia	Resumen del contenido de referencia	Notas
2. Comprensión del marco 3R: a) Reducir – minimizar la generación de residuos mediante un diseño inteligente y eficiencia en el uso de recursos. b) Reutilizar – prolongar la vida útil de productos o componentes mediante reparación o readaptación. c) Reciclar – recuperación y transformación de materiales para crear nuevos productos. 3. Introducción a la Economía Circular: a) Definición y contraste con el modelo lineal tradicional (“extraer-fabricar-desechar”). b) Principios básicos: diseño para la durabilidad, mantener los materiales en uso, regenerar los sistemas naturales	“Enhancing Waste Resource Efficiency: Circular Economy for Sustainability and Energy Conversion”; Hadad Elroi, Grzymala Z., WójcikCzerniawska A., Szewczyk P. (2023)	Un texto de ejemplo que analiza cómo las estrategias de economía circular y el enfoque de las 3R (reducir-reutilizar-reciclar) pueden mejorar la eficiencia energética del tratamiento de residuos y el uso de los recursos en los sistemas de gestión sostenible de residuos.	Publicación, acceso público
2. Concepto de fabricación sin residuos (zero waste).	https://teconaut.eu/en/-/LEARNING-CONTENT-ON-EXISTING-AND-POTENTIAL-DEEP-TECH-MATERIALS	Plataforma de proyecto que ofrece información sobre materiales avanzados e innovadores para la industria marina y otros sectores, centrada en sus propiedades técnicas, la sostenibilidad y las aplicaciones prácticas.	Sitio web, acceso público



Unidad 2: Materiales sostenibles, propiedades y comportamiento



Unidad 2: Materiales sostenibles, propiedades y comportamiento / Programa del curso

Módulo	Contenidos	Temas	Resultados de Aprendizaje	Duración (hrs)	Metodología Didáctica
2.1 Propiedades y comportamiento general de los materiales	2.1.1 Propiedades de los materiales: Características y aplicaciones	1. Introducción a los materiales utilizados en la construcción naval. 2. Visión general de los principales grupos de materiales: fibras naturales, fibras recicladas, fibras minerales y matrices poliméricas. 3. Propiedades clave de los materiales: mecánicas (tracción, flexión, compresión), físicas (densidad, absorción de humedad), durabilidad química (resistencia a los rayos UV y al agua salada) y procesabilidad. 4. Correspondencia entre las características de los materiales y las áreas de aplicación (por ejemplo, cascos, cubiertas, estructuras interiores). 5. Fundamentos de la evaluación de sostenibilidad: pensamiento de ciclo de vida, renovabilidad, reciclabilidad.	1. Evaluar las propiedades generales y el comportamiento de los materiales sostenibles. 2. Analizar las propiedades químicas de los componentes de los materiales compuestos. 3. Identificar los criterios básicos para la selección de materiales sostenibles utilizados en la construcción naval.	1	Clase interactiva con muestras reales de materiales.
	2.1.2 Propiedades mecánicas	1. Revisión de los principales términos de propiedades mecánicas: tracción, flexión, compresión, torsión, resistencia al impacto. 2. Explicación de cómo la orientación de las fibras, el tipo de resina y la disposición de las capas afectan al rendimiento mecánico. 3. Introducción a la estructura del material compuesto: interacción entre la fibra y la matriz. 4. Ejemplos prácticos: cómo difieren las exigencias mecánicas entre cascos, mamparos y paneles.		2	Sesión expositiva con demostración

Nota 1: El texto resaltado en negrita en la columna «Contenido» indica que se proporciona información más detallada y actividades asociadas para el Tema correspondiente en la tabla que se presenta a continuación.

Nota 2: El texto resaltado en negrita en la columna «Temas» indica la disponibilidad de material complementario ("level-up"), que se presenta en una tabla independiente a continuación.

Unidad 2: Materiales sostenibles, propiedades y comportamiento / Programa del curso

Módulo	Contenidos	Temas	Resultados de Aprendizaje	Duración (hrs)	Metodología Didáctica
2.1 Propiedades y comportamiento general de los materiales	2.1.2 Propiedades mecánicas (C)	6. Interpretación simplificada de datos de rendimiento mecánico.	1. Evaluar las propiedades generales y el comportamiento de los materiales sostenibles. 2. Analizar las propiedades químicas de los componentes de los materiales compuestos. 3. Identificar los criterios básicos para la selección de materiales sostenibles utilizados en la construcción naval.		
	2.1.3 Propiedades químicas de los componentes de un composite	1. Introducción a los factores de estrés químico y ambiental: radiación UV, humedad, agua salada, temperatura. 2. Diferencias en el comportamiento de degradación entre fibras naturales y compuestos sintéticos. 3. Síntomas típicos de daño: ampollas, delaminación, decoloración, degradación de fibras. 4. Influencia del tipo de resina en la durabilidad (por ejemplo, poliéster vs. epoxi vs. resinas de base biológica). 5. Estrategias básicas de prevención y protección. 6. Ensayos simples que pueden realizarse fuera de un laboratorio de pruebas (por ejemplo, inmersión, envejecimiento UV con lámpara)		1	Lectura interactiva con evidencia fotográfica y ejemplos reales de materiales
	2.1.4 Selección de materiales y sostenibilidad a lo largo del ciclo de vida	1. Dimensiones de la sostenibilidad en la selección de materiales: ambiental, salud/seguridad, técnica y económica. 2. Etapas del ciclo de vida: extracción de materias primas, producción, uso, mantenimiento, eliminación o reciclaje. 3. Visión general de los impactos ambientales: emisiones, consumo energético, transporte.		2	Discusión guiada en grupo

Nota 1: El texto resaltado en negrita en la columna «Contenido» indica que se proporciona información más detallada y actividades asociadas para el Tema correspondiente en la tabla que se presenta a continuación.

Nota 2: El texto resaltado en negrita en la columna «Temas» indica la disponibilidad de material complementario ("level-up"), que se presenta en una tabla independiente a continuación.

Unidad 2: Materiales sostenibles, propiedades y comportamiento / Programa del curso

Módulo	Contenidos	Temas	Resultados de Aprendizaje	Duración (hrs)	Metodología Didáctica
2.1 Propiedades y comportamiento general de los materiales	2.1.4 Selección de materiales y sostenibilidad a lo largo del ciclo de vida (C)	4. Requisitos y desafíos de la reciclabilidad en los materiales compuestos. 5. Compensaciones: equilibrio entre rendimiento, durabilidad y huella ecológica. 6. Introducción a matrices de decisión cualitativas o tablas comparativas.	1. Evaluar las propiedades generales y el comportamiento de los materiales sostenibles. 2. Analizar las propiedades químicas de los componentes de los materiales compuestos. 3. Identificar los criterios básicos para la selección de materiales sostenibles utilizados en la construcción naval.		
	2.1.5 Defectos de fabricación más comunes	1. Visión general de los defectos comunes en la fabricación de compuestos: - Burbujas de aire (vacíos) - Zonas secas - Desalineación de fibras - Áreas ricas en resina - Delaminación 2. Causas típicas durante el laminado manual y la infusión al vacío. 3. Impacto de los defectos en el rendimiento mecánico y químico. 4. Técnicas de inspección visual y clasificación básica de la severidad de defectos. 5. Relación entre el control del proceso y la calidad de la pieza.		1	Lectura con demostración

Nota 1: El texto resaltado en negrita en la columna «Contenido» indica que se proporciona información más detallada y actividades asociadas para el Tema correspondiente en la tabla que se presenta a continuación.

Nota 2: El texto resaltado en negrita en la columna «Temas» indica la disponibilidad de material complementario ("level-up"), que se presenta en una tabla independiente a continuación.

Unidad 2: Materiales sostenibles, propiedades y comportamiento / Programa del curso

Módulo	Contenidos	Temas	Resultados de Aprendizaje	Duración (hrs)	Metodología Didáctica
2.1 Propiedades y comportamiento general de los materiales	2.1.6 Visión general del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) de los materiales sostenibles (C).	3. Indicadores clave del ACV: - Huella de CO₂ - Consumo energético - Uso de recursos 4. Comprensión de los resultados del ACV: ejemplos simplificados comparando dos materiales. 5. Uso de los resultados del ACV para apoyar la selección de materiales y el diseño de productos (nivel básico).			
2.2 Materias primas y componentes sostenibles	2.2.1 Fibras de refuerzo	1. Introducción a las fibras de refuerzo utilizadas en compuestos sostenibles. 2. Principales tipos: lino, cáñamo, yute, basalto, PET reciclado (rPET), celulosa regenerada. 3. Distinción entre fibras técnicas y no técnicas (por ejemplo, resistencia, uniformidad, procesabilidad). 4. Características físicas: resistencia, rigidez, absorción de humedad, densidad. 5. Impacto ambiental: renovabilidad, reciclabilidad, energía de producción. 6. Aplicaciones típicas en la construcción naval: paneles interiores, secciones de casco, refuerzos longitudinales.	1. Identificar y describir las materias primas y los componentes sostenibles empleados en los materiales compuestos.	2 ½	Actividad exploratoria en grupo con muestras de materiales
	2.2.2 Téxtil: Los tejidos en los materiales compuestos	1. Visión general de las arquitecturas textiles en los compuestos: - Tejidos (por ejemplo, tafetán, sarga) - No tejidos (mantas, fieltros) - Refuerzos unidireccionales (UD) - Rovings, etc.		2 ½	Demostración interactiva con muestras de tejido

Nota 1: El texto resaltado en negrita en la columna «Contenidos» indica que se proporciona información más detallada y actividades asociadas para el Tema correspondiente en la tabla que se presenta a continuación.

Nota 2: El texto resaltado en negrita en la columna «Temas» indica la disponibilidad de material complementario ("level-up"), que se presenta en una tabla independiente a continuación.

Unidad 2: Materiales sostenibles, propiedades y comportamiento / Programa del curso

Módulo	Contenidos	Temas	Resultados de Aprendizaje	Duración (hrs)	Metodología Didáctica
2.2 Materias primas y componentes sostenibles	2.2.2 Téxtil: Los tejidos en los materiales compuestos (C)	2. Influencia de la orientación de las fibras en la resistencia y rigidez. 3. Conformabilidad: grado en que un tejido se adapta a superficies curvas. 4. Aplicaciones típicas de cada tipo textil en la construcción naval. 5. Relación entre la arquitectura, la complejidad del laminado y el rendimiento mecánico			
	2.2.3 Matrices poliméricas: termoplásticos, termoestables y resinas bio-basadas	1. Función de la matriz en los materiales compuestos. 2. Termoestables vs. termoplásticos: - Propiedades (por ejemplo, comportamiento de curado, tenacidad, reparabilidad) - Características de procesado 3. Introducción a las resinas de base biológica (por ejemplo, bio-epoxi). 4. Reciclabilidad de las opciones de matriz. 5. Lógica de selección de materiales: exigencias mecánicas frente a objetivos de sostenibilidad.	1. Identificar y describir las materias primas y los componentes sostenibles empleados en los materiales compuestos.	1	Breve presentación con tabla comparativa
	2.2.4 Aditivos y compatibilizadores: su rol en la sostenibilidad	1. ¿Qué son los aditivos? (Definición básica: sustancias añadidas a los plásticos para mejorar su rendimiento). 2. Tipos comunes de aditivos: - Retardantes de llama - Estabilizadores UV - Plastificantes (para flexibilidad) 3. ¿Qué son los compatibilizantes? - Agentes que ayudan a una mejor unión entre fibra y resina		½	Explicación dirigida por el instructor con ejemplos

Nota 1: El texto resaltado en negrita en la columna «Contenidos» indica que se proporciona información más detallada y actividades asociadas para el Tema correspondiente en la tabla que se presenta a continuación.

Nota 2: El texto resaltado en negrita en la columna «Temas» indica la disponibilidad de material complementario ("level-up"), que se presenta en una tabla independiente a continuación.

Unidad 2: Materiales sostenibles, propiedades y comportamiento / Programa del curso

Módulo	Contenidos	Temas	Resultados de Aprendizaje	Duración (hrs)	Metodología Didáctica
2.2 Materias primas y componentes sostenibles	2.2.4 Aditivos y compatibilizadores: su rol en la sostenibilidad (C)	4. Por qué son importantes: - Mejor adhesión, mayor vida útil de la pieza, características de seguridad 5. Aspectos medioambientales: - Los aditivos pueden reducir la reciclabilidad o aumentar la toxicidad 6. Concepto básico de aditivos “verdes” (alternativas de base biológica o no tóxicas).			
	2.2.5 Nucleos sostenibles	1. ¿Qué son los aditivos? (Definición básica: sustancias añadidas a los plásticos para mejorar su rendimiento). 2. Tipos comunes de aditivos: - Retardantes de llama - Estabilizadores UV - Plastificantes (para flexibilidad) 3. ¿Qué son los compatibilizantes? - Agentes que ayudan a una mejor unión entre fibra y resina 4. Por qué son importantes: - Mejor adhesión, mayor vida útil de la pieza, características de seguridad 5. Aspectos medioambientales: - Los aditivos pueden reducir la reciclabilidad o aumentar la toxicidad 6. Concepto básico de aditivos “verdes” (alternativas de base biológica o no tóxicas).	1. Identificar y describir las materias primas y los componentes sostenibles empleados en los materiales compuestos.	1 ½	Explicación dirigida por el instructor con ejemplos

Nota 1: El texto resaltado en negrita en la columna «Contenido» indica que se proporciona información más detallada y actividades asociadas para el Tema correspondiente en la tabla que se presenta a continuación.

Nota 2: El texto resaltado en negrita en la columna «Temas» indica la disponibilidad de material complementario (“level-up”), que se presenta en una tabla independiente a continuación.

Unidad 2: Materiales sostenibles, propiedades y comportamiento / Programa del curso

Módulo	Contenidos	Temas	Resultados de Aprendizaje	Duración (hrs)	Metodología Didáctica
2.2 Materias primas y componentes sostenibles	2.2.6 Elementos reciclados: uso de materiales compuestos reutilizados	1. ¿Qué puede reutilizarse o reciclarse? 2. Desafíos en el uso de materiales reciclados. 3. Estrategias prácticas de reutilización en la construcción naval. 4. Diseño orientado a la reutilización. 5. Beneficios medioambientales.	1. Comprender las soluciones de materiales compuestos de base biológica y sus aplicaciones.	Classroom-based learning	Explicación dirigida por el instructor con ejemplos
2.3 Soluciones bio-basadas y ecológicas	2.3.1 Caso de estudio: embarcaciones construidas con fibras naturales	1. Introducción: ¿por qué usar fibras naturales en la construcción naval? 2. Presentación de estudios de caso seleccionados: - Tipos de embarcaciones (por ejemplo, botes, veleros, componentes) - Fibras y sistemas de resina utilizados - Métodos de fabricación 3. Motivaciones de cada proyecto: (por ejemplo, reducción de CO₂, marketing, regulaciones). 4. Lecciones aprendidas y desafíos encontrados: (costes, durabilidad, escalabilidad). 5. Transferencia al contexto del alumnado: qué puede aplicarse o evitarse.	1. Comprender las soluciones de materiales compuestos de base biológica y sus aplicaciones.	3	Explicación dirigida por el instructor con ejemplos

Nota 1: El texto resaltado en negrita en la columna «Contenido» indica que se proporciona información más detallada y actividades asociadas para el Tema correspondiente en la tabla que se presenta a continuación.

Nota 2: El texto resaltado en negrita en la columna «Temas» indica la disponibilidad de material complementario ("level-up"), que se presenta en una tabla independiente a continuación.

Unidad 2: Materiales sostenibles, propiedades y comportamiento / Programa del curso

Módulo	Contenidos	Temas	Resultados de Aprendizaje	Duración (hrs)	Metodología Didáctica
2.3 Soluciones bio-basadas y ecológicas	2.3.2 Polímeros bio-basados, adhesivos, compuestos reciclables y diseño “de la cuna a la cuna” (Cradle to Cradle)	1. Materiales de base biológica en foco: - Resinas y adhesivos biobasados (de origen vegetal, bajo contenido en COV). - Diferencias entre biobasado y biodegradable. 2. Compuestos reciclables vs. reciclados: - Implicaciones en el diseño y la selección de materiales. 3. Filosofías de sostenibilidad: - De la cuna a la cuna (circular) vs. de la cuna a la tumba (lineal). 4. Estrategias de diseño circular: - Diseño para el desmontaje. - Separación de materiales. - Componentes modulares y reparables. 5. Relevancia práctica: ámbitos en los que estos conceptos están emergiendo en el sector marino	1. Comprender las soluciones de materiales compuestos de base biológica y sus aplicaciones.	2	Presentación interactiva y desafío de diseño en grupo

Nota 1: El texto resaltado en negrita en la columna «Contenido» indica que se proporciona información más detallada y actividades asociadas para el Tema correspondiente en la tabla que se presenta a continuación.

Nota 2: El texto resaltado en negrita en la columna «Temas» indica la disponibilidad de material complementario (“level-up”), que se presenta en una tabla independiente a continuación.

Contenido	Actividad	Descripción
2.1.2 Propiedades mecánicas	<i>Comparación práctica de laminados – Orientación de las fibras y comportamiento mecánico</i>	Objetivo: El alumnado explora cómo la orientación de las fibras y la secuencia de apilado del laminado (lay-up) influyen en el comportamiento mecánico, observando la rigidez, flexibilidad y respuesta a torsión. Notas para el profesorado: El desarrollo de la actividad puede adaptarse en función de los recursos disponibles en el taller. Preparación: Preparar 3–4 pequeños laminados compuestos con la misma matriz pero con diferentes disposiciones de fibra (unidireccional, cruzado (cross-ply), $\pm 45^\circ$, opcionalmente fibra natural tejida). Tamaño aproximado A5 o inferior. Trabajo en grupo: El alumnado realiza ensayos manuales de flexión, torsión y compresión, documenta los comportamientos observados y debate qué tipo de laminado sería más adecuado para distintas partes de una embarcación. Resultados de aprendizaje: Evaluar las propiedades generales y el comportamiento de los materiales sostenibles; Identificar los criterios básicos para la selección de materiales sostenibles utilizados en la construcción naval.
2.1.2 Propiedades mecánicas	Fallos del laminado. Análisis detallado	Objetivo: El alumnado observa ejemplos reales de fallo en materiales compuestos para identificar los distintos modos de rotura. Notas para el profesorado: Actividad diseñada para profundizar la comprensión mediante observación directa y manipulación; adaptable según la disponibilidad de muestras. Estructura: 1. Observación práctica de las muestras dañadas; 2. Debate en grupo relacionando los indicios visuales con el tipo de fallo y sus causas. 3. Vinculación contextual con componentes reales de embarcaciones. Resultados de aprendizaje: Evaluar las propiedades generales y el comportamiento de los materiales sostenibles.

Unidad 2: Materiales sostenibles, propiedades y comportamiento / Guía de actividades

Contenido	Actividad	Descripción
2.1.2 Propiedades mecánicas	<i>Comportamiento de los materiales- Ensayo práctico</i>	Objetivo: Hacer tangibles los conceptos mecánicos mediante ensayos físicos sencillos. Notas para el profesorado: Requiere muestras de material preparadas previamente. Preparación: Muestras necesarias: laminado sándwich con núcleo de espuma PET, contrachapado marino, laminado macizo de fibra (por ejemplo, lino + resina epoxi). Opcional: bola de acero para ensayo de caída. Parte 1: Ensayo manual de deflexión. El alumnado observa la flexión, recuperación elástica y sonido como indicios del comportamiento del material. Parte 2: Ensayo de caída. Observar el rebote, aparición de grietas y posibles daños internos. Uso obligatorio de gafas de seguridad. Parte 3: Registro de observaciones. El alumnado documenta los comportamientos observados y las propiedades mecánicas inferidas. Resultados de aprendizaje: Evaluar las propiedades generales y el comportamiento de los materiales sostenibles.
2.1.2 Propiedades mecánicas	<i>Comportamiento tensión-deformación: análisis e interpretación de datos</i>	Objetivo: Ayudar al alumnado a interpretar curvas tensión-deformación y relacionarlas con el comportamiento real de los materiales. Notas para el profesorado: Actividad que conecta los ensayos físicos con los datos de ingeniería; no requiere matemáticas avanzadas. Preparación: Imprimir curvas simplificadas tensión-deformación para: compuesto de lino, compuesto de fibra de vidrio, compuesto de fibra de carbono, curvas de compresión para espuma o contrachapado. Opcional: diagramas en blanco para completar. Parte 1: Explicación de la curva tensión-deformación (zona elástica, límite elástico, resistencia última, fractura). Parte 2: Comparación de curvas entre distintos materiales y relación con las observaciones prácticas realizadas previamente. Parte 3: Debate sobre las limitaciones de los datos y la imprevisibilidad del comportamiento real (anisotropía/direccionalidad, impacto frente a carga lenta). Parte 4: Mini proyecto: selección de materiales para una pieza ficticia de una embarcación, justificando la elección. Resultados de aprendizaje: Evaluar las propiedades generales y el comportamiento de los materiales sostenibles.

Contenido	Actividad	Descripción
2.1.5 Defectos de fabricación	<i>Defectos de fabricación Actividad de identificación</i>	Objetivo: Ayudar al alumnado a identificar defectos típicos en laminados y comprender sus causas y consecuencias. Notas para el profesorado: Muchos estudiantes reconocen visualmente los defectos, pero no comprenden cómo se originan durante el proceso de fabricación. Preparación: Proporcionar muestras o fotografías de defectos habituales, tales como: burbujas de aire/ vacíos, zonas secas, desalineación de fibras, delaminación. Facilitar una hoja de trabajo con una tabla de análisis de defectos que incluya: signos visibles, causa probable, impacto y medidas de prevención. Parte 1: Organizar estaciones de inspección rotativas; el alumnado completa la hoja de trabajo y formula hipótesis sobre las causas de cada defecto. Parte 2: Debate en grupo sobre la visibilidad de los defectos, su impacto a largo plazo y experiencias prácticas en taller. Opcional: Crear defectos de forma intencionada para fines didácticos o mostrar un vídeo de fallo en un proceso de infusión. Resultados de aprendizaje: Evaluar las propiedades generales y el comportamiento de los materiales sostenibles.
2.2.1 Categorías de materias primas	<i>Explora las fibras (naturales, minerales y recicladas)</i>	Objetivo de la actividad: El alumnado explora y compara distintos tipos de fibras de refuerzo mediante la inspección y el análisis práctico, relacionando cada fibra con sus aplicaciones marinas y su perfil de sostenibilidad. Preparación: Proporcionar muestras de las siguientes fibras: Lino, cáñamo y yute (naturales), Basalto (mineral), PET reciclado (rPET), Celulosa regenerada. Facilitar tarjetas identificativas de cada fibra que incluyan: origen, propiedades (densidad, rigidez, durabilidad), aplicaciones marinas habituales, consideraciones ambientales. Entregar una hoja de trabajo de correspondencias (tipo de fibra, uso común, beneficio o compromiso en términos de sostenibilidad). Herramientas opcionales: lupa, microscopio, balanza. Parte 1: El alumnado rota por distintas estaciones, manipula e inspecciona las fibras, consulta las fichas informativas y completa la hoja de trabajo. Parte 2: Clasificación conjunta de las fibras en Naturales / Minerales / Recicladas, seguida de un debate sobre resistencia, sostenibilidad y aspectos sorprendentes observados. Opcional: Identificación a ciegas de fibras. Debate aplicado sobre la selección de fibras para un componente concreto (por ejemplo, un panel de cubierta). Resultados de aprendizaje: Identificar y describir las materias primas y los componentes sostenibles empleados en los materiales compuestos.

Unidad 2: Materiales sostenibles, propiedades y comportamiento / Guía de actividades

Contenido	Actividad	Descripción
2.2.2 Textiles	<i>Taller sobre formas textiles: tejidos, no tejidos y unidireccionales (UD)</i>	Objetivo de la actividad: Que el alumnado comprenda cómo se comportan las diferentes formas textiles en la secuencia de laminado (lay-up) mediante ensayos prácticos y ejercicios de conformado (draping). Preparación: Proporcionar: Tejidos (ligamento tafetán/plain y sarga/twill), Tejidos unidireccionales (UD), Mantas no tejidas, Pequeños moldes (hemisferio, esquina, bandejas), Cinta adhesiva, tijeras, rotuladores, adhesivo en spray (opcional). Entregar hojas de trabajo para identificación de materiales y anotaciones sobre el drapeado. Parte 1 – El alumnado marca la dirección de la fibra en los tejidos UD y aplica tracción tanto en el sentido de las fibras como en sentido transversal para observar la anisotropía del material. Debate sobre las implicaciones en la transmisión de cargas (load paths) en la construcción naval. Parte 2 – El alumnado intenta colocar los tejidos sobre moldes curvos, observa la aparición de pliegues y arrugas, realiza cortes de alivio cuando sea necesario, compara el comportamiento de drapeado y registra qué tejidos se adaptan mejor a geometrías complejas. Resultados de aprendizaje: Identificar y describir las materias primas y los componentes sostenibles empleados en los materiales compuestos.
2.2.5 Núcleos sandwich sostenibles	<i>Taller: Comparando materiales de núcleo</i>	Objetivo de la actividad: El alumnado compara distintos materiales de núcleo sostenibles (balsa, corcho, espuma de rPET, nido de abeja de papel; opcionalmente PVC como referencia) mediante inspección directa, comparación de peso, ensayos de deflexión y análisis de sostenibilidad. Materiales necesarios: Placas de muestra de cada tipo de núcleo, fichas descriptivas de cada material, hojas de trabajo para evaluar estructura, peso y rigidez, Sistema sencillo para ensayo de deflexión (por ejemplo, libros + varilla/cilindro), balanza, Regla y carga o peso adicional Procedimiento: 1. Introducción: Repaso de la función del núcleo en estructuras tipo sándwich. Plantear la pregunta: «¿Qué características debe tener un buen material de núcleo?» 2. Rotación por grupos: El alumnado manipula cada muestra, realiza ensayos básicos y registra sus observaciones. 3. Comparación y razonamiento: El alumnado completa una matriz de decisión, indicando: Mejor aplicación para cada material de núcleo; Compromisos (rigidez, resistencia al agua, coste, sostenibilidad) 4. Debate final: Reflexión conjunta sobre qué material resultó más sorprendente, en qué aplicaciones serían adecuados el corcho o el nido de abeja y nivel de confianza en el uso de balsa bajo la línea de flotación Resultados de aprendizaje: Identificar y describir las materias primas y los componentes sostenibles empleados en los materiales compuestos.

Contenido	Actividad	Descripción
2.2.6 Elementos reciclados	<i>Taller: Reutilización de recortes de material compuesto</i>	Objetivo de aprendizaje: El alumnado desarrolla estrategias prácticas de reutilización, comprende las limitaciones del reciclaje y reflexiona sobre la sostenibilidad en las rutinas del taller. Materiales necesarios: Caja con restos de taller (recortes de laminado, mantas de fibra sin usar, prepregs caducados, vasos con restos de resina, recortes de núcleo, utillajes rotos). • Hojas de trabajo para la lluvia de ideas sobre reutilización. • Visual o esquema de la jerarquía de residuos. Procedimiento: Contextualización: Introducir el concepto de «no desechar, sino reutilizar», destacando el impacto ambiental de los residuos de materiales compuestos. Exploración en grupo: El alumnado clasifica los restos, identifica elementos potencialmente valiosos y propone ideas de reutilización (aplicaciones estructurales, utillaje, embalaje, formación, usos creativos). Se deben considerar también los riesgos de seguridad y las posibilidades de prevención de residuos. Documentación: Cada grupo elabora un plan de reutilización para 2-3 elementos, indicando sus limitaciones y reflexionando sobre si el residuo podría haberse evitado en origen. Presentaciones (opcional): Los grupos exponen sus propuestas al resto de la clase. Resultados de aprendizaje: Identificar y describir las materias primas y los componentes sostenibles empleados en los materiales compuestos.

Contenido	Actividad	Descripción
2.3.2 Soluciones eco-friendly	<i>Taller de diseño circular de componentes</i>	Objetivo de aprendizaje: El alumnado aplica el pensamiento circular en una tarea práctica de diseño. El enfoque se centra en la comprensión sistémica: origen de los materiales, fase de uso, fin de vida útil, compromisos en sostenibilidad e implicaciones en la fabricación. Materiales necesarios: Fichas con propuestas de diseño (componentes sugeridos o definidos por el propio alumnado). Papelógrafos o papel de gran formato. Tarjetas o fichas técnicas de materiales: Resinas: bio-epoxi, poliéster, termoplásticos. Fibras: lino, vidrio, basalto, rPET. Núcleos: balsa, espuma rPET, corcho, nido de abeja. Vídeos o estudios de caso sobre diseños náuticos circulares (opcional). Hoja de trabajo para documentar la selección de materiales y las estrategias circulares. Procedimiento del taller 1. Inicio – ¿Qué significa “circular”??: Introducir los conceptos de “de la cuna a la cuna” (cradle-to-cradle) frente a “de la cuna a la tumba” (cradle-to-grave). Presentar ejemplos de embarcaciones diseñadas para el desmontaje, la reutilización modular y el uso de materiales de bajo impacto (por ejemplo, compuestos de lino). 2. Presentación del reto – Diseño de un componente circular: Cada grupo diseña un pequeño componente de embarcación aplicando principios de economía circular. Deben: Seleccionar materiales. Considerar procesos de producción y reparación. Definir un plan de reutilización o reciclaje al final de la vida útil. 3. Fase de diseño en grupo Lluvia de ideas, bocetos e investigación. Elaboración de una presentación en formato A3 o papelógrafo que incluya: Elección de materiales. Estrategias circulares aplicadas. Compromisos asumidos. Posibles segundas vidas del componente. 4. Presentaciones de los equipos: Cada grupo expone su diseño y recibe retroalimentación de sus compañeros y del profesorado. Resultados de aprendizaje: Comprender las soluciones de materiales compuestos de base biológica y sus aplicaciones. Consejos para el profesorado: Relacionar la actividad con prácticas reales de empresas del sector o invitar a un ponente externo. Fomentar el ejercicio de “pensar hacia atrás”, comenzando por el fin de vida útil del producto.

Unidad 2: Materiales sostenibles, propiedades y comportamiento / Material de apoyo

Tema para ampliación de información	Enlace de referencia	Resumen del contenido de referencia	Notas
3. Propiedades clave de los materiales: Mecánicas (tracción, flexión, compresión). Físicas (densidad, absorción de humedad). Durabilidad química (resistencia a los rayos UV, al agua salada). Procesabilidad	Beckman, I. P., Lozano, C., Freeman, E., & Riveros, G. (2021). Fiber Selection for Reinforced Additive Manufacturing. <i>Polymers</i> , 13(14), 2231. https://doi.org/10.3390/polym13142231 (https://www.mdpi.com/2073-4360/13/14/2231)(table 4...)	Publicación científica sobre las propiedades de diferentes fibras (con tablas, gráficos, etc.)	Publico, publicación científica
1.Revisión de los principales conceptos de propiedades mecánicas: tracción, flexión, compresión, torsión y resistencia al impacto. 2. Explicación de cómo la orientación de las fibras, el tipo de resina y la secuencia de laminado (lay-up) influyen en el rendimiento mecánico. 3. Introducción a la estructura del material compuesto: interacción entre la fibra y la matriz. 4. Ejemplos prácticos: cómo varían las exigencias mecánicas entre el casco, los mamparos y los paneles. 5. Primer contacto con métodos básicos de ensayo mecánico (por ejemplo, configuración de ensayo de flexión y ensayo manual de deflexión). 6. Interpretación simplificada de datos de rendimiento mecánico.	https://eoceanic.com/sailing/tips/8/187/understanding_composites_for_larger_boat_projects/ ISO 12215-5:2019 ; ISO 12215-7:2019 ; ISO 12215-8:2019 ; ISO 12215-9:2019 ; ISO 12215-10:2019 https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780081022924000011	Presentation with many charts and explicit figures about mechanical properties and characteristics of materials (fibers, resins,...) Building norms for small boats Scientific publication about mechanical tests for composites	Sitio web, documentación standart, publicación científica, público (ISO pagada)

Unidad 2: Materiales sostenibles, propiedades y comportamiento / Material de apoyo

Tema para ampliación de información	Enlace de referencia	Resumen del contenido de referencia	Notas
1. Introducción a los factores de estrés químico y ambiental: radiación UV, humedad, agua salada y temperatura. 4. Influencia del tipo de resina en la durabilidad (por ejemplo, poliéster frente a epoxi frente a resinas de base biológica).	Ali, Dr-Ahmed & Mohamed, Hamdy & ElSafty, Adel & Benmokrane, Brahim. (2017). INFLUENCE OF RESIN TYPE ON PHYSICAL, MECHANICAL AND DURABILITY PERFORMANCE OF GLASS-FRP BARS.	Artículo de congreso sobre ensayos realizados en barras de polímero reforzado con fibra de vidrio con diferentes tipos de resina (isopoliéster, viniléster, poliuretano y epoxi).	Ponencia en congreso, disponible previa autorización de los autores.
1. Dimensiones de la sostenibilidad en la selección de materiales: ambiental, salud y seguridad, técnica y económica. 2. Etapas del ciclo de vida: extracción de materias primas, producción, uso, mantenimiento y eliminación o reciclaje. 3. Visión general de los impactos ambientales: emisiones, consumo energético y transporte. 4. Requisitos y desafíos de la reciclabilidad en materiales compuestos. 5. Compromisos (trade-offs): equilibrio entre rendimiento, durabilidad y huella ecológica. 6. Introducción a matrices cualitativas de decisión o tablas comparativas.	https://as-proceeding.com/index.php/icaens/article/download/1035/971 Xianhui Zhao, Katie Copenhaver, Lu Wang, Matthew Korey, Douglas J. Gardner, Kai Li, Meghan E. Lamm, Vidya Kishore, Samarthya Bhagia, Mehdi Tajvidi, Halil Tekinalp, Oluwafemi Oyedeji, Sanjita Wasti, Erin Webb, Arthur J. Ragauskas, Hongli Zhu, William H. Peter, Soydan Ozcan, Recycling of natural fiber composites: Challenges and opportunities, Resources, Conservation and Recycling, Volume 177, 2022, 105962, ISSN 0921-3449, https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105962. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344921005711) Chapter 5 of Eco-Boat building guide	Breve publicación científica sobre métodos de reciclaje: mecánico, térmico y químico. Publicación científica sobre el impacto del reciclaje en la calidad y las propiedades mecánicas de las fibras naturales. Visión general de la metodología de Análisis del Ciclo de Vida (ACV).	Public, scientific publications

Unidad 2: Materiales sostenibles, propiedades y comportamiento / Material de apoyo

Tema para ampliación de información	Enlace de referencia	Resumen del contenido de referencia	Notas
	https://www.addcomposites.com/post/defects-and-damage-in-composite-materials-and-structures#headline2	Guía práctica, clara y orientada a la aplicación sobre materiales compuestos, defectos e impactos, con numerosas conexiones a otros temas relacionados y relevantes.	Público, sitio web
	https://www.marineshift360.org/#lcatool https://www.openlca.org/	Presentación de la herramienta gratuita MarineShift360, incluyendo acceso mediante la creación de una cuenta, especialmente con la licencia "Educational Light". Acceso a la herramienta gratuita y profesional de ACV OpenLCA, mediante su descarga (software de código abierto).	Aplicación gratuita basada en navegador; software de Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de código abierto.
	https://www.youtube.com/watch?v=yn9UScW_YJc https://www.youtube.com/watch?v=3Lt87LKaZUU	Presentaciones sobre fibras, mostrando muestras y sus características, origen, impacto ambiental y distribución.	Publico, videos YouTube
1. Visión general de las arquitecturas textiles en materiales compuestos. 2. Influencia de la orientación de las fibras en la resistencia y la rigidez. 3. Drapeabilidad: grado de flexibilidad de un tejido y su capacidad para adaptarse a superficies curvas.	Amit Rawal, Abhijit Majumdar, Vijay Kumar V, The Author(s) 2023. Published by Oxford University Press : Textile architecture for composite materials : back to basics (https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1808412/FULLTEXT01.pdf) Yasser S. Mohamed, Ahmed Abdelbary, Theoretical and experimental study on the influence of fiber orientation on the tensile properties of unidirectional carbon fiber/epoxy composite, Alexandria Engineering Journal, Volume 67, 2023, Pages 693-705, ISSN 1110-0168, (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110016822008420)	Publicación científica con revisión sencilla de textiles tejidos, no tejidos, de punto y trenzados. Publicación científica sobre ensayos realizados en diferentes muestras de material compuesto con distintas orientaciones de fibra.	Publico, publicaciones científicas

Unidad 2: Materiales sostenibles, propiedades y comportamiento / Material de apoyo

Tema para ampliación de información	Enlace de referencia	Resumen del contenido de referencia	Notas
	https://www.youtube.com/watch?v=yQo4ucV3jfA	Recordatorio sobre EPI y normas de seguridad. Presentación de los diferentes tipos de matrices.	Publico, video de YouTube
3. ¿Qué son los compatibilizantes? Agentes que mejoran la adhesión entre la fibra y la resina. 4. ¿Por qué son importantes? Mejoran la unión entre los componentes. Prolongan la vida útil de la pieza. Contribuyen a la seguridad estructural.	Sakshi Shantharam Kamath, Ravi Kumar Chandrappa, Additives used in natural fibre reinforced polymer composites-a review, Materials Today: Proceedings, Volume 50, Part 5, 2022, Pages 1417-1424, ISSN 2214-7853, https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.08.331. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221478532105776X) https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/compatibilizer https://www.youtube.com/watch?v=4zpQwirFsbk https://www.youtube.com/watch?v=tiS8ArzEA58 https://www.youtube.com/watch?v=TNM8-pPPk-M https://www.youtube.com/watch?v=Bqb7iA6AG-g	Revisión científica sobre aditivos utilizados con fibras naturales. Diversos artículos sobre compatibilizantes. Curso magistral sobre construcción tipo sándwich (nivel avanzado, incluyendo cálculo de parámetros mecánicos, etc.). Presentación sobre las ventajas de la construcción tipo sándwich, con demostraciones sencillas pero claras y promoción de la balsa como núcleo altamente eficiente. Construcción del IY Open60AAL, con enfoque en el uso de balsa y el proceso de laminación. Comparación de distintos materiales de núcleo.	Publicaciones científicas. Requiere permisos del autor
1. Identificación de elementos reutilizables o reciclables. 2. Retos asociados al empleo de materiales reciclados.	https://www.youtube.com/watch?v=ynGKEYIYXQo Daniele Tortorici, Yi Chen, Leon Mishnaevsky, Susanna Laurenzi, Recycling carbon fibers by solvolysis: Effects of porosity and process parameters, Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, Volume 190, 2025, 108667, ISSN 1359-835X, https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2024.108667. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359835X24006651)	Circular economy project for composites Scientific publication about solvolysis Scientific publication comparing energy issues between pyrolysis and solvolysis Scientific publication about recycling methods and issues for composites	Video de Youtube. Publicaciones científicas y artículo en página web; acceso público, excepto las publicaciones científicas

Unidad 2: Materiales sostenibles, propiedades y comportamiento / Material de apoyo

Tema para ampliación de información	Enlace de referencia	Resumen del contenido de referencia	Notas
1. ¿Qué puede reutilizarse o reciclarse? 2. Desafíos en el uso de materiales reciclados.	Kooduvalli, K., Unser, J., Ozcan, S., & Vaidya, U. K. (2022). Embodied Energy in Pyrolysis and Solvolysis Approaches to Recycling for Carbon Fiber-Epoxy Reinforced Composite Waste Streams. <i>Recycling</i>, 7(1), 6. https://doi.org/10.3390/recycling7010006 https://www.mdpi.com/2313-4321/7/1/6 Yongxiang Yang, Rob Boom, Brijan Irion, Derk-Jan van Heerden, Pieter Kuiper, Hans de Wit, Recycling of composite materials, <i>Chemical Engineering and Processing: Process Intensification</i>, Volume 51, 2012, Pages 53-68, ISSN 0255-2701, https://doi.org/10.1016/j.cep.2011.09.007 . (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0255270111002029)	Publicación científica que compara el consumo energético entre la pirólisis y la solvolisis. Publicación científica sobre métodos y desafíos del reciclaje de materiales compuestos.	Publicación científica, artículo web, acceso público
2. Presentación de estudios de caso seleccionados: Tipos de embarcaciones (por ejemplo, dinghies, veleros, componentes). Fibras y sistemas de resina utilizados. Métodos de fabricación 3. Motivación detrás de cada proyecto (por ejemplo, reducción de CO₂, posicionamiento de mercado, cumplimiento normativo)	https://www.youtube.com/watch?v=uD7UxIwumWU https://www.proboat.com/2022/05/greenboats-flax/ https://www.compositesworld.com/news/alliance-for-european-flax-linen-and-hemp-reports-increasing-flax-fiber-adoption-in-marine https://www.metstrade.com/news/sustainability/bio-based-and-recyclable-materials-prove-themselves	Proyecto ANT ARCTIC LAB (fibra volcánica) Informe sobre los logros de Greenboats Artículo sobre diversos proyectos que emplean diferentes fibras en distintos tipos de embarcaciones. Artículo sobre diversos proyectos con distintos enfoques de sostenibilidad.	Vídeo de YouTube y artículos en páginas web, de acceso público

Unidad 2: Materiales sostenibles, propiedades y comportamiento / Material de apoyo

Tema para ampliación de información	Enlace de referencia	Resumen del contenido de referencia	Notas
1. Materiales de base biológica en foco: Bio-resinas y adhesivos (de origen vegetal, con bajo contenido en COV). Diferencias entre materiales de base biológica y materiales biodegradables. 4. Estrategias de diseño circular: Diseño para el desmontaje. Separación de materiales. Componentes modulares y reparables	https://entropyresins.com/bioinfusion/ https://greenpoxy.org/ Durmisevic, Elma & FIKKERT, Rick & Otheguy, Mariano. (2013). DfD as a Methodology to Improve the Sustainability of Offshore Accommodation. Technology Review 2013. (https://www.researchgate.net/publication/258837862_DfD_as_a_Methodology_to_Improve_the_Sustainability_of_Offshore_Accommodation)	Página web de uno de los pocos fabricantes de resinas epoxi de base biológica (Entropy Resins). Página web de uno de los pocos fabricantes de resinas epoxi de base biológica (Greenpoxy – Sicomin). Publicación científica sobre Diseño para el Desmontaje (DfD).	Acceso público; página web; publicaciones científicas



Unidad 3: Técnicas de fabricación y trabajos de reparación



Unidad 3: Técnicas de fabricación y trabajos de reparación / Esquema del curso

Módulo	Contenidos	Temas	Resultados de aprendizaje (RA)	Duration (hrs)	Metodología didáctica
3.1 Métodos de fabricación sostenibles	3.1.1 Herramientas, equipos y preparación de superficies	1. Introducción a las herramientas manuales y equipos para el procesamiento de materiales compuestos: - Tijeras, rodillos, capas despegables, cepillos, bolsas de vacío, bombas de infusión 2. Fundamentos de la preparación de superficies: - Limpieza, lijado, desengrasado - Importancia de la calidad de la superficie para la unión 3. Consideraciones de seguridad al manipular herramientas y productos químicos 4. Diferencias en el uso de herramientas con materiales sostenibles frente a materiales convencionales 5. Indicadores visuales para superficies "listas para laminar"	RA: El alumnado identifica y usa con seguridad herramientas y equipamiento básico para la fabricación de compuestos. Comprenden y realizan pasos simples de preparación de superficies.	4	Demostración práctica con las herramientas y equipos. Breve introducción del instructor.
	3.1.2 Estructuras textiles: Trabajo con tejidos de fibras naturales	1. Introducción a los textiles de fibra natural utilizados en compuestos: - Lino, cáñamo, yute, kenaf. 2. Formas de los tejidos: - Tejidos, no tejidos, esteras unidireccionales 3. Características clave de los textiles naturales: - Capacidad de drapeado, grosor, alineación de las fibras, sensibilidad a la humedad. 4. Influencia de la estructura textil en el rendimiento mecánico y la procesabilidad 5. Áreas de aplicación en la construcción naval: paneles interiores, elementos no estructurales, etc.	RA: El alumnado identifica tipos de tejidos hechos de fibras naturales y describen cómo su estructura afecta al proceso de fabricación y al rendimiento de la pieza.	8	Sesión práctica de manipulación de materiales apoyada por la explicación del profesor.

Nota 1: El texto resaltado en negrita en la columna "Contenido" indica que en la siguiente tabla se proporciona información más detallada y actividades relacionadas con el subtema respectivo.

Nota 2: El texto resaltado en negrita en la columna "Tema" indica la disponibilidad de información de nivel superior (avanzada), que se presenta en una tabla separada a continuación.

Unidad 3: Técnicas de fabricación y trabajos de reparación / Esquema del curso

Módulo	Contenidos	Temas	Resultados de aprendizaje	Duración (hrs)	Metodología didáctica
3.2 Estrategias de modernización y reparación de embarcaciones	3.2.1 Estrategias de modernización: Integración de materiales sostenibles en embarcaciones existentes	Reemplazar partes no estructurales: cascos interiores, duchas, lavabos, paneles de suelo, cocina.	RA: El alumnado aprende a analizar un laminado dañado para prepararlo para laminación/reparación y colocación en su sitio	15	Tarea de reparación práctica guiada
	3.2.2 Técnicas de reparación: Métodos estandarizados de reparación para compuestos sostenibles	1. Analizar el daño (tamaño, material, forma de reconstrucción) 2. Retirar el material dañado 3. Lijado y esmerilado 4. Reconstrucción.		15	Tarea de reparación práctica guiada

Nota 1: El texto resaltado en negrita en la columna "Contenido" indica que en la siguiente tabla se proporciona información más detallada y actividades relacionadas con el subtema respectivo.

Nota 2: El texto resaltado en negrita en la columna "Tema" indica la disponibilidad de información de nivel superior (avanzada), que se presenta en una tabla separada a continuación.

Unidad 3: Técnicas de fabricación y trabajos de reparación / Esquema del curso

Módulo	Contenidos	Temas	Resultados de aprendizaje	Duración (hrs)	Metodología didáctica
3.3 Reducción de residuos y eficiencia en los procesos con materiales compuestos.	3.3.1 Aseguramiento de la calidad: Supervisión de la eficiencia de flujo de materiales y energía.	1. ¿Qué es el aseguramiento de la calidad (GC) en la fabricación de materiales compuestos? - El papel del GC en la sostenibilidad y la durabilidad 2. Técnicas sencillas de GC para la producción de materiales compuestos a pequeña escala 3. Indicadores de flujo de materiales: - Uso de resina por panel, tasa de recorte de fibra 4. Factores relacionados con la energía: - Tiempo de proceso, herramientas de calentamiento, iluminación 5. Herramientas de documentación: - Hojas de seguimiento, inspección visual, registros fotográficos 6. Reflexión: ¿Cómo ayuda la documentación a mejorar la eficiencia y reducir el desperdicio?	RA: El alumnado comprende el concepto de aseguramiento de la calidad (QA) en la fabricación de compuestos. Son capaces de vigilar indicadores básicos del flujo de materiales y energía durante la fabricación y reflexionar sobre cómo mejorar la eficiencia.	5	Demostración + actividad guiada en grupo
	3.3.2 Métodos de reducción de residuos: Corte de precisión, reutilización de materiales y consumibles de base biológica.	1. ¿Qué genera desperdicios en los procesos de compuestos? - Fuentes comunes: recortes, sobremezclado, herramientas desechables. 2. Reutilización de materiales: - Ideas para aprovechar los retales: material de relleno, soporte de moldes, piezas de prototipos. 3. Consumibles de origen biológico: - Vasos de mezcla reciclables, guantes compostables, películas desmoldantes biodegradables (¿es esto realmente una opción?). 4. Ejemplos de buenas prácticas de la industria. 5. Tarea en grupo: Minimizar los desperdicios al planificar y preparar una pieza pequeña. 7. Reflexión: ¿Qué funcionó? ¿Dónde se generó aún desperdicio?	RA: El alumnado aplica estrategias básicas para reducir los residuos de material en la fabricación de compuestos. Planifican el trabajo para optimizar el uso de materiales, exploran la reutilización de recortes e identifican alternativas sostenibles de consumibles.	5	Actividad de planificación en grupo y reflexión

Nota 1: El texto resaltado en negrita en la columna "Contenido" indica que en la siguiente tabla se proporciona información más detallada y actividades relacionadas con el subtema respectivo.

Nota 2: El texto resaltado en negrita en la columna "Tema" indica la disponibilidad de información de nivel superior (avanzada), que se presenta en una tabla separada a continuación.

Unidad 3: Técnicas de fabricación y trabajos de reparación / Instrucciones de actividades

Contenido	Actividad	Descripción
3.1.1 Herramientas, equipamiento, preparación de superficies	<i>Taller – Identificación de herramientas y pasos de laminación</i>	Descripción: Los estudiantes trabajan en grupos. Cada grupo recibe varias herramientas. En una pizarra, se escriben los pasos principales de la laminación, así como los puntos de vigilancia y las normas de seguridad. Los grupos deben identificar qué paso, norma o especificación de seguridad corresponde a las herramientas asignadas y explicar por qué. Equipo: Herramientas comunes utilizadas para la laminación; pizarra blanca o similar Objetivo: Los estudiantes se familiarizan con las herramientas básicas y comprenden su uso adecuado en relación con la seguridad y la eficiencia de la laminación. Resultado esperado: Los estudiantes saben qué herramienta utilizar, cuándo y cómo, con respecto a la seguridad y la laminación efectiva.
3.1.2 Estructuras textiles	<i>Comparación de muestras</i>	Descripción: Los estudiantes reciben varias muestras de tela de diferentes fibras. Las comparan y anotan sus características y comportamiento. Equipo: Varias muestras de tela. Objetivo: Los estudiantes se familiaricen con los tejidos de laminación y puedan reconocerlos. Resultado esperado: Los estudiantes pueden reconocer qué fibra compone cada tela y comprender las características de la tela.
3.1.2 Estructuras textiles	<i>Comparación y asociación de gráficos</i>	Descripción: Exhiba gráficos que muestren la resistencia de las telas, sin revelar su identidad. Los estudiantes deben relacionar los gráficos con las muestras de tela según las características observadas. Equipamiento: Cuadros de propiedades de tejidos. Objetivo: Hacer que los estudiantes relacionen las propiedades de las telas con el comportamiento.

Unidad 3: Técnicas de fabricación y trabajos de reparación / Instrucciones de actividades

Contenido	Actividad	Descripción
3.1.3 Técnicas de laminado	<i>Laminación manual práctica</i>	Descripción: Cada estudiante recibe un molde y materiales (telas, herramientas, EPP, resina, endurecedor, consumibles) para realizar una laminación manual. Equipamiento: Moldes, tejidos, herramientas, resina, endurecedor, EPI, consumibles. Objetivo: Enseñar a los estudiantes cómo laminar y comprender los puntos críticos del proceso. Resultado esperado: Los estudiantes pueden laminar adecuadamente utilizando un proceso de laminado manual con molde abierto.
3.1.3 Técnicas de laminado	<i>Infusión al vacío colaborativa</i>	Descripción: El instructor demuestra una laminación completa mediante infusión al vacío. Los estudiantes participan; se observan y discuten los puntos clave. Equipamiento: Molde, tejidos, resina, endurecedor, herramientas, EPI, consumibles, bomba de vacío. Objetivo: Presentar la infusión al vacío y resaltar los puntos críticos de vigilancia. Resultado esperado: Los estudiantes comprenden cómo laminar mediante infusión al vacío.
3.1.4 Desafíos	<i>Comparación de laminación (convencional vs. sostenible)</i>	Descripción: Los estudiantes laminan una pieza pequeña con materiales convencionales y, una vez más, con materiales sostenibles, anotando observaciones y observaciones durante ambos procesos. Al final, comparan sus experiencias y presentan una síntesis. Equipos: Telas, resina, endurecedor, herramientas, EPI, consumibles. Objetivo: Que los estudiantes experimenten ambos tipos de materiales y formulen sus propias comparaciones. Resultado esperado: Los estudiantes comprenden los pros y los contras de cada tipo de material.

Unidad 3: Técnicas de fabricación y trabajos de reparación / Instrucciones de actividades

Contenido	Actividad	Descripción
3.2.1 Estrategias de modernización	<i>Presentación grupal sobre proyectos de modernización</i>	Descripción: Los estudiantes trabajan en grupos para investigar proyectos de modernización o integración de materiales sostenibles. Presentan una síntesis de 5 minutos en su formato preferido (diapositivas, póster, video, imágenes, etc.). El instructor distribuye los temas para evitar la duplicación. Equipo: Computadoras, pizarra, proyector. Objetivo: Explorar la modernización y los desafíos asociados. Resultado esperado: Los estudiantes comprenden los métodos de modernización, reconocen los desafíos, resumen y extraen las ideas principales.
3.2.2 Técnicas de reparación	<i>Juego con papeles y discos de lija</i>	Descripción: Los estudiantes combinan papeles/discos de lija (tipos mixtos) con las etiquetas de grano y los ordenan. El instructor explica qué grano es adecuado para cada superficie, herramienta y tarea. Equipamiento: Papeles/discos de lija, etiquetas de grano. Objetivo: Familiarizar a los estudiantes con los granos y tipos de papeles/discos de lijado. Resultado esperado: Los estudiantes comprenden la escala de esfuerzo y su uso apropiado.
3.2.2 Técnicas de reparación	<i>Ejercicio práctico de reparación</i>	Descripción: Tras la demostración, cada estudiante recibe una muestra laminada dañada deliberadamente. Eligen un método de reparación, lo explican, obtienen la aprobación del profesor y realizan la reparación. Equipo: Muestra compuesta dañada, materias primas, resina, endurecedor, telas, herramientas de laminación, EPP, consumibles. Objetivo: Desarrollar la capacidad de los estudiantes para analizar situaciones de reparación y aplicar métodos correctos. Resultado esperado: Los estudiantes pueden reparar compuestos dañados y seleccionar estrategias de reparación adecuadas.

Unidad 3: Técnicas de fabricación y trabajos de reparación / Instrucciones de actividades

Contenido	Actividad	Descripción
3.3.1 QA en proceso	<i>Planificación de técnicas de reflexión y control de calidad</i>	Descripción: Los estudiantes analizan un proceso determinado en grupos y planifican la implementación de técnicas e indicadores de control de calidad. Elaboran un diagrama que muestra los pasos y las mejoras propuestas. Equipo: Computadoras. Objetivo: Fomentar la adaptación de herramientas de control de calidad para la mejora de procesos. Resultado esperado: Los estudiantes pueden implementar y analizar métodos de control de calidad basados en las características del proceso.
3.3.2 Reducción de desperdicios	<i>Lluvia de ideas sobre residuos</i>	Descripción: El instructor presenta ejemplos de desperdicios durante la construcción de embarcaciones, incluyendo cifras y estadísticas. Los estudiantes proponen estrategias para reducirlos. La clase elabora una lista de propuestas viables. Equipo: Pizarra blanca. Objetivo: Concientizar sobre los residuos y su impacto; resaltar la importancia de la planificación temprana. Resultado esperado: Los estudiantes consideran que la gestión de residuos es esencial en la organización de la empresa.
3.3.2 Reducción de desperdicios	<i>Planificación de procesos con reducción integrada de residuos</i>	Descripción: Los grupos reciben un producto final. Crean un plan de tareas completo con descripciones que explican cómo minimizar el desperdicio en cada paso. Resultado: una carpeta con una tabla de tareas y hojas de trabajo detalladas. Equipo: Computadoras. Objetivo: Fomentar la planificación holística de procesos con la reducción de residuos como meta central. Resultado esperado: Los estudiantes integran consideraciones de reducción de desechos en todos los pasos del proceso.

Unidad 3: Técnicas de fabricación y trabajos de reparación / Información ampliada

Tema para ampliación de información	Enlace de referencia	Resumen del contenido de referencia	Notas
1. Introducción a herramientas manuales y equipamiento para procesamiento de compuestos: - Tijeras, rodillos, capas despegables, cepillos, bolsas de vacío, bombas de infusión 2. Conceptos básicos de preparación de superficies: - Limpieza, lijado, desengrasado - Importancia de la calidad de la superficie para la unión 3. Consideraciones de seguridad al manipular herramientas y productos químicos 5. Indicadores visuales para superficies "listas para laminar"	https://aerospaceengineeringblog.com/composite-manufacturing/ https://compositeslab.com/composites-manufacturing-processes/ https://aerospaceengineeringblog.com/composite-manufacturing/	Sitio web con artículos que ofrecen guías para diferentes pasos en los procesos de construcción de embarcaciones con materiales compuestos (redacción práctica, algunos videos, forma amigable de explicar) Sitio web con breves explicaciones de procesos, materiales, herramientas (bien organizados) Sitio web con descripción de procesos con esquemas simples y explícitos	Público, websites
2. Formas de los tejidos: - Tejidos, no tejidos, esteras unidireccionales. 3. Características clave de los textiles naturales: - Caída, grosor, alineación de las fibras, sensibilidad a la humedad. 4. Influencia de la estructura textil en el rendimiento mecánico y la procesabilidad. 5. Áreas de aplicación en la construcción naval: paneles interiores, elementos no estructurales, etc.	https://www.isomatex.com/tenron/ https://www.circular-structures.com/ https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/ecotechnilin-des-solutions-a-base-de-fibres-naturelles-au-service-de-lindustrie-134081/ (+ EcoTechnilin) S. Maiti, M. R. Islam, M. A. Uddin, S. Afroj, S. J. Eichhorn, N. Karim, Sustainable Fiber-Reinforced Composites: A Review. Adv. Sustainable Syst. 2022, 6, 2200258. https://doi.org/10.1002/adsu.202200258(https://advanced.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/adsu.202200258)	Sitios web de proveedores de tejidos Artículo sobre una empresa que produce esterillas con diversas fibras naturales y que también intenta desarrollar una industria de reciclaje. Publicación científica sobre composites sostenibles	Público, websites corporativas y artículos científicos

Unidad 3: Técnicas de fabricación y trabajos de reparación / Información ampliada

Tema para ampliación de información	Enlace de referencia	Resumen del contenido de referencia	Notas
1. Introducción a los pasos básicos de laminación: - Corte de fibras, mezcla de resinas, aplicación de resina con rodillo o brocha. 2. Características del material: - Manipulación de textiles de lino o basalto - Comportamiento de impregnación de sistemas de resina de base biológica. 3. Aspectos clave del proceso: - Tiempo de trabajo, desplazamiento de fibras, colocación de capas. 4. Consejos prácticos para una laminación abierta exitosa.	https://www.addcomposites.com/post/cuales-son-los-pasos-fundamentales-de-la-fabricacion-de-composites https://www.youtube.com/watch?v=tE6KDNvyTuU	Guía explícita, sencilla y práctica sobre materiales compuestos, defectos e impacto, con numerosas ramificaciones hacia otros temas relacionados y relevantes. Vídeo sobre la construcción de una canoa en fibra de lino y balsa, con especial atención a los pasos específicos.	Público, Blog y YouTube
	https://www.youtube.com/watch?v=RrVy7jaSABM https://www.youtube.com/watch?v=AD98L9XICTU https://www.youtube.com/watch?v=Q09ZFVA6nR8	Presentación de técnicas de laminación con comparaciones. Vídeo sobre el uso de fibra de lino e infusión de resina. Vídeo sobre la laminación de fibra de vidrio (con información sobre los puntos cruciales (tiempo de todo el proceso...))	Público, YouTube (demostraciones)
	https://www.imoca.org/es/noticias/noticias/levantar-la-tapa-de-la-construcción-de-barcos-impactos-para-una-industria-más-sostenible	No se trata de una modernización, sino de un informe sobre la implementación de materiales sostenibles en un barco de carreras (Imoca), con un vídeo explícito.	Público, Artículos sobre modernización sostenible y reutilización de cascos

Unidad 3: Técnicas de fabricación y trabajos de reparación / Información ampliada

Tema para ampliación de información	Enlace de referencia	Resumen del contenido de referencia	Notas
4. Reconstrucción.	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264127523008614	Publicación científica sobre una nueva forma potencial de reparar materiales compuestos.	Público, publicación científica
1. ¿Qué es el aseguramiento de la calidad (QA) en la fabricación de materiales compuestos? - El papel del QA en la sostenibilidad y la durabilidad. 2. Técnicas sencillas de QA para la producción de materiales compuestos a pequeña escala.	https://www.addcomposites.com/post/quality-assurance-and-quality-control-in-composites-manufacturing	Descripción de los temas que se investigarán para el aseguramiento de la calidad	Publicación de blog sobre métodos de control y garantía de calidad (QA/QC) para la fabricación de materiales compuestos.
2. Reutilización de materiales: - Ideas para usar recortes: material de relleno, soporte de moldes, piezas de prototipos. 3. Consumibles de origen biológico: - Vasos de mezcla reciclables, guantes compostables, películas de liberación biodegradables (¡analizar si eso es realmente una opción!). 4. Ejemplos de buenas prácticas de la industria.	https://compositesuk.co.uk/industry-support/environmental/what-can-i-do-with-my-waste/	Lista no exhaustiva de soluciones para residuos compuestos y recortes	Público, artículo industrial que enumera las opciones de gestión y reciclaje de residuos.



Unidad 4: Evaluación del ciclo de vida y caso de negocio



Unidad 4: Evaluación del Ciclo de Vida y caso de negocio / Esquema del Curso

Módulo	Contenidos	Temas	Resultados de aprendizaje	Duración (hrs)	Metodología didáctica
4.1 Evaluación del impacto ambiental mediante LCA	4.1.1 Evaluación del Ciclo de Vida (LCA): Fundamentos	1. Introducción al análisis del ciclo de vida (LCA) 2. Categorías de impacto ambiental en el LCA 3. Aplicación del LCA a los materiales de construcción naval 4. Identificación de puntos críticos ambientales en el ciclo de vida del producto 5. Uso del LCA para la toma de decisiones informadas de diseño y adquisición 6. El LCA como herramienta para la estrategia empresarial y el cumplimiento normativo	RA: Definir qué es un Análisis de Ciclo de Vida (LCA) y describir sus cuatro fases principales. Identificar el propósito del LCA en la industria de la construcción naval. Enumere y describa las categorías clave de impacto ambiental según se definen en el método PEF. Explicar cómo el LCA facilita la toma de decisiones comparando las opciones de productos o materiales según su	2	Aprendizaje en el aula
	4.1.2 Huella ambiental: emisiones de carbono, consumo de energía	1. Emisiones de carbono en la construcción de embarcaciones 2. Consumo de energía a lo largo del ciclo de vida de la embarcación 3. Comparación de materiales utilizando datos de carbono y energía 4. Caso práctico: Reciclaje de compuestos de fibra de vidrio 5. Uso de las normas ISO y PEF en el LCA	RA: Distinguir entre emisiones de carbono y consumo de energía y explicar su papel en la evaluación de impacto ambiental. Identificar fuentes comunes de emisiones de carbono y consumo de energía en la construcción naval. Interpretar datos ambientales básicos, como las emisiones de CO ₂ equivalente y el consumo de energía en megajulios (MJ). Comparar la huella ambiental de dos tipos de embarcaciones o configuraciones de materiales utilizando datos simplificados.	3	Aprendizaje en el aula

Nota 1: El texto resaltado en negrita en la columna "Contenido" indica que en la siguiente tabla se proporciona información más detallada y actividades relacionadas con el subtema respectivo.

Nota 2: El texto resaltado en negrita en la columna "Tema" indica la disponibilidad de información de nivel superior (avanzada), que se presenta en una tabla separada a continuación.

Unidad 4: Evaluación del Ciclo de Vida y caso de negocio / Esquema del Curso

Módulo	Contenidos	Temas	Resultados de aprendizaje	Duración (hrs)	Metodología didáctica
4.1 Evaluación del impacto ambiental mediante LCA	4.1.3 Identificación de puntos críticos: áreas clave de preocupación respecto a materiales, energía y residuos	1. ¿Qué son los puntos críticos ambientales en el ACV? 2. Puntos críticos relacionados con los materiales en la construcción naval 3. El uso de la energía como área de impacto crítico 4. Generación de residuos y desafíos al final de la vida útil 5. Estrategias para reducir los puntos críticos ambientales 6. Caso práctico: Análisis de puntos críticos del estudio de descarbonización de la propulsión de ICOMIA	RA: Definir qué es un punto crítico en el contexto de la evaluación del ciclo de vida. Identificar los puntos críticos típicos relacionados con materiales, energía y desechos en el ciclo de vida de la construcción de embarcaciones. Explique cómo el análisis de puntos críticos ayuda a priorizar las mejoras de sostenibilidad. Interpretar los hallazgos de estudios de casos del mundo real para evaluar dónde se concentran los impactos ambientales.	3	Aprendizaje en el aula

Nota 1: El texto resaltado en negrita en la columna "Contenido" indica que en la siguiente tabla se proporciona información más detallada y actividades relacionadas con el subtema respectivo.

Nota 2: El texto resaltado en negrita en la columna "Tema" indica la disponibilidad de información de nivel superior (avanzada), que se presenta en una tabla separada a continuación.

Unidad 4: Evaluación del Ciclo de Vida y caso de negocio / Esquema del Curso

Módulo	Contenidos	Temas	Resultado de aprendizaje	Duración (hrs)	Metodología didáctica
4.2 Viabilidad económica de los materiales sostenibles	4.2.1 Análisis económico: comparativa de costes de materiales sostenibles vs. materiales convencionales	1. Factores clave de costo en la selección de materiales para la construcción de embarcaciones 2. Desglose del costo del ciclo de vida: desde la compra hasta el final de la vida útil 3. Comparación de casos: Propulsión eléctrica por batería vs. propulsión por combustibles renovables 4. Inversiones en sostenibilidad específicas y eficiencia económica 5. Más allá del precio: incentivos, marca y valor a largo plazo 6. Toma de decisiones informadas mediante el análisis costo-beneficio del ciclo de vida	RA: Identificar los componentes clave de costo involucrados en la selección de materiales (p. ej., costo inicial, mantenimiento, fin de vida útil). Comparar las implicaciones económicas del uso de materiales sostenibles con el de los convencionales. Aplicar un marco básico de costo del ciclo de vida para evaluar la elección de materiales. Reconocer cómo los factores ambientales y económicos pueden interactuar para fundamentar decisiones inteligentes sobre materiales.	1 ½	Aprendizaje en el aula
	4.2.2 Retorno de la inversión: Beneficios a largo plazo de las opciones sostenibles	1. Comprensión del ROI en la construcción naval sostenible 2. Evaluación de los beneficios a largo plazo de los materiales sostenibles 3. Factores económicos y estratégicos más allá del coste inicial 4. Desafíos e incertidumbres en el cálculo del ROI 5. Uso del ACV para respaldar las decisiones de inversión 6. Caso práctico: ROI del cambio de material en un pequeño astillero	OA: Definir el retorno de la inversión (ROI) y aplicarlo a las decisiones de diseño sostenible. Describir cómo los materiales sostenibles pueden generar ahorros a largo plazo o valor añadido. Identificar los beneficios no financieros (p. ej., imagen de marca, atractivo para el cliente, cumplimiento normativo) vinculados a la sostenibilidad. Analizar un caso práctico para determinar si un cambio de material genera rentabilidad tanto ambiental como financiera.	1 ½	Aprendizaje en el aula

Nota 1: El texto resaltado en negrita en la columna "Contenido" indica que en la siguiente tabla se proporciona información más detallada y actividades relacionadas con el subtema respectivo.

Nota 2: El texto resaltado en negrita en la columna "Tema" indica la disponibilidad de información de nivel superior (avanzada), que se presenta en una tabla separada a continuación.

Unidad 4: Evaluación del Ciclo de Vida y caso de negocio / Esquema del Curso

Módulo	Contenidos	Temas	Resultado de aprendizaje	Duración (hrs)	Metodología didáctica
4.3 Modelos de negocio para la sostenibilidad en la fabricación de embarcaciones de recreo	4.3.1 Modelos de negocio circulares: economía lineal vs. circular en la fabricación de embarcaciones	1. De lo lineal a lo circular: replanteando los sistemas de construcción naval 2. Estrategias fundamentales de la economía circular en el diseño de embarcaciones 3. Caso práctico: APER y el reciclaje circular de embarcaciones en Francia 4. Aplicación del método PEF a la elección de materiales circulares 5. Diseño circular en la práctica: uso de segunda vida y componentes modulares 6. Modelos circulares como respuesta estratégica a la regulación y la demanda del mercado	RA: Describir la diferencia entre los modelos económicos lineales y circulares. Identificar estrategias circulares relevantes para la construcción naval (p. ej., modularidad, sistemas de recuperación, reutilización). Explicar la importancia de la rendición de cuentas durante el ciclo de vida y de regulaciones como la Responsabilidad Extendida del Productor (REP). Interpretar cómo los modelos de negocio circulares pueden reducir los residuos, recortar costes y fomentar la competitividad en el mercado.	1 ½	Aprendizaje en el aula
	4.3.2 4.3.2 Diseño para el desmontaje (DfD): maximización de la recuperación de material al final de su vida útil	1. ¿Qué es el Diseño para el Desmontaje (DfD) en la construcción naval? 2. El DfD en la práctica: Ejemplos de diseño que facilita el desmontaje. 3. El DfD y su papel en la normativa y las ecoetiquetas. 4. Planificación del fin de vida útil desde la fase de diseño. 5. Beneficios del DfD para la sostenibilidad, la seguridad y el valor de reventa.	OA: Explicar qué significa el Diseño para el Desmontaje (DfD) y su importancia. Enumerar las estrategias prácticas de DfD utilizadas en el diseño y la construcción de embarcaciones. Describir el propósito y los componentes de un pasaporte de materiales. Reconocer cómo el DfD y el seguimiento de materiales contribuyen a la reciclabilidad, la seguridad y el cumplimiento de la normativa de la UE.	1 ½	Aprendizaje en el aula

Nota 1: El texto resaltado en negrita en la columna "Contenido" indica que en la siguiente tabla se proporciona información más detallada y actividades relacionadas con el subtema respectivo.

Nota 2: El texto resaltado en negrita en la columna "Tema" indica la disponibilidad de información de nivel superior (avanzada), que se presenta en una tabla separada a continuación.

Unidad 4: Evaluación del Ciclo de Vida y caso de negocio / Instrucciones para las actividades

Contenido	Actividad	Descripción
4.1.1 ACV: Fundamentos	<i>Estaciones de Exploración del Ciclo de Vida: Los estudiantes rotan por estaciones centradas en materiales (p. ej., fibra de vidrio, lino, aluminio). Identifican las fases clave del ciclo de vida y los impactos ambientales relacionados, relacionando los materiales con las categorías de impacto del PEF.</i>	Evaluación: Ejercicio de correspondencias sobre la terminología y las fases del ACV; minicuestionario sobre las cuatro etapas del ACV; pregunta basada en un caso sobre la transferencia de carga. Objetivo: Introducir la metodología LCA y ayudar a los estudiantes a reconocer cómo los materiales influyen en el impacto del ciclo de vida. Resultado esperado: Los estudiantes pueden explicar las cuatro etapas del ACV, identificar categorías de impacto y aplicar el pensamiento del ciclo de vida para comparar materiales.
4.1.2 Huella medioambiental	<i>Los equipos del Desafío Comparativo de Carbono analizan los perfiles de dos buques y estiman las emisiones de carbono y el consumo de energía. Analizan las compensaciones entre los sistemas de propulsión y los materiales.</i>	Evaluación: Cálculos de MJ y CO ₂ -eq (utilizando datos simplificados); comparación escrita de dos materiales o tipos de combustible; breve debate en grupo sobre las compensaciones entre energía y medio ambiente. Objetivo: Ayudar a los estudiantes a comprender las contribuciones de la energía y las emisiones a la huella ambiental a lo largo de las etapas del ciclo de vida. Resultado esperado: Los estudiantes pueden definir la huella de carbono y el uso de energía, interpretar datos ambientales y comparar configuraciones.
4.1.3 Puntos críticos	<i>Juego Detective de Puntos Críticos: Los estudiantes reciben instantáneas del ACV que muestran el impacto en las distintas etapas y componentes. Identifican puntos críticos y proponen estrategias de mejora.</i>	Evaluación: Hoja de trabajo sobre identificación de puntos críticos; presentación en grupos pequeños de un caso de punto crítico; pregunta de prueba opcional sobre categorías de puntos críticos. Objetivo: Desarrollar la capacidad de localizar y analizar puntos críticos ambientales y priorizar intervenciones. Resultado esperado: Los estudiantes pueden identificar puntos críticos de materiales, energía y desechos y sugerir mejoras.

Unidad 4: Evaluación del Ciclo de Vida y caso de negocio / Instrucciones para las actividades

Contenido	Actividad	Descripción
4.2.1 Análisis económico	<i>Desglose del presupuesto de una embarcación. Los estudiantes comparan el desglose de costos de materiales tradicionales con el de materiales sostenibles. Analizan los costos iniciales, de mantenimiento y de eliminación.</i>	Evaluación: Hoja de trabajo de costos del ciclo de vida; identificar tres impulsores de costos en discusión; breve explicación escrita de las compensaciones. Objetivo: Mostrar cómo las consideraciones financieras influyen en la elección de materiales y demostrar el costo total de propiedad. Resultado esperado: Los estudiantes pueden identificar compensaciones económicas y respaldar decisiones utilizando el análisis de costos.
4.2.2 Retorno de inversión (ROI)	<i>Juego de roles de estudio de caso: Blue Horizon Boats. Utilizando el caso de Blue Horizon Boats, los estudiantes actúan como partes interesadas y evalúan un cambio de material y su ROI.</i>	Evaluación: Plantilla de ROI; presentación grupal de las perspectivas de las partes interesadas; reflexión sobre los beneficios tangibles e intangibles. Objetivo: Ayudar a los estudiantes a evaluar el ROI en escenarios prácticos que involucran materiales sustentables. Resultado esperado: Los estudiantes pueden calcular el ROI simplificado, identificar beneficios y comunicarlos claramente.

Unidad 4: Evaluación del Ciclo de Vida y caso de negocio / Instrucciones para las actividades

Contenido	Actividad	Descripción
4.3.1 Modelos de negocio circulares	<i>Taller de transformación circular Los estudiantes rediseñan un componente lineal de un barco (por ejemplo, escotilla, módulo del casco) para alinearlo con los principios circulares (reutilización, reciclabilidad, modularidad).</i>	Evaluación: Dibujo/diagrama grupal; explicación escrita de los principios circulares aplicados; retroalimentación de los pares. Objetivo: Involucrar a los estudiantes en repensar los productos marinos a través de la economía circular. Resultado esperado: Los estudiantes pueden explicar los principios circulares y rediseñar componentes para mejorar la recuperación, la reutilización y la durabilidad.
4.3.2 Diseño de Desmontaje (DfD)	<i>Los estudiantes del Laboratorio de Diseño DfD rediseñan un componente de una embarcación (escotilla de almacenamiento, módulo de cubierta, estructura de banco) utilizando los principios de DfD. Dibujan/modelan la pieza rediseñada, identifican los sujetadores y explican las estrategias de separación de materiales.</i>	Evaluación: Boceto de diseño anotado; presentación grupal; explicación escrita de las mejoras al final de la vida útil. Objetivo: Presentar el diseño para desmontaje y cómo reduce el impacto ambiental al final de la vida útil de la embarcación. Resultado esperado: Los estudiantes aplican estrategias DfD (sujeciones, modularidad, separación) y demuestran cómo estas respaldan la sostenibilidad.

Unidad 4: Evaluación del Ciclo de Vida y caso de negocio / Información ampliada.

Tema para ampliación de información	Enlace de referencia	Resumen del contenido de referencia	Notas
1. Introducción al análisis del ciclo de vida (ACV) 2. Categorías de impacto ambiental en el ACV	https://eplca.jrc.ec.europa.eu/LCDN/developerEF.html , https://www.iso.org/home.html , Blue Boat Horizon LCA project, EC PEF method, ISO STANDARDS https://eplca.jrc.ec.europa.eu/EnvironmentalFootprint.html https://www.iso.org/standard/37456.html https://propellingourfuture.com/ Environmental Footprint Methods - European Commission Life Cycle Assessment for the circular economy https://www.lifecycleinitiative.org/ https://www.marineshift360.org/ https://www.recyclermonbateau.fr/l-aper-association-pour-la-plaisance-eco-responsable/ https://europeanboatingindustry.eu/images/Reports/A144650-R20241613a-UHo-EuCIA%20final%20report%20-%20summary-signed.pdf?t=1728385417 GREC HANDBOOK https://europeanboatingindustry.eu/images/EU%20affairs/Roadmap-for-decarbonisation-vessels_Final.pdf	Website oficial de la Comisión y regulaciones ISO.	Documento técnico (ISO), Guía (Manual Grec), Informe (Hoja de ruta para la descarbonización del sector europeo de embarcaciones de recreo), sitio web (todos), Gratuito (solo ISO es de pago)
4. Caso práctico: Reciclaje de compuestos de fibra de vidrio 5. Uso de las normas ISO y PEF en el ACV	ICOMIA - RICARDO study, Propelling our future, Blue Boat Horizon LCA project, EC PEF method, https://glassfibreeurope.eu/resource-type/report-study/ ,	Estudios de descarbonización y metodología ACV.	Gratuito, Website

Unidad 4: Evaluación del Ciclo de Vida y caso de negocio / Información ampliada.

Tema para ampliación de información	Enlace de referencia	Resumen del contenido de referencia	Notas
4. Generación de residuos y desafíos al final de la vida útil 5. Estrategias para reducir los puntos críticos ambientales 6. Caso práctico: Análisis de puntos críticos del estudio de descarbonización de la propulsión de ICOMIA	ICOMIA - RICARDO study, Propelling our future, Blue Boat Horizon LCA project, EC PEF method, ISO standards, https://glassfibreeurope.eu/wp-content/uploads/2023/02/GFE_LCA-report-2023-February-2023.pdf	Estudios sobre descarbonización y metodología ACV	Gratuito, Website
	ICOMIA - RICARDO study, Propelling our future, Blue Boat Horizon LCA project, EC PEF method, https://data.europa.eu/en/news-events/news/eus-digital-product-passport-advancing-transparency-and-sustainability	Estudios sobre descarbonización y metodología ACV	Gratuito, Website
5. Más allá del precio: incentivos, marca y valor a largo plazo	ICOMIA - RICARDO study, Propelling our future, Blue Boat Horizon LCA project, EC PEF method	Estudios sobre descarbonización y metodología ACV	Gratuito, Website
	ICOMIA - RICARDO study, Propelling our future, Blue Boat Horizon LCA project, EC PEF method	Estudios sobre descarbonización y metodología ACV	Gratuito, Website

Unidad 4: Evaluación del Ciclo de Vida y caso de negocio / Información ampliada.

Tema para ampliación de información	Enlace de referencia	Resumen del contenido de referencia	Notas
3. Caso práctico: APER y el reciclaje circular de embarcaciones en Francia 4. Aplicación del método PEF a la elección de materiales circulares	ICOMIA - RICARDO study, Propelling our future, Blue Boat Horizon LCA project, EC PEF method, https://www.recyclermonbateau.fr/ , https://eplca.jrc.ec.europa.eu/EnvironmentalFootprint.html	Estudios sobre descarbonización y metodología ACV	Gratuito, Website
4. Planificación del fin de vida útil desde la fase de diseño. 5. Beneficios del DfD para la sostenibilidad, la seguridad y el valor de reventa.	ICOMIA - RICARDO study, Propelling our future, Blue Boat Horizon LCA project, EC PEF method, https://data.europa.eu/en/news-events/news/eus-digital-product-passport-advancing-transparency-and-sustainability	Estudios sobre descarbonización y metodología ACV	Gratuito, Website



Unidad 5: Planificación profesional, oportunidades y desafíos.



Unidad 5: Planificación profesional, oportunidades y desafíos / Esquema del curso.

Módulo	Contenido	Tema	Objetivos de aprendizaje (OA)	Duración (hrs)	Metodología didáctica
5.1 Demanda de la industria de experiencia en construcción naval sostenible	5.1.1 Panorama industrial: Tendencias del mercado laboral, demanda de soluciones ecológicas	Conocer el contexto actual del sector náutico desde una perspectiva de sostenibilidad e identificar las tendencias que marcan la evolución del mercado laboral y la demanda de nuevas soluciones técnicas, materiales y procesos.	OA: Comprensión de la transformación estructural del sector hacia la sostenibilidad, sus impulsores y obstáculos. Fomentar el trabajo en equipo, el pensamiento analítico y la oratoria de los estudiantes, lo que puede contribuir a su futuro profesional.	2 ½	Aprendizaje en el aula/instrucciones directas, taller/debate
	5.1.2 Trayectorias profesionales: Funciones en diseño, ingeniería, producción, ventas y marketing	Explorar trayectorias profesionales dentro del sector náutico sostenible, comprender los roles emergentes, la evolución de los perfiles tradicionales y las habilidades necesarias para prosperar en un entorno técnico, interconectado y responsable con el medio ambiente.	OA: Proporcionar una visión completa de los principales perfiles laborales y de las habilidades y competencias necesarias para poder desarrollar una carrera en estos puestos.	2 ½	Aprendizaje en el aula/instrucciones directas, trabajo en grupo

Nota 1: El texto resaltado en negrita en la columna "Contenido" indica que en la siguiente tabla se proporciona información más detallada y actividades relacionadas con el subtema respectivo.

Nota 2: El texto resaltado en negrita en la columna "Tema" indica la disponibilidad de información de nivel superior (avanzada), que se presenta en una tabla separada a continuación.

Unidad 5: Planificación profesional, oportunidades y desafíos / Esquema del curso.

Módulo	Contenido	Tema	Objetivos de aprendizaje (OA)	Duración (hrs)	Metodología didáctica
5.2 Trayectorias profesionales y formación en industrias marítimas sostenibles	5.2.1 Habilidades clave: Habilidades técnicas y blandas necesarias para el éxito	Presentación de habilidades y competencias clave en la construcción naval sostenible. Identificación de retos y oportunidades para desarrollar una carrera profesional en el sector. Combinación de habilidades y competencias transversales relevantes para la construcción naval sostenible y realización de ejercicios de planificación profesional.	OA: Identificar habilidades técnicas y blandas interdisciplinarias. Evaluar las brechas actuales en capacitación, trayectorias profesionales y prácticas de la industria.	2 ½	Aprendizaje en el aula/instrucciones directas, talleres, debates en grupo
	5.2.2 Desarrollo profesional: Capacitación, certificaciones y oportunidades de networking	Evaluación de las brechas de capacitación y las prácticas actuales del sector. Identificación de medidas y métodos prácticos para el desarrollo profesional. Descubra certificaciones, capacitaciones, eventos de networking relevantes y portales de empleo en el sector para mejorar la empleabilidad.	OA: Explorar estrategias prácticas para mejorar la empleabilidad y avanzar en la carrera profesional. Hojas de ruta profesionales claras y autodefinidas con habilidades y competencias relevantes. Identificación y creación de listas de capacitaciones y eventos relevantes a nivel local e internacional.	2 ½	Aprendizaje en el aula/instrucciones directas, talleres, debates en grupo

Nota 1: El texto resaltado en negrita en la columna "Contenido" indica que en la siguiente tabla se proporciona información más detallada y actividades relacionadas con el subtema respectivo.

Nota 2: El texto resaltado en negrita en la columna "Tema" indica la disponibilidad de información de nivel superior (avanzada), que se presenta en una tabla separada a continuación.

Unidad 5: Planificación profesional, oportunidades y desafíos/ Instrucciones para actividades.

Contenido	Actividad	Descripción
5.1.1 Panorama de la industria	1: <i>Debate estructurado: ¿Está el sector náutico preparado para una transición verde acelerada?</i>	Descripción: Los estudiantes participarán en un debate estructurado para explorar si el sector náutico está preparado para una transición verde acelerada. Divididos en dos equipos —Pro (preparados) y Contra (no preparados)—, analizarán y presentarán argumentos basados en factores ambientales, económicos, tecnológicos y regulatorios. El debate destacará los impulsores clave (p. ej., innovación, apoyo político, demanda del consumidor) y las barreras (p. ej., altos costos, falta de infraestructura, resistencia al cambio). A continuación, se realizará una breve reflexión para consolidar el aprendizaje y fomentar el pensamiento crítico sobre la sostenibilidad en el mundo marítimo. Objetivos del debate: 1. Mejorar el pensamiento crítico mediante la evaluación de desafíos complejos de sostenibilidad. 2. Desarrollar habilidades de argumentación a través del razonamiento basado en evidencia. 3. Promover la concienciación sobre el impacto ambiental de las actividades marítimas y la urgencia de las transiciones verdes. 4. Fomentar la colaboración y el diálogo respetuoso escuchando las opiniones opuestas y respondiendo de forma constructiva. 5. Fomentar el pensamiento sistémico identificando factores y barreras interconectados. Resultados esperados: -Los estudiantes adquieren una comprensión más profunda de los desafíos y oportunidades de sostenibilidad dentro del sector náutico. -Los estudiantes pueden identificar y articular los impulsores y las barreras clave para la transición verde. -Mejora las habilidades de comunicación y trabajo en equipo a través del debate estructurado. -Mayor motivación para explorar soluciones sostenibles.

Unidad 5: Planificación profesional, oportunidades y desafíos/ Instrucciones para actividades.

Contenido	Actividad	Descripción
5.1.1 Panorama de la industria	2: Construcción naval sostenible en el mundo: un reto de investigación	Descripción: Los estudiantes trabajan en equipos para investigar cómo diferentes países abordan la construcción de embarcaciones sostenibles. Cada equipo elegirá o se le asignará un país y explorará sus prácticas, innovaciones, materiales, normativas y tendencias del sector relacionadas con la construcción de embarcaciones ecológicas. Los resultados se presentarán en formato visual u oral (póster, diapositivas, vídeo). Objetivos: -Promover la investigación y la capacidad analítica. -Profundizar en la comprensión de materiales y tecnologías sostenibles. -Destacar las perspectivas y diferencias globales en los desafíos ambientales marítimos. -Fomentar el trabajo en equipo y la gestión de proyectos. -Desarrollar habilidades de presentación y comunicación. Resultados esperados: -Los estudiantes describen prácticas de construcción naval sostenible en al menos un país. -Los estudiantes adquieren conciencia de las disparidades globales y el liderazgo en la sostenibilidad marítima. -Mejoras en la colaboración y habilidades organizativas. -Habilidades de presentación mejoradas. -Los estudiantes reflexionan sobre cómo las mejores prácticas globales pueden aplicarse localmente.

Unidad 5: Planificación profesional, oportunidades y desafíos/ Instrucciones para actividades.

Contenido	Actividad	Descripción
5.1.2 Trayectorias profesionales	1: Mapeo de trayectorias profesionales (trabajo en grupo)	Descripción: Los estudiantes reciben tarjetas con roles profesionales en la construcción de embarcaciones sostenibles. Deben colocarlas en una tabla relacionando cada rol con: -Habilidades técnicas requeridas -Habilidades blandas/transversales -Educación/formación recomendada -Entorno laboral típico (astillero, proveedor, consultoría, etc.)
5.1.2 Trayectorias profesionales	2: Crea tu perfil profesional	Descripción: Los estudiantes comprenden los diferentes perfiles profesionales en la construcción naval sostenible mediante el desarrollo de una personalidad completa. A cada grupo se le asigna un rol profesional, como: -Ingeniero naval (materiales sostenibles) -Técnico de fabricación de astilleros -Gerente de compras -Consultor ambiental -Diseñador de barcos eco-eficientes -Gerente de calidad y certificación -Formador de FP en construcción náutica sostenible Los estudiantes crean un personaje profesional, que incluye: -Nombre, edad, experiencia -Fondo -Motivaciones y desafíos -Habilidades técnicas -Habilidades blandas -Educación y formación -Ambiente de trabajo típico -Su contribución a la sostenibilidad Presentación: Los grupos realizan una presentación de 5 minutos mostrando cómo el personaje encaja en la cadena de valor de la construcción naval sostenible.

Unidad 5: Planificación profesional, oportunidades y desafíos/ Instrucciones para actividades.

Contenido	Actividad	Descripción
5.2.1 Habilidades clave	<i>Diseño de componentes ecológicos para yates con biocompuestos. Resumen de la actividad: Los equipos crean un diseño conceptual para un componente ecológico para el casco de un yate utilizando biocompuestos (fibra de lino, biorresina). Incluye la selección de materiales, el diseño CAD, los fundamentos del ACV, la minimización de residuos y el diseño del sistema de filtración.</i>	Grupo objetivo: Estudiantes vocacionales especializados en tecnología profunda y materiales sostenibles en la industria de los yates. Objetivos de aprendizaje: Comprenda cómo las habilidades técnicas se integran en el diseño de yates, aplique CAD, LCA y optimización de materiales, desarrolle conciencia de los desafíos de sostenibilidad, colabore en equipos para resolver problemas de diseño. Paso a paso: 1. Configuración del equipo y asignación de roles. 2. Informe del escenario. 3. Fase de diseño (selección de materiales, planificación CAD, revisión del ACV, minimización de residuos, sistema de filtración). 4. Presentación y discusión. Criterios de evaluación (opcional): Claridad, viabilidad, integración disciplinaria, creatividad, colaboración en equipo. Preguntas para debate: ¿Por qué biocompuestos? ¿Desafíos medioambientales en la producción tradicional de yates? ¿Papel del CAD y el LCA? ¿Consecuencias de sustituir materiales tradicionales?
5.2.2 Desarrollo profesional	<i>Planificación de carrera</i>	Descripción: Los estudiantes diseñan su hoja de ruta profesional para ingresar a la construcción naval sostenible. Utilizando un mapa de papel grande: -Pasos a corto plazo (habilidades, materias) -Objetivos a mediano plazo (prácticas, capacitaciones, certificaciones) -Visión a largo plazo (carreras específicas en yates verdes) Los estudiantes también identifican: Actores clave de la industria (empresas, ONG), eventos (ferias, talleres, conferencias), rutas de networking (LinkedIn, antiguos alumnos, mentores) Resultado: Los estudiantes presentan su hoja de ruta y reciben retroalimentación.

Unidad 5: Planificación profesional, oportunidades y desafíos/ Información ampliada.

Tema para ampliación de información	Enlace de referencia	Resumen del contenido de referencia
Pacto Verde Europeo, Paquete apto para 55 Reglamento sobre el traslado de residuos (UE) Fondos NextGenEU 3 países (Francia, Alemania, Países Bajos) liderando el camino Obstáculos actuales hacia la sostenibilidad detallados El artículo de Ocean Race es una descripción más general de los obstáculos y el camino a seguir. Entrevista sobre la transición verde en el sector: caso práctico de Benetau Estudio de caso del vídeo de Benetauin	https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es https://www.consilium.europa.eu/es/policies/fit-for-55/ https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/waste-shipments_es https://next-generation-eu.europa.eu/index_es https://www.yacht.de/en/shipyards/boatbuilding-ecolution-these-shipyards-are-working-on-sustainable-concepts/ https://teconaut.eu/es/downloads/ (Nuevo documento sobre habilidades tecnológicas profundas) https://www.theoceanrace.com/es/carreras-con-propósito/deportes-sostenibles-e-innovación/construcción-sostenible-de-barcos https://no-frills-sailing.com/sostenibilidad-construcción-naval-beneteau-erwan-faoucher-entrevista/ https://www.youtube.com/watch?v=ynGKEYIYXQo	Sitio web oficial de la UE para el Pacto Verde Europeo, el paquete Fit for 55 y el reglamento de transporte de residuos, con los puntos clave, objetivos y metas en diferentes idiomas. Información detallada sobre los fondos NextGenEU Presentamos tres casos de estudio exitosos que están implementando materiales y prácticas sustentables, y compartimos conocimientos y experiencias. Las tres empresas son: Beneteau, The Ecoracer de Eco Yachts, Windelo, Bestevaer y Vaan. Investigación detallada sobre materiales de tecnología profunda, su aplicación, habilidades y conocimientos requeridos, obstáculos y proyección recopilada a partir de una serie de entrevistas a gran escala realizadas con más de 120 expertos. The Ocean Race ha realizado cuatro talleres de innovación en construcción de embarcaciones sostenibles desde 2017, uniendo a líderes de la industria y equipos de carreras para co-crear una ambiciosa hoja de ruta para 2030 centrada en materiales, reducción de desechos, eficiencia energética y facilitadores como regulaciones y análisis del ciclo de vida para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 50%. Estos talleres han dado como resultado una Hoja de Ruta Industrial detallada para 2030, además de pautas prácticas e informes que destacan los pasos inmediatos que los constructores de barcos pueden tomar ahora para acelerar la transición hacia un futuro más sostenible. Se presenta un estudio de caso donde Beneteau está realizando importantes esfuerzos de sostenibilidad basados en la tecnología: desarrollando ecorresinas como Elium®, aumentando el uso de fibras naturales, implementando propulsión eléctrica/híbrida e implementando programas de análisis del ciclo de vida y reciclaje, al tiempo que equilibra la innovación con la preparación del cliente y los costos. + entrevista en video

Unidad 5: Planificación profesional, oportunidades y desafíos/ Información ampliada.

Tema para ampliación de información	Enlace de referencia	Resumen del contenido de referencia
Empleos en astilleros y construcción naval (en general)	https://www.marineinsight.com/careers-2/different-jobs-in-a-shipyard-shipbuilding-industry/ https://no-frills-sailing.com/sustainability-boatbuilding-beneteau-erwan-faoucher-interview/	Presentación de puestos de trabajo y empleos comunes en el sector de la construcción naval, como soldadores, fabricantes, fontaneros, electricistas, carpinteros, aparejadores, controladores de calidad, etc...
Construcción de barcos de madera en vídeo Nuevas tecnologías en la construcción naval tradicional Cómo construir un bote tradicional de madera - vídeo Construcción sostenible de veleros - vídeo	https://www.youtube.com/watch?v=cXkBA-h0IU https://www.youtube.com/watch?v=YbpcJiikP44 https://www.youtube.com/watch?v=xiE0n9lhk4g https://www.youtube.com/watch?v=De8E4YS6nNM	Vídeos cortos que presentan los procesos tradicionales de construcción de embarcaciones y las habilidades y competencias necesarias para trabajar la madera y preparar un bote o velero.

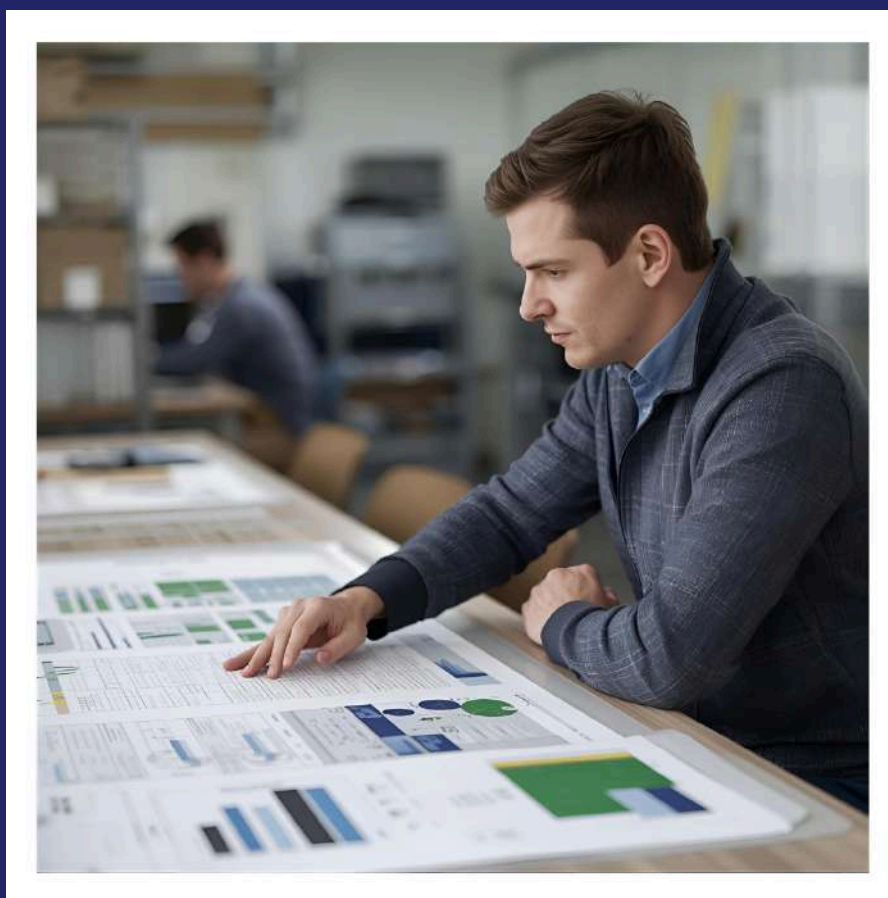
Unidad 5: Planificación profesional, oportunidades y desafíos/ Información ampliada.

Tema para ampliación de información	Enlace de referencia	Resumen del contenido de referencia
Habilidades relevantes necesarias en el sector, status quo del currículo y mejoras necesarias Presentación en vídeo sobre cómo construir una carrera Lista de eventos internacionales y del Reino Unido para constructores de barcos, astilleros y también excelentes ocasiones para establecer contactos. Consejos sobre cómo hacer networking Grupo de LinkedIn de Metstrade Young Professionals Oportunidades de networking, preparación para eventos internacionales, casos de éxito	https://teconaut.eu/es/descargas/ https://www.youtube.com/watch?v=g34Vk5ehGHY https://marineindustrynews.co.uk/eventos-de-la-industria-marina/ https://www.youtube.com/watch?v=OVf5c7NthSw https://www.linkedin.com/groups/12717817/ https://fastercapital.com/content/Evento-de-networking-en-navegación-y-yate-Navegando-hacia-el-éxito--Cómo-los-eventos-de-networking-en-navegación-y-yate-pueden-impulsar-su-carrera.html	Informe de investigación sobre evaluación curricular, directrices para la identificación y evaluación de habilidades, nuevo conjunto de habilidades tecnológicas profundas Trabajos en construcción de embarcaciones, entrevistas a expertos y estudios de casos presentados. Amplia lista de ferias, exposiciones y salones náuticos del Reino Unido e internacionales para buscar trabajo, establecer contactos y aprender sobre innovación y sostenibilidad. Consejos de profesionales sobre cómo dominar el networking y lograr un impacto duradero. Grupo privado en LinkedIn para jóvenes profesionales de la construcción naval o trabajadores del sector para intercambiar, aprender y hacer networking. Importancia del networking principalmente en el sector de construcción naval, cuáles son los beneficios, casos de éxito, cómo prepararse para el comercio internacional de barcos y tendencias e innovaciones a tener en cuenta.



4

Guía de formación



Co-funded by
the European Union

ERASMUS-EDU-2023-PI-ALL-INNO

4. Guía de formación

Esta sección proporciona orientación práctica y centrada en la aplicación para los capacitadores que imparten el curso TEcoNaut.

El objetivo es apoyarles en:

- Aplicar los métodos de enseñanza y aprendizaje recomendados
- Adaptar los enfoques instruccionales a diferentes contextos educativos u operativos
- Facilitar experiencias de aprendizaje interactivas y efectivas
- Garantizar que los resultados de aprendizaje previstos, en particular los relacionados con la construcción naval sostenible, se logren de manera consistente en todos los entornos de capacitación.

Las Secciones 4.1 y 4.2 presentan el enfoque de la formación y la orientación para formadores. La Sección 4.1 ofrece una visión general de los métodos de enseñanza seleccionados y complementarios, mientras que la Sección 4.2 ofrece consejos prácticos para facilitar una impartición eficaz, centrada en el alumno y basada en competencias del curso TEcoNaut. Gracias a esta orientación, los formadores están capacitados para ofrecer una formación de alta calidad que refleja el énfasis del programa en la innovación, la sostenibilidad y el desarrollo de competencias prácticas.

4.1 Enfoque y orientación de la formación

Orientación para formadores

Al preparar e impartir lecciones, los capacitadores deben:

Seleccionar los métodos de enseñanza apropiados de la Sección 4.1, considerando los resultados de aprendizaje previstos descritos en las tablas de cada Unidad en la Sección 3, los recursos disponibles y la experiencia previa del alumno.

Equilibrar la teoría y la práctica para garantizar que cada concepto se explique y se aplique, de modo que los estudiantes adquieran una comprensión práctica.

Facilitar la retroalimentación y la reflexión después de cada sesión para consolidar el aprendizaje y fomentar la autoevaluación.

Adapte los métodos al formato de entrega (presencial, en línea o híbrido) manteniendo la inclusión y la participación (consulte la Sección 4.1: “Sintetización de métodos” para obtener orientación detallada).

Descripción general de los métodos seleccionados

TEcoNaut emplea una combinación de cinco enfoques didácticos complementarios, que constituyen la columna vertebral pedagógica del programa. Estos métodos están diseñados para garantizar que la formación sea interactiva, esté orientada a las competencias y se ajuste a la realidad laboral:

Aprendizaje práctico: participación activa a través de ejercicios prácticos que permiten a los estudiantes realizar tareas reales o simuladas y aplicar directamente los conceptos enseñados.

1. Aprendizaje en el aula: sesiones estructuradas dirigidas por el instructor que presentan fundamentos teóricos y crean oportunidades para una discusión guiada.
2. Capacitación en línea: actividades basadas en la Web o a su propio ritmo que ofrecen flexibilidad y acceso a materiales de aprendizaje digitales.
3. Aprendizaje Experiencial – Aprendizaje a través de la reflexión sobre experiencias personales o colectivas, vinculando situaciones de la vida real con nuevos conocimientos.
4. Aprendizaje basado en proyectos: investigación en equipo de problemas auténticos que requieren combinar teoría y práctica para producir resultados tangibles.

En conjunto, estos enfoques permiten a los capacitadores ofrecer experiencias de aprendizaje atractivas y efectivas, promoviendo el desarrollo de competencias técnicas y relacionadas con la sostenibilidad que son fundamentales para el sector de la construcción naval.

Métodos adicionales y complementarios

Los capacitadores pueden integrar de manera flexible los siguientes enfoques para abordar diferentes objetivos de aprendizaje, perfiles de participantes o modos de entrega:

Aprendizaje híbrido, que combina la enseñanza en línea y en persona para equilibrar la flexibilidad y la interacción.

Talleres centrados en la práctica, entre pares, en grupos pequeños.

Discusiones grupales y aprendizaje colaborativo, fomentando el trabajo en equipo y la resolución compartida de problemas.

Instrucción directa, breves aportaciones teóricas o demostraciones utilizadas antes de las sesiones prácticas.

Enfoque de clase invertida, que asigna un estudio autopreparatorio para que el tiempo de clase se utilice para la aplicación.

Aprendizaje basado en juegos, integrando elementos lúdicos o competitivos para potenciar la motivación.

Aprendizaje basado en escenarios y simulación/juegos de roles que permiten a los estudiantes experimentar de forma segura con casos realistas.

Aprendizaje basado en problemas (PBL), donde los estudiantes trabajan en colaboración para resolver desafíos abiertos del mundo real guiados por el capacitador.

Estos métodos adicionales proporcionan al profesorado herramientas flexibles para adaptar el curso a diferentes contextos, mejorando la participación del alumnado y la eficacia de la formación impartida.

Combinación de métodos formativos

Los métodos de formación pueden combinarse estratégicamente para mejorar los resultados de aprendizaje. Por ejemplo:

- Rotación de puestos y formación cruzada (Job Rotation and Cross-Training): permiten exponer al alumnado a diferentes funciones, ampliando su experiencia práctica.
- Proyectos colaborativos con sesiones de resolución de problemas: combinan el trabajo en equipo con la innovación, fomentando la aplicación del conocimiento a desafíos del mundo real.

Se anima al profesorado a aplicar combinaciones similares de métodos para reforzar la conexión entre la comprensión teórica y el desempeño práctico, adaptando los enfoques a las necesidades específicas del alumnado y al contexto formativo.



4.2 Consejos prácticos para formadores

Esta subsección ofrece recomendaciones prácticas para ayudar a los capacitadores a planificar e impartir sesiones de TEcoNaut de forma eficaz. Su objetivo es promover una instrucción de alta calidad, fortalecer la participación del alumnado y promover la implementación consistente del curso de capacitación.

Antes de la sesión – Preparación

- Defina claramente los resultados del aprendizaje. Determine qué deberían ser capaces de hacer los participantes al final de la lección, en lugar de centrarse únicamente en los conocimientos teóricos.
- Prepare los materiales con antelación. Compruebe que las herramientas, las muestras y los archivos digitales funcionen y estén disponibles.
- Organice el entorno de aprendizaje. Disponga los asientos y el equipo para fomentar la participación y garantizar la seguridad.
- Seleccione y combine métodos deliberadamente. Planifique qué enfoques de la Sección 4.1 contribuirán mejor a los resultados previstos.
- Crea un ambiente positivo. Comienza con una breve introducción o pregunta que vincule el tema con situaciones laborales reales.



Durante la sesión – Entrega

- Fomente la participación activa. Utilice preguntas, debates breves y tareas prácticas para mantener el interés de los alumnos.
- Distribuya la responsabilidad. Invite a los participantes a demostrar procedimientos o resumir puntos clave.
- Alternar teoría y práctica. Ofrecer explicaciones concisas seguidas de actividades interactivas o experienciales.
- Utilice recursos visuales y tangibles. Demuestre con ejemplos físicos, diagramas o videos cortos para facilitar la comprensión.
- Estimular la creatividad. En actividades basadas en proyectos o problemas, recompensar las soluciones innovadoras y la colaboración.

Después de la sesión: reflexión y seguimiento

- Realice una breve sesión informativa. Analice lo aprendido por los participantes y cómo pueden aplicarlo en su trabajo.
- Recopile retroalimentación rápida. Utilice evaluaciones breves, escritas o verbales, para identificar fortalezas y áreas de mejora.
- Resuma y conecte. Revise las conclusiones principales y destaque los enlaces a los próximos módulos.
- Registre ejemplos prácticos. Guarde fotos o notas de actividades que puedan reutilizarse o compartirse en sesiones posteriores.

Entrega digital e híbrida

- Pruebe la tecnología con antelación. Confirme que las herramientas de audio, video y presentación funcionen correctamente. Consulte la Sección 8, "Equipo de capacitación".
- Mantenga la interacción. Alterne presentaciones breves con actividades para los participantes para evitar la fatiga visual.
- Fomenta la colaboración en línea. Utiliza ejercicios grupales o documentos compartidos para promover el trabajo en equipo.
- Ofrezca recursos a su propio ritmo. Ofrezca grabaciones o materiales digitales a los estudiantes que necesiten repaso adicional.



Enseñanza sostenible e inclusiva

Modelar la sostenibilidad. Reutilizar los materiales de demostración y minimizar la entrega de material impreso mediante alternativas digitales.

Garantizar la accesibilidad. Adaptar las explicaciones y el ritmo para adaptarse a los distintos niveles de experiencia.

Fomente la participación respetuosa. Cree un ambiente donde todos los estudiantes se sientan cómodos contribuyendo.

Resalte la relevancia. Utilice ejemplos de diferentes sectores marítimos para conectar con estudiantes de distintos orígenes.

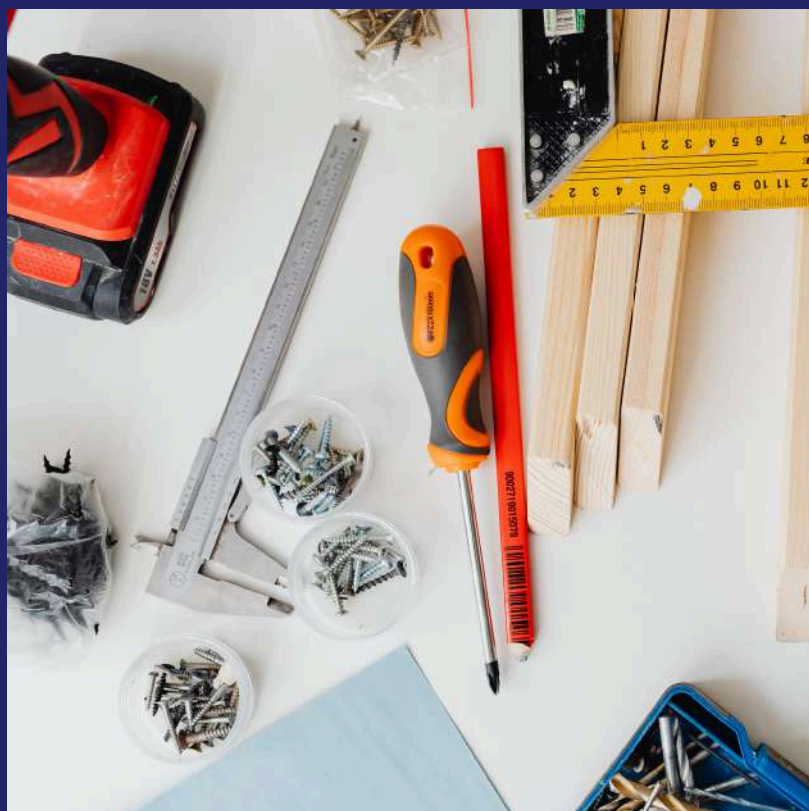


Estas recomendaciones sirven como una lista de verificación flexible, no como un procedimiento fijo. Se anima a los docentes/formadores a adaptarlas al entorno de aprendizaje específico, los recursos disponibles y las necesidades de los participantes, garantizando que cada sesión de TEcoNaut sea experiencial, inclusiva y esté alineada con prácticas sostenibles.



5

Lista de Materiales y Equipos



5. Lista de Materiales y Equipo

Una enseñanza eficaz en los centros de formación profesional se basa en equipos de formación práctica bien seleccionados que permitan a los alumnos ver, tocar, comparar y aplicar materiales y procesos utilizados en entornos de producción reales. El equipo descrito en esta sección fomenta un enfoque práctico, ayudando a los alumnos a comprender las propiedades, aplicaciones y desafíos de procesamiento de los materiales compuestos sostenibles. Mediante la combinación de muestras físicas, recursos visuales, hojas de trabajo y herramientas prácticas guiadas, los formadores pueden conectar la teoría con la práctica y preparar a los alumnos para las tareas de construcción naval sostenible.

Unidad 2 - Materiales sostenibles, propiedades y rendimiento

Subtema 2.1.1: Propiedades de los materiales: Características y aplicaciones

El equipo de capacitación para este tema se centra en que los alumnos puedan comparar y comprender los diferentes materiales de refuerzo que se utilizan habitualmente en compuestos sostenibles. Se recomienda disponer de muestras de materiales como lino, basalto, PET reciclado (rPET) y fibra de vidrio en trozos pequeños y manejables para que los alumnos puedan examinar la textura, la flexibilidad, la estructura de la fibra y el aspecto de la superficie.

Las tablas o folletos comparativos de propiedades facilitan el aprendizaje estructurado al resumir visualmente características clave como rigidez, peso, comportamiento ante la humedad, reciclabilidad y casos de uso típicos. Se pueden usar presentaciones de PowerPoint o pizarras para explicar conceptos como la resistencia a la tracción o la orientación de las fibras, mientras que las imágenes de componentes reales de embarcaciones ayudan a los alumnos a conectar las propiedades abstractas de los materiales con **aplicaciones prácticas en cascos, cubiertas, interiores o estructuras secundarias**.

Lista de material y equipo esencial

- Muestras de materiales (por ejemplo, lino, basalto, rPET, fibra de vidrio)
- Cuadros o folletos comparativos de propiedades
- Visualizaciones de PowerPoint o pizarra
- Imágenes de aplicación de componentes reales de embarcaciones.

Imágenes indicativas del material y equipo requerido



Roca volcánica – polvo de basalto



Pellet volcánico

Subtema 2.2.1: Categorías de materias primas: fibras naturales, fibras recicladas, basalto, celulosa regenerada

Para este tema, las tarjetas de muestra de fibra o los paquetes pequeños claramente etiquetados permiten a los alumnos distinguir entre las diferentes categorías de materias primas. Las etiquetas deben incluir el tipo de fibra e información básica sobre sostenibilidad. Una tabla comparativa de fibras técnicas y no técnicas ayuda a los alumnos a visualizar los rangos de rendimiento y sus limitaciones.

Las fichas técnicas breves de fibras proporcionan información de referencia rápida, mientras que una ficha de trabajo o un ejercicio de copiar y pegar enriquece el aprendizaje al pedir a los estudiantes que relacionen los tipos de fibra con sus propiedades o aplicaciones. Las imágenes que muestran el uso de estas fibras en componentes de construcción naval subrayan aún más su relevancia en la producción moderna y sostenible.

Lista de material y equipo imprescindible:

- Tarjetas o paquetes de muestras de fibra etiquetadas.
- Cuadro comparativo (fibras técnicas vs. no técnicas)
- Fichas técnicas de fibra (breves y visuales)
- Hoja de trabajo de correspondencia o ejercicio de cortar y pegar
- Imágenes de aplicaciones de fibra en embarcaciones.

Imagen indicativa del material y equipo necesario



Fibras volcánicas (picadas)



fibras volcánicas

Subtema 2.2.2: Textiles: Arquitecturas textiles en materiales compuestos

La enseñanza de la arquitectura textil requiere herramientas de entrenamiento visual. Muestras de textiles tejidos, no tejidos y unidireccionales (UD) permiten a los estudiantes explorar físicamente las diferencias en la estructura y el comportamiento de manipulación. Las flechas de dirección de las fibras, aplicadas directamente a las muestras o mostradas en diagramas, ayudan a explicar las trayectorias de carga y el rendimiento estructural.

Una pequeña pieza de maqueta, como una figura de espuma, permite a los alumnos practicar el drapeado de textiles y observar el comportamiento de diferentes arquitecturas en superficies curvas. Las hojas de trabajo con tareas de correspondencia entre textiles y aplicaciones fomentan la reflexión y ayudan a los alumnos a relacionar la elección de los textiles con las necesidades reales de la construcción naval.

Lista de material y equipo imprescindible:

- Muestras textiles (tejidos, no tejidos, UD)
- Flechas de dirección de la fibra (en muestras o diagramas)
- Pieza del modelo sobre la que se colocará la tela (por ejemplo, una pequeña figura de espuma)
- Hoja de trabajo con tarea de correspondencia de textil y aplicación.

Imagen indicativa del material y equipo necesario

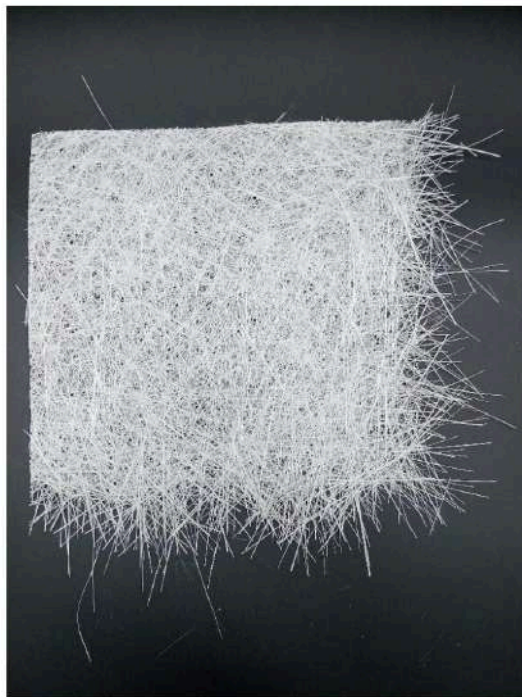


Tejido biaxial de fibra de vidrio



Tejido triaxial de fibra de vidrio

Imagen indicativa del material y equipo necesario



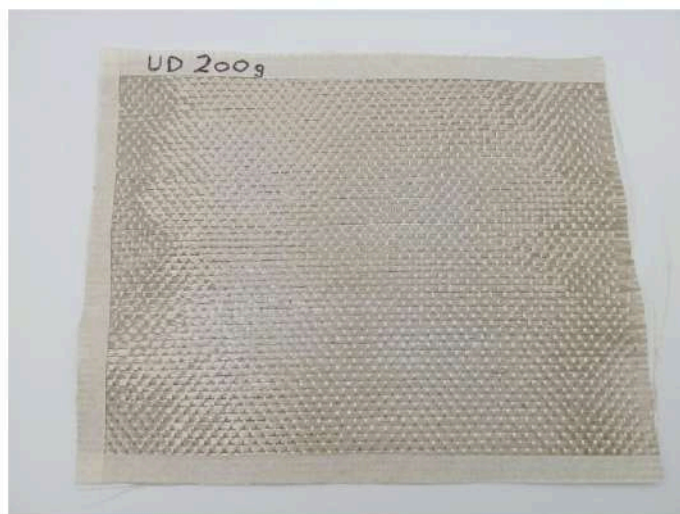
Filtro/mat de fibra de vidrio



Tejido biaxial volcánico



Tejido triaxial volcánico



Fibra volcánica unidireccional

Subtema 2.2.5: Núcleos sándwich sostenibles: madera de balsa, corcho, PET reciclado, madera, papel nido de abeja

Este tema se beneficia enormemente de muestras físicas de material del núcleo. Pequeños bloques o recortes de balsa, corcho, espuma de PET reciclada, madera y panal de papel permiten a los estudiantes comparar el peso, la rigidez, la textura superficial y la estructura interna. Una simple hoja de datos o tabla resumen resume propiedades clave como la densidad, la resistencia a la compresión y aspectos de sostenibilidad.

Se puede usar una báscula opcional para demostrar las diferencias de densidad, mientras que las herramientas de corte seguras permiten a los alumnos sentir la resistencia y la estructura interna bajo supervisión. Un folleto con una matriz de selección de materiales para núcleos facilita la toma de decisiones, donde los alumnos eligen los núcleos adecuados para cada componente de la embarcación.

Lista de material y equipo imprescindible:

- Bloques de muestra o recortes de materiales de núcleo (balsa, corcho, espuma rPET, etc.)
- Hoja de datos simple/tabla de descripción general
- Báscula (opcional)
- Cuchillo o herramienta de corte para sentir (si es seguro)
- Material de apoyo: Matriz de selección de material básico.

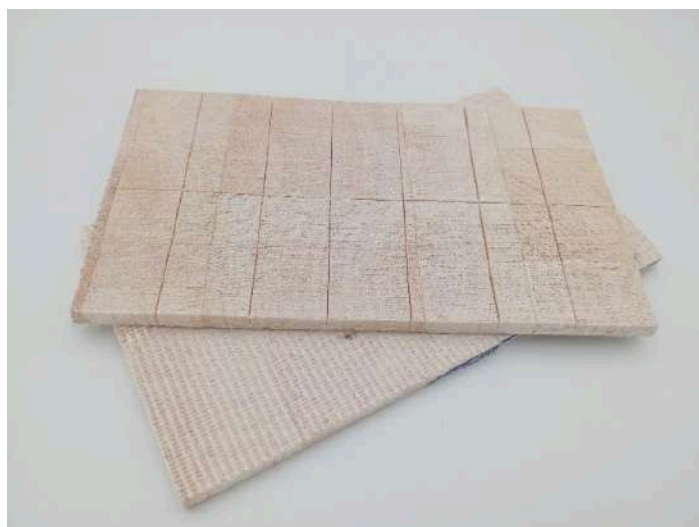
Imagen indicativa del material y equipo necesario



Núcleo de espuma ranurada



Núcleo fde espuma rígida



Núcleo de balsa

Unidad 3 - Técnicas de aplicación en trabajos de fabricación y reparación

Subtema 3.1.1: Herramientas, equipos, preparación de superficies

Este tema presenta a los estudiantes las herramientas, el equipo y los pasos preparatorios necesarios antes de comenzar cualquier trabajo de laminado o reparación de materiales compuestos. Se deben proporcionar herramientas manuales de muestra, como tijeras, rodillos y almohadillas de lijado, para una familiarización práctica. Las muestras de superficie preparadas a partir de diferentes materiales (p. ej., laminados curados, superficies de gelcoat o materiales de núcleo) son esenciales para practicar las tareas de preparación. Se utiliza acetona o un sustituto apropiado y más seguro para demostrar la limpieza de la superficie y la eliminación de la contaminación. El equipo de seguridad, como guantes, gafas protectoras y mascarillas, debe estar disponible y usarse de manera constante durante todas las actividades de preparación. Esto refuerza las prácticas de trabajo seguras y destaca los riesgos para la salud y el medio ambiente asociados con el polvo, los disolventes y las fibras. Una lista de verificación impresa que describe los pasos de preparación de la superficie proporciona una guía estructurada, ayudando a los estudiantes a internalizar las secuencias correctas, los controles de calidad y las medidas de seguridad.

Lista de material y equipo imprescindible:

- Herramientas de muestra: tijeras, rodillos, almohadillas de lijado, acetona o sustituto
- Muestras de superficie para tareas de preparación
- Equipo de seguridad (guantes, gafas, mascarillas)
- Lista de verificación impresa para los pasos de preparación de la superficie.

Imagen indicativa del material y equipo necesario



Espátulas



Papel de lija para lijar cubiertas (varios granos)



Papel de lija (varios granos)

Subtema 3.1.3: Técnicas de laminación: Aplicación de resinas de base biológica con fibras naturales

Los ejercicios prácticos de laminación requieren equipos de taller realistas. Los tejidos de fibras naturales, como las fibras de lino, combinados con resinas de origen biológico permiten a los alumnos centrarse en el procesamiento correcto en lugar de en errores de preparación del material. Pinceles, rodillos y herramientas de mezcla facilitan la aplicación práctica, mientras que un molde o una placa de acero proporcionan una superficie de laminación controlada.

El equipo de protección refuerza las prácticas laborales seguras. Una lista de verificación con instrucciones de laminado guía a los alumnos paso a paso a través del proceso, ayudándoles a desarrollar técnicas consistentes y repetibles, alineadas con los estándares de la industria.

Lista de material y equipo imprescindible:

- Tejidos de fibras naturales (lino, fibras técnicas)
- Bioresina (premedida).
- Pinceles, rodillos, herramientas de mezcla
- Molde o placa de acero
- Equipo de protección
- Lista de verificación de instrucciones de laminación.

Imagen indicativa del material y equipo necesario



Cepillar



Rodillo



Rodillo de consolidación



Recipiente de mezclado



Mezcladores

Subtema 3.1.4: Desafíos: Dificultades de procesamiento y optimización de materiales sostenibles

Para ilustrar los desafíos del procesamiento, los alumnos deben trabajar con materiales como sarga de lino y sarga de fibra de vidrio de peso similar, junto con resinas epoxi de origen biológico y estándar. Esta configuración permite comparar directamente el comportamiento de manipulación, las características de impregnación y la calidad de la superficie.

Los paneles o moldes de laminación sirven de apoyo para ensayos prácticos, mientras que un kit de demostración de infusión al vacío, operado por el instructor, muestra métodos de procesamiento más avanzados. Las imágenes de muestra de defectos (p. ej., puntos secos, distorsión de las fibras, zonas con alto contenido de resina) ayudan a los alumnos a identificar problemas comunes. Una hoja de trabajo de inspección y reflexión fomenta el análisis y el debate sobre cómo optimizar el uso sostenible de los materiales.

Lista de material y equipo imprescindible:

- Tejido de lino (sarga), fibra de vidrio (sarga), peso similar
- Resinas epoxi estándar y de base biológica
- Herramientas de mezcla, pinceles, rodillos
- Tableros o moldes laminados
- Kit de demostración de infusión al vacío (uso del formador)
- Imágenes de muestra de defectos para comparación
- Hoja de trabajo de inspección y reflexión para estudiantes.

Imagen indicativa del material y equipo necesario



Resina de poliéster (estándar)



Pinceles



Rodillos



Recipiente de mezclado



Mezclador



Bomba de vacío



Peel ply



Bolsa de vacio



Masilla de cierre



Consumibles para vacio



Trampa de resina

Subtema 3.2.2: Técnicas de reparación: Métodos de reparación estandarizados para compuestos sostenibles

El entrenamiento en reparación requiere escenarios de daños realistas. Una placa laminada dañada sirve como base para ejercicios de reparación con tejidos de fibra natural o volcánica y biorresinas. Las brochas, rodillos y herramientas de mezcla facilitan una aplicación controlada, mientras que los equipos de lijado y pulido permiten a los alumnos preparar correctamente las zonas a reparar.

El equipo de protección es esencial para reforzar las normas de seguridad. Una lista de verificación de instrucciones de laminado garantiza que las reparaciones sigan un método estructurado y estandarizado, lo que ayuda a los alumnos a comprender los requisitos de calidad en la reparación sostenible de materiales compuestos.

Lista de material y equipo imprescindible:

- Tejido de fibras naturales (fibras volcánicas)
- Bioresina (premedida)
- Pinceles, rodillos, herramientas de mezcla
- Placa laminada dañada
- Equipos de lijado y pulido (papel, amoladora, etc.)
- Equipo de protección
- Lista de verificación de instrucciones de laminación.

Imagen indicativa del material y equipo necesario



Pinceles



Rodillo



Bote de mezcla



Mezclador



Papel de lija para lijar cubiertas (varios granos)



Papel de lija (varios granos)



Presentaciones de apoyo:

- **Videos de los talleres prácticos de observación profesional**
- **Presentación sobre materiales Deep Tech**
- **Presentación sobre las propiedades mecánicas de los materiales**





Videos de los talleres prácticos de observación profesional



Co-funded by
the European Union

ERASMUS-EDU-2023-PI-ALL-INNO

Los siguientes vídeos han sido elaborados en el marco del proyecto europeo TEcoNaut. Concretamente, el material fue grabado durante los talleres de observación profesional (skills shadowing workshops) realizados en el astillero Astondoa, así como en las instalaciones de Innovation Yachts y Green Boats.

El material abarca todo el proceso productivo, desde las materias primas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente hasta la aplicación práctica de técnicas especializadas de fabricación, como la infusión de resina al vacío (vacuum resin infusion).

Video 1: Fabricación de materiales compuestos utilizando fibras recicladas y técnicas de vacío.

<https://www.youtube.com/watch?v=CxCg8OJMKFI>



Copyright © ASTONDOA

¿Qué incluye el vídeo?

El vídeo muestra la aplicación práctica de materiales sostenibles en la fabricación de paneles de materiales compuestos (laminados). Comienza con una formación teórica sobre las fibras de carbono recicladas y continúa con su aplicación práctica, abarcando todo el proceso de **infusión de resina al vacío (vacuum resin infusion)**.

Para la primera probeta se utilizan **resina termoplástica y fibras de carbono recicladas**. El vídeo incluye etapas críticas del proceso, como la comprobación de fugas de la bolsa de vacío y el ensayo de resistencia del panel final frente a la acetona.

En la segunda probeta se fabrica un panel compuesto utilizando **resina bioepoxi, corcho y fibras de lino**. Este material resulta especialmente útil para mostrar la transición entre la teoría y la producción, así como para comparar distintos sistemas de infusión en condiciones reales de fabricación.

Video 2: Técnicas de infusión de resina al vacío sobre molde utilizando fibras naturales y núcleo de madera de balsa.

<https://www.youtube.com/watch?v=qMBLFOvja0M>



Copyright © INNOVATION YACHTS

¿Qué incluye el vídeo?

El vídeo presenta una guía detallada, paso a paso, del proceso de laminación utilizado en la construcción de embarcaciones.

El proceso comienza con el **corte de las capas de refuerzo y la preparación de la superficie del molde**, que ya dispone de una capa de **gelcoat**. A continuación, se aplica la primera capa de resina, prestando especial atención a las esquinas y zonas de difícil acceso, seguida de la colocación progresiva de tres capas de fibra.

Una parte importante del vídeo está dedicada a la **preparación, conformado y colocación del núcleo de madera de balsa** en las zonas correspondientes del laminado.

El proceso finaliza con la preparación del sistema de vacío, utilizando materiales auxiliares como **tejido pelable (peel ply)**, **film desmoldeante (release film)**, **manta drenante (draining fleece)** y **bolsa de vacío (vacuum bag)**. La última fase incluye la inspección del sistema y el sellado de posibles fugas para garantizar una correcta infusión y consolidación del laminado.

Video 3: Innovación y sostenibilidad en la construcción naval: materiales y aplicaciones

<https://www.youtube.com/watch?v=6fjG-WgYl6Y>



Copyright © INNOVATION YACHTS

¿Qué incluye el vídeo?

Este vídeo incluye una explicación sobre el uso de materiales basados en **poliéster y resinas epoxi**, analizando las ventajas y limitaciones de cada alternativa.

Asimismo, se presentan muestras de diversos **materiales de origen biológico (bio-based)** y se muestra la aplicación práctica de la técnica de **laminación manual (hand lay-up)** sobre una sección real de una embarcación.

Durante el proceso se utilizan herramientas específicas para la laminación manual, así como **tijeras especializadas para el corte de fibras y tejidos de refuerzo**. También se muestran las operaciones de preparación del sistema de vacío necesarias para el proceso de fabricación.

El vídeo concluye con el **desmoldeo satisfactorio de la pieza final**, permitiendo observar el resultado obtenido y la calidad del acabado tras el proceso de fabricación.

Video 4: Fibras naturales de lino en la construcción sostenible de embarcaciones de recreo <https://teconaut.eu/en/downloads/skills-shadowing-videos/>



Copyright © GREENBOATS

¿Qué incluye el vídeo?

El vídeo se centra en el uso de las **fibras de lino** como alternativa sostenible a los materiales de refuerzo tradicionales empleados en la fabricación de materiales compuestos.

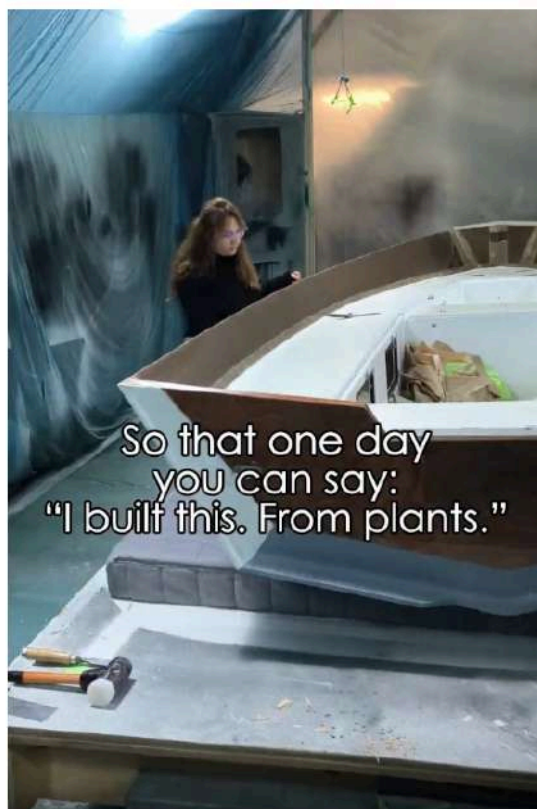
Se presentan las principales ventajas de este material, como su **baja huella de CO₂** y sus **excelentes propiedades mecánicas**, acompañadas de una comparación con las fibras de vidrio y de carbono.

El contenido incluye una explicación del proceso de **cultivo, tratamiento y transformación del lino** hasta su conversión en tejidos técnicos utilizados como material de refuerzo.

En la parte práctica se muestra su aplicación en **estructuras tipo sándwich**, así como su compatibilidad con **resinas de origen biológico (bio-resinas)**. Además, se destaca su potencial para favorecer el reciclaje y la reducción de residuos en el sector de la construcción y reparación de embarcaciones de recreo.

Video 5: Visita y presentación de materiales sostenibles en un astillero de construcción de embarcaciones

<https://teconaut.eu/en/downloads/skills-shadowing-videos/>



Copyright © GREENBOATS

¿Qué incluye el vídeo?

El vídeo documenta una visita a un taller real, centrándose en la observación directa de los materiales y equipos utilizados en la fabricación de embarcaciones sostenibles. Mediante tomas de detalle se muestran rollos de **fibras naturales** almacenados en estanterías, así como un **material de núcleo (core material)** que ya ha sido procesado mediante técnicas de vacío. El alumnado puede observar también el proceso de aplicación de la **cinta selladora** (Tacky Tape) sobre el molde, una operación fundamental para la preparación de la bolsa de vacío y la correcta estanqueidad del sistema. Además, se presenta el resultado final de una embarcación en construcción, permitiendo apreciar la textura y el acabado superficial de las fibras naturales una vez finalizado el proceso de laminación.

Video 6: Ampliación de competencias técnicas en construcción naval mediante la aplicación de materiales sostenibles en la fabricación de vehículos

<https://teconaut.eu/en/downloads/skills-shadowing-videos/>



Copyright © GREENBOATS

¿Qué incluye el vídeo?

El vídeo muestra cómo los conocimientos y competencias relacionados con las **fibras naturales** y **los materiales compuestos** pueden transferirse desde el ámbito de la construcción naval a otros sectores industriales.

En concreto, se centra en el uso de **estructuras ligeras** para la fabricación de cabinas y el acondicionamiento interior de **vehículos vivienda (campervans)** y autocaravanas.

El alumnado puede observar la aplicación práctica de paneles compuestos en elementos de diseño interior, revestimiento y aislamiento, comprobando cómo las técnicas empleadas en la construcción de embarcaciones resultan igualmente válidas en otros ámbitos de fabricación avanzada.

El vídeo pone de manifiesto que las competencias relacionadas con la manipulación y transformación de materiales compuestos ofrecen soluciones para cualquier sector que requiera **durabilidad, bajo peso y procesos de construcción sostenibles**.

Video 7: Guía de siete pasos para la infusión de resina al vacío

<https://teconaut.eu/en/downloads/skills-shadowing-videos/>



Copyright © GREENBOATS

¿Qué incluye el vídeo?

El proceso de **infusión de resina al vacío (vacuum resin infusion)** se presenta de forma estructurada en **siete etapas**, utilizando **fibras de lino** como material de refuerzo.

Durante el proceso se emplean herramientas de corte para la preparación de los tejidos, así como **cinta selladora (sealant tape)** y **mangueras flexibles específicas para vacío e infusión**, destinadas al transporte de la resina y a la conexión con la bomba de vacío.

El vídeo muestra el uso de un **vacuómetro (vacuum gauge)** para detectar posibles fugas y controlar el nivel de vacío durante toda la operación de infusión. Asimismo, se presentan recipientes para la mezcla de resinas y **pinzas de cierre para mangueras (hose clamps)**, utilizadas para regular y controlar el flujo de resina dentro del sistema.

La fase final incluye la inspección de una **probeta plana laminada**, permitiendo evaluar el resultado obtenido y verificar la correcta ejecución del proceso de fabricación.



Presentación sobre materiales Deep Tech



Co-funded by
the European Union

ERASMUS-EDU-2023-PI-ALL-INNO




Co-funded by the European Union

An Overview of the Deep Tech Materials Landscape

Artur Karczewski, PhD, Eng.
Gdańsk University of Technology
Gdańsk, Poland





Co-funded by the European Union

Presentation overview

- Deep Tech Materials definition?
- Why is there a need to use deep-tech materials?
- Deep Tech materials overview
- Group work and discussion



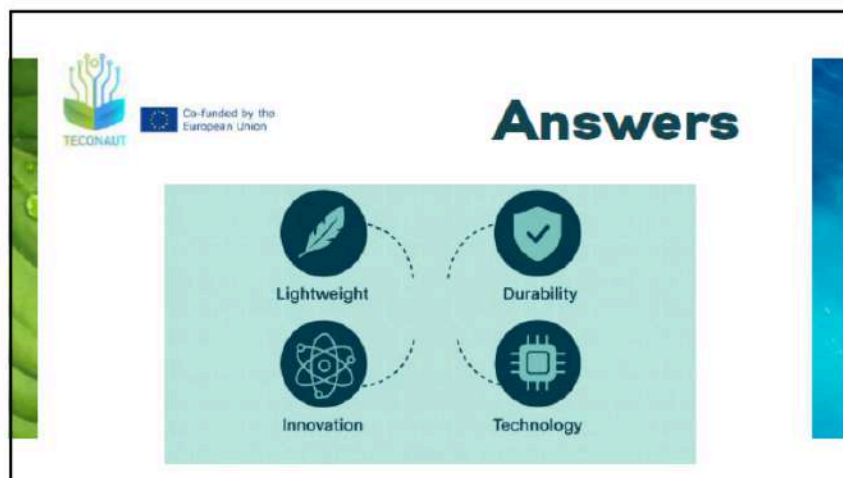
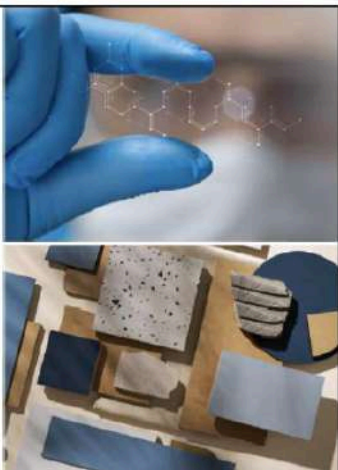
Co-funded by the European Union

Question

When you hear the term Deep tech material, what do you think of?

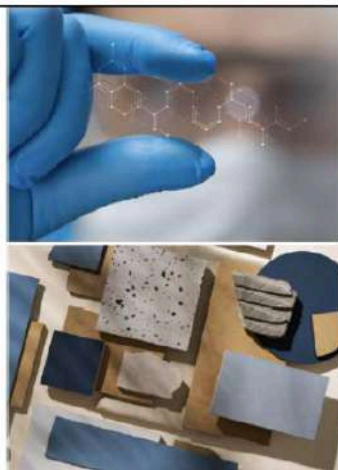
Scan and answer



Deep tech materials

Deep tech materials are advanced materials that emerge from cutting-edge scientific research and technological breakthroughs. Unlike conventional materials, they are defined by the high level of complexity, uncertainty, and innovation involved in their development.



Why do they matter?

Deep tech materials aren't just new—they're changing the rules of how we design, produce, and use materials across industries.

They are transforming: automotive, aerospace, electronics and medicine,



Co-funded by the European Union

Automotive

- Advanced high-strength steels (AHSSs) in body structures and chassis
- Natural-fiber-reinforced composites
- Graphene and carbon nanotubes in sensors and actuators
- Metamaterials for radar, antennas, and electromagnetic shielding for electric vehicles
- Piezoelectric materials in sensors and actuators
- Shape Memory Alloys (SMAs) in structural components and safety applications
- Man-made honeycomb structures in automobile components




Co-funded by the European Union

Aerospace

- Lightweight carbon-based nanomaterials and auxetic metamaterials (NPRs) in aerospace applications
- Advanced polymers for fuselage and wings
- Advanced composites for spacecrafts crew decks and armor use
- Bio-inspired design in aerospace innovations




Co-funded by the European Union

Electronics

- Quantum dots in display technologies
- Nanowires, carbon nanotubes (CNTs), graphene in electronic parts
- Advanced conductive polymers (ACPs), in smart electronics, bioelectronics, energy storage and conversion devices
- Smart materials and metamaterials in wearable electronics and sensors
- Transition metal dichalcogenides (TMDs) in photonics
- Bio-inspired materials in batteries and portable electronics




Co-funded by the European Union

Healthcare

- Biocompatible materials and electromagnetic metamaterials for wearable flexible hybrid electronics
- Polymer-based composites for tissue engineering and drug delivery
- Carbon nanotubes, nanowires, nanoparticles, quantum dots and graphene in diagnostics, drug and alcohol sensing, drug delivery, biosensors and bioelectronic devices
- Bio-inspired innovations in reducing disease transmission






Question

Why is there a need to search for new materials in boathbuilding?

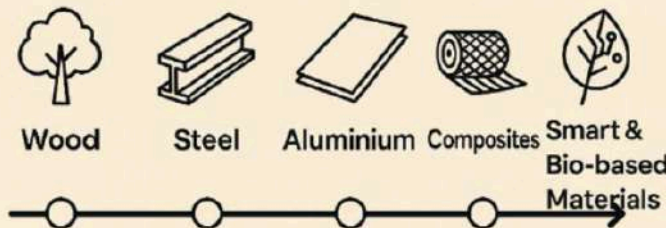
Office on the web Frame

Scan and answer






Transistion





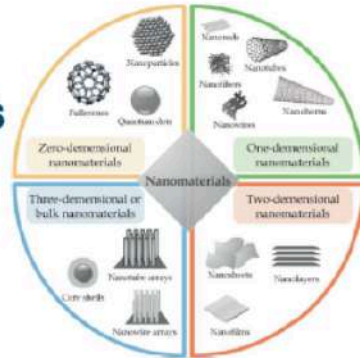

Comparison

	Deep-Tech	Traditional Materials
Weight	Lightweight	Heavier
Strength	Higher	Lower
Corrosion Resistance	High	Limited
UV Resistance	Strong	Needs Coating
Recyclability	Varies	Lower
Repairability	Easier	Easier




Nanomaterials

Nanomaterials are materials engineered at the nanometer scale (1 – 100 nm), where quantum and surface effects dominate material behavior. Due to their extremely small size and large surface area-to-volume ratio, nanomaterials exhibit unique mechanical, chemical, thermal, and electrical properties not observed in their bulk counterparts. These characteristics make them particularly well-suited for applications in challenging marine environments, including boat construction, underwater systems, and offshore infrastructure.







Co-funded by the
European Union

Nanomaterials

Category	Details
Material Classification	Nanostructured materials (e.g., nanoparticles, nanotubes, nanocomposites)
Mechanical Properties	High strength-to-weight ratio, fracture resistance, fatigue life enhancement
Surface Functions	Corrosion resistance, anti-fouling, UV protection, self-cleaning
Thermal/Optical Properties	UV blocking, heat dissipation, thermal insulation
Applications in Yachts	Nano-reinforced hulls, anti-fouling coatings, nanostructured UV-protective finishes, advanced sensor systems, nanocoatings on mechanical parts
Emerging Uses	Smart coatings, nanogenerators, lightweight energy storage (batteries, supercapacitors)

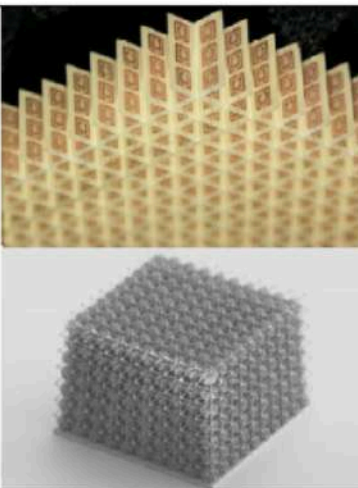




Co-funded by the
European Union

Metamaterials

Metamaterials are artificially engineered materials designed to exhibit physical properties not found in nature. By carefully structuring their internal geometry, these materials can control acoustic, thermal, and electromagnetic waves in ways conventional materials cannot. While metamaterials have been widely explored in aerospace, defense, and telecommunications, their potential in the field of boat construction is increasingly recognized.







Co-funded by the
European Union

Metamaterials

Category	Details
Material Classification	Advanced Engineered Materials (subset of functional materials)
Division into Groups	• Mechanical Metamaterials – optimized for strength, flexibility, etc. • Acoustic Metamaterials – control of sound waves; • Thermal Metamaterials – manipulation of heat flow; • Electromagnetic Metamaterials – control of EM/radar waves; • Optical Metamaterials – light wave control (cloaking, lenses)
Mechanical Properties	• High strength-to-weight ratio • Auxetic behavior (negative Poisson's ratio) • High stiffness or controlled deformability





Co-funded by the
European Union

Metamaterials

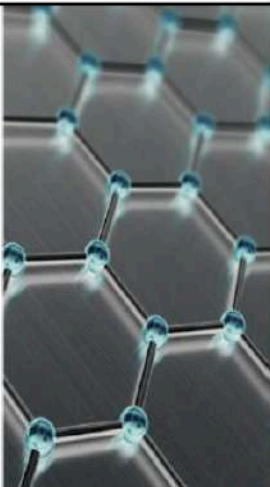
Category	Details
Mechanical Properties	• Energy absorption • Tuneable elasticity and density depending on geometry
Application Cases	• Boat hulls: lightweight, impact-resistant structures • Noise insulation: cabins with acoustic metamaterials • Radar stealth: reduced detectability of military vessels • Thermal management: optimized interior climate control • Hydrodynamic coatings: drag reduction, anti-biofouling • Energy harvesting: from wave or vibration-induced deformation




TECONAUT

Quantum materials

Quantum materials, defined by properties like entanglement, topological states, and strong electronic correlations, represent a new frontier in advanced materials. Their application can be already encountered particularly in the healthcare industry and electronics. Though their current use in the maritime sector—particularly the yacht industry—is limited, their potential is significant. These materials could revolutionize marine systems through ultra-sensitive sensors, efficient energy subsystems, and high-performance composites tailored for demanding oceanic environments.





TECONAUT

Quantum materials

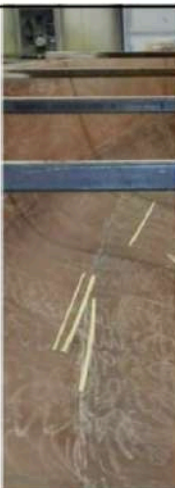
Category	Details
Material Classification	Topological insulators, Weyl and Dirac semimetals, Mott insulators, heavy fermion systems, unconventional superconductors, spin liquids
Division into Groups	- Topological states - Strong electronic correlations - Quantum spin and entanglement phenomena
Mechanical Properties	- Generally brittle and sensitive to defects - Low ductility and mechanical strength - Not suitable for structural or load-bearing use - Often require encapsulation or substrate stabilization




TECONAUT

Advanced polymers & composites

Polymers and composites are some of the most widely used materials in modern boatbuilding. Unlike traditional materials such as wood or steel, composites are made by combining a polymer resin (the glue or matrix) with reinforcing fibers (like glass, carbon, or flax). This combination creates materials that are light, strong, and versatile, making them ideal for both structural parts of a boat and interior features.





TECONAUT

Advanced polymers & composites

Category	Details
Material Classification	Polymers / composites are a composition of at least two materials, with different physical and chemical properties, in this case: - Polymer plastics, the resin - Organic and / or inorganic fibre reinforcements
Division into Groups	They are grouped by manufacturing qualities and origins: - Resins / Matrixes / Plastics / Glue: - Thermosets / Thermosetting polymer (e.g. Epoxy, Polyester) - Thermoplastics (e.g. Acrylics) - Fiber reinforcements: - Inorganic - Mineral (e.g. Volcanic, Basalt, Glass) - Organic: Plant fibres (e.g. Flax, Hemp, Bamboo); Synthetic fibres (e.g. Carbon, Aramid)



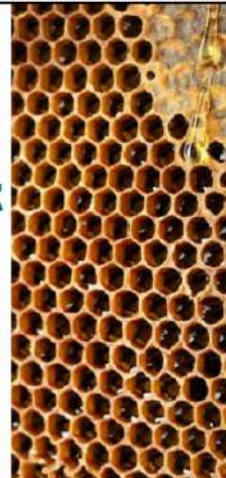

Advanced polymers & composites

Category	Details
Mechanical Properties	• Lightweight • High-strength & high-stiffness • Versatility in application & in design • Resistance to environment • Low manufacturing costs
Application Cases	• Hull and deck structure • Inner hull • Shower trays • Interior arrangement




Bio-inspired & smart materials

Bio-inspired & smart materials can be grouped by their functional analogy to natural systems, while smart materials are typically classified by their response to external stimuli such as temperature, pH, light, or mechanical stress. These two categories overlap in function but differ in conceptual origin: bio-inspiration derives from observed biological strategies; smart materials focus on stimulus-triggered reactions. Smart materials are typically classified by the external stimulus they respond to.





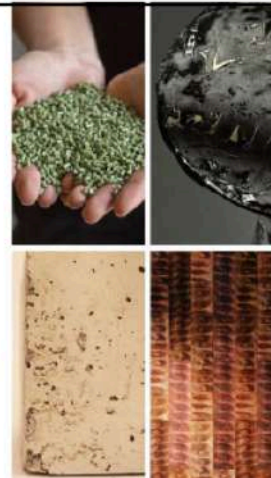
Bio-inspired materials

Category	Description
Material Classification	Bio-inspired (functionally nature-derived) / Smart (stimuli-responsive)
Division into Groups	Bio-inspired by surface (e.g., lotus, sharkskin), structure (e.g., fibres, cuticle), or function
Mechanical Properties	Varying: often not load-bearing; some materials offer vibration damping, wear and impact resistance
Limitations	Durability, lack of certification, limited structural applications, scalability
Application Cases	Anti-fouling coatings, composites, sensor-embedded laminates, self-healing coatings

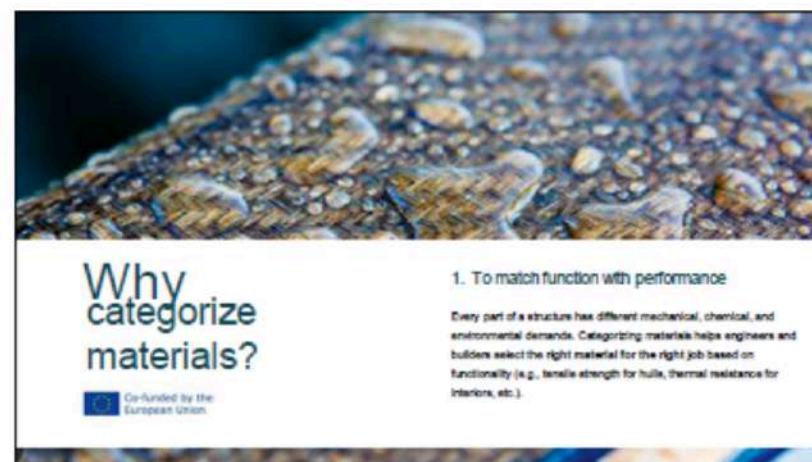



Sustainability materials

Sustainable materials—such as recycled PET cores, bio-based resins and recycled carbon fibers—are emerging as viable alternatives in marine construction. Offering solid structural performance and environmental benefits, they are increasingly used in hulls, decks, and non-critical components of energy-efficient vessels.









Why categorize materials?

Co-funded by the European Union

2. To enable smarter, more sustainable design

Categorizing materials based on properties like recyclability, bi-content, or lifecycle impact supports eco-conscious decisions. It helps designers avoid "burden shifting" (solving one environmental problem while creating another), a common issue in sustainability.



Why categorize materials?

Co-funded by the European Union

3. To improve manufacturing and maintenance efficiency

Functional categorization guides process planning — certain materials are better suited to vacuum infusion, others to hand lay-up or 3D printing. It also helps predict reparability, lifespan, and end-of-life scenarios (e.g., ease of disassembly, recyclability).



Why categorize materials?

Co-funded by the European Union

4. To align with regulatory and certification requirements

5. To support innovation and integration of new technologies

6. To enhance communication across teams

Co-funded by the European Union



Importance of material categorization in yacht design, sustainability, and performance

1. Yacht design: engineering for purpose:

Categorizing materials based on their mechanical properties (tensile, flexural, impact, etc.) and functional roles helps naval architects and designers:

- Select optimal materials for each part
- Design lighter, stronger, and safer boats
- Balance cost vs. performance in a rational way

Hulls	Decks	Interiors
		
Impact and Water Resistance	Slip Resistance and Strength under Compression	Weight and Aesthetics

Co-funded by the European Union

Importance

of material categorization in yacht design, sustainability, and performance

2. Sustainability: Smarter Material Choices

Functional categorization includes environmental metrics such as:

- Renewability
- Recyclability
- Life cycle emissions
- End-of-life options (reuse, biodegradability)

This enables builders to:

- Reduce carbon footprint (e.g., by choosing flax over fiberglass)
- Avoid toxic resins and coatings
- Improve circularity through modular construction and recyclable composites



Co-funded by the European Union

Importance

of material categorization in yacht design, sustainability, and performance

3. Performance: Getting the best out of the boat

Materials influence the speed, durability, and comfort of a yacht.

Categorizing by performance allows:

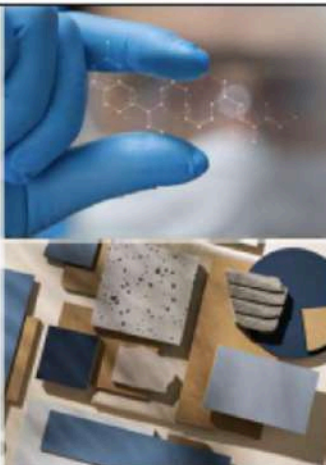
- Strategic layering and lay-up design
- Better resistance to marine threats (UV, osmosis, corrosion)
- Enhanced hydrodynamics through advanced coatings (e.g., sharkskin-inspired)



TECONAUT Co-funded by the European Union

Deep – tech materials

Deep-tech materials are advanced materials that emerge from cutting-edge scientific research and technological breakthroughs. Unlike conventional materials, they are defined by the high level of complexity, uncertainty, and innovation involved in their development.



TECONAUT Co-funded by the European Union

Key features

Complexity - Engineered at the molecular, nano, or multi-functional level. Often involve hybrid systems (e.g., bio-based + smart).

Innovation-Driven - Born from frontier science (nanotech, AI-driven materials discovery, quantum chemistry). Often protected by patents or require IP strategies.

Long R&D Cycles - Years (sometimes decades) from lab to commercial use. Require high investment and iterative testing.

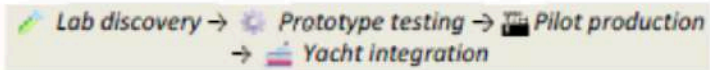


Co-funded by the
European Union

Key features

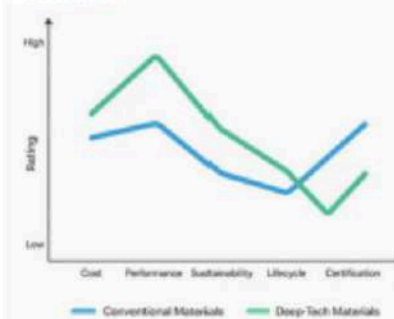
Uncertainty - Technical (performance in real-world), regulatory (compliance), and market-related (adoption and scale) risks.

High Entry Barriers - Require specialized knowledge, infrastructure, and certification. Not easily commoditized.



Co-funded by the
European Union

Key features



- Higher strength-to-weight ratios
- Improved fatigue, thermal, and chemical resistance
- Custom-engineered at nano or molecular levels (e.g., carbon nanotubes, graphene)
- Enable multifunctional applications (e.g., structural + sensing + self-healing)



Co-funded by the
European Union

Question

In your opinion, what is the greatest barrier to implementing modern materials in real-world structures?

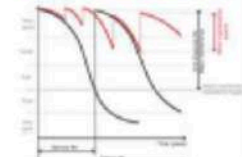


Co-funded by the
European Union

But also...



- High initial cost
- Lack of certification and regulatory approval
- Limited manufacturing infrastructure
- Resistance to change in industry culture
- Unknown long-term durability or performance
- Insufficient training or workforce skills
- Supply chain and sourcing limitations
- Lifecycle data and recyclability gaps





Category 1: Structural reinforcement materials

Natural fibers (Flax, Hemp, Jute)

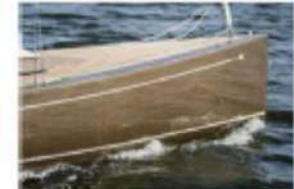
- High tensile strength with low weight
- Bio-based and renewable
- Biodegradable or recyclable
- Lower environmental impact than fiberglass
- Good compatibility with bio-resins and vacuum infusion



Category 1: Structural reinforcement materials

Natural fibers (Flax, Hemp, Jute)

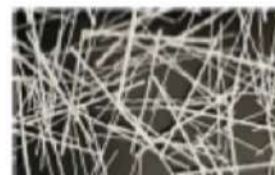
- Moisture absorption must be managed
- Variability in fiber quality
- Needs surface treatments for durability



Category 1: Structural reinforcement materials

Basalt & recycled fiber reinforcements

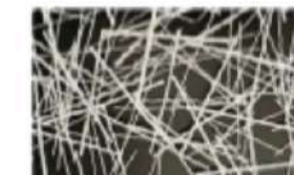
- High thermal and fire resistance (Basalt > Fiberglass)
- Lightweight with excellent mechanical properties
- Made from abundant or waste resources
- Resistant to moisture, corrosion, and fatigue
- Enables reuse of industrial waste and lower embodied energy



Category 1: Structural reinforcement materials

Basalt & recycled fiber reinforcements

- Basalt is more expensive than fiberglass
- Recycled fibers can have variable quality and limited certifications
- Mechanical properties are often slightly below virgin carbon/glass



Category 2: Matrix and binding materials

TECONAUT 

Resins: The "Glue" of Composites

Bio-based thermoset resins

- Derived from plant oils, lignin, starch, or sugar
- Often used as drop-in replacements for epoxy or polyester
- Renewable

Thermoplastic resins

- Can be melted and reformed (vs. thermosets which are irreversible)
- Enable recyclability and modular construction (heat-formable)




Category 2: Matrix and binding materials

TECONAUT 

Resins: The "Glue" of Composites

- Cost of bio-resins still higher than petro-based
- Thermoplastics require different processing equipment
- Certification lag for marine use





Category 3: Functional smart and responsive materials

TECONAUT 

Smart polymers

- self-healing
 - Automatically repairs micro-cracks or surface damage without manual intervention
 - Increases lifespan and reduces maintenance
- thermo-Responsive (change stiffness, shape, or adhesion based on temperature)
- pH or moisture responsive (useful in bi-lge protection, humidity control, or corrosion prevention)




Category 3: Functional smart and responsive materials

TECONAUT 

Smart polymers

- Most applications still in R&D or prototype phase
- Need for marine-specific validation (saltwater, wear, etc.)
- Cost currently high for large-scale components



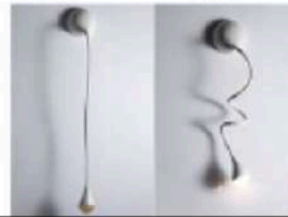
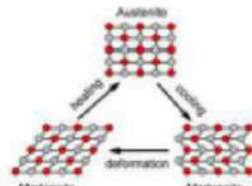

Category 3: Functional smart and responsive materials

Shape memory alloys

- Shape recovery after deformation - No external motors or hydraulics needed
- thermo-responsive actuation - React to heat, electric current, or magnetic field
- Silent and compact motion control - Ideal for tight spaces with no room for mechanics



Co-funded by the European Union



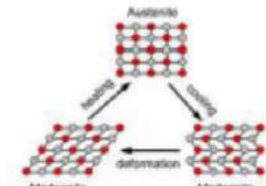
Category 3: Functional smart and responsive materials

Shape memory alloys

- High material cost (e.g., NITINOL)
- Needs precise temperature control
- Long-term fatigue in marine environments still under study
- Complex design integration (not plug-and-play)



Co-funded by the European Union



Category 3: Functional smart and responsive materials

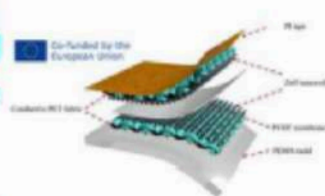
Piezoelectric & sensor materials

Materials that generate electrical signals when mechanically stressed, or change shape when voltage is applied.

- Real-time stress and vibration monitoring – structural health monitoring
- Wave impact & pressure detection - Adaptive behavior or alerts in rough seas
- Leak or bilge water sensors - Automatic pump activation, early warnings
- Position & strain sensing - smart sail adjustment or trim feedback



Co-funded by the European Union



Category 3: Functional smart and responsive materials

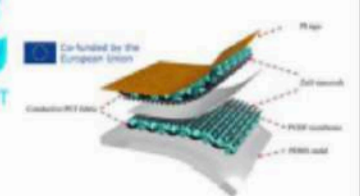
Piezoelectric & sensor materials

Materials that generate electrical signals when mechanically stressed, or change shape when voltage is applied.

- requires integration into design phase
- saltwater corrosion protection needed
- must avoid false positives due to motion/vibration (typical problems of SHM systems but in the case of sea environment it is even more difficult to manage)



Co-funded by the European Union



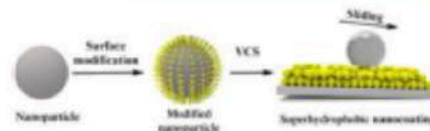


Nanocoatings

Ultra-thin surface treatments engineered at the nano-scale, providing enhanced protection and functional properties without changing the material's appearance or weight.

- UV Protection
- Self-Cleaning (Hydrophobic)
- Anti-Fouling Properties
- Corrosion & Abrasion Resistance

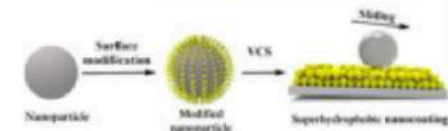
Category 4: Surface and environmental coatings



Nanocoatings

- the application requires precise surface prep
- wear over time — some coatings need reapplication
- the cost varies depending on the formula and substrate

Category 4: Surface and environmental coatings

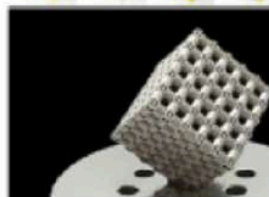
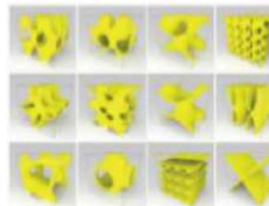


Metamaterial-based surfaces

Engineered materials with structured micro- or nano-geometries that give them unusual properties — not found in nature or traditional materials.

- drag reduction surfaces - micro-ridges or "sharkskin" textures reduce water resistance
- noise-dampening panels - internal geometries cancel or absorb engine and vibration noise
- wave-manipulating coatings - control heat, sound, or radar reflection (in military/military-adjacent designs)

Category 4: Surface and environmental coatings

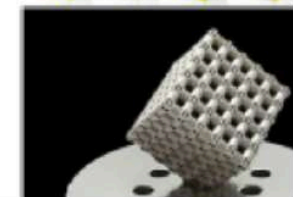
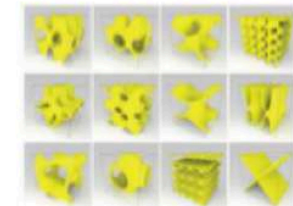


Metamaterial-based surfaces

Engineered materials with structured micro- or nano-geometries that give them unusual properties — not found in nature or traditional materials.

- most metamaterials are still in the research phase
- production requires precision microfabrication
- cost and marine durability testing are still evolving

Category 4: Surface and environmental coatings





Co-funded by the
European Union

Category 5: Core and lightweight materials

Sandwich core materials

Lightweight materials placed between two strong outer skins (like a composite laminate), creating a stiff, durable, and low-weight structure — much like an I-beam or honeycomb. Core materials in deep-tech yachts:

- recycled PET (rPET) foam
- balsa wood
- cork



Co-funded by the
European Union

Category 5: Core and lightweight materials

Sandwich core materials

- recycled PET (rPET) foam
 - lightweight, moisture resistant, and consistent
 - fully recyclable and available in various densities
- balsa wood
 - natural, ultra-light, excellent compressive strength
 - biodegradable, but vulnerable to moisture if not sealed
- cork
 - renewable, biodegradable, impact-absorbing
 - Naturally anti-slip
 - Lower strength than balsa, but very sustainable



Co-funded by the
European Union

Category 5: Core and lightweight materials

Paper honeycomb & foam alternatives

Lightweight, low-cost core structures used in non-structural or low-load areas, offering strength, flexibility, and sustainability — especially for yacht interiors.

- Paper honeycomb cores:
- Made from recycled paper or cardboard
 - Ultra-light, strong under compression, low cost
 - Fully recyclable and biodegradable



Co-funded by the
European Union

Category 5: Core and lightweight materials

Paper honeycomb & foam alternatives

Lightweight, low-cost core structures used in non-structural or low-load areas, offering strength, flexibility, and sustainability — especially for yacht interiors.

- Foam alternatives (bio-based or recycled):
- made from bio-resins, soy-based polyurethanes, or rPET foams
 - used where lightweight filler or shape is needed
 - often closed-cell = resistant to moisture
 - non-toxic options replacing petroleum-based foam





Co-funded by the
European Union

Category 5: Core and lightweight materials

Paper honeycomb & foam alternatives

Lightweight, low-cost core structures used in non-structural or low-load areas, offering strength, flexibility, and sustainability — especially for yacht interiors.

- not suitable for high structural loads
- paper honeycomb needs sealing against moisture
- limited long-term performance data in marine settings





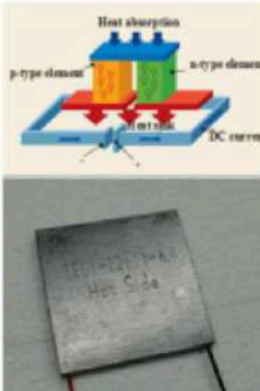
Co-funded by the
European Union

Category 6: Energy and thermal functional materials

Thermoelectric & Energy-Storing Materials

Thermoelectric materials - Materials that convert heat directly into electricity — without moving parts, wires, or batteries.

- Generate power from engine heat, sunlight, or surface temperature differences
- No fuel, no emissions, no moving parts
- Can power sensors, navigation beacons, micro-devices





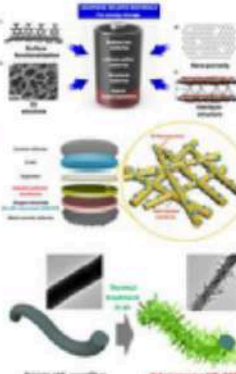
Co-funded by the
European Union

Category 6: Energy and thermal functional materials

Thermoelectric & Energy-Storing Materials

Energy storing materials - functional materials that can store and release energy — either integrated into boat structures or embedded in systems (e.g., supercapacitors, carbon fiber batteries).

- carbon fiber or composites infused with energy storage capacity
- panels or hull sections that store power like a battery
- potential to power lights, sensors, or small electronics



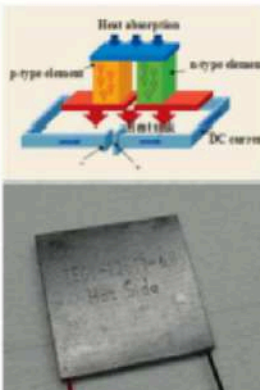


Co-funded by the
European Union

Category 6: Energy and thermal functional materials

Thermoelectric & Energy-Storing Materials

- Still in R&D or early prototype stages
- Low power output — only suitable for small loads
- High cost for energy-storing composites
- Needs custom integration into design phase






Category 6: Energy and thermal functional materials

Solar integration with deep-tech layers

The embedding of solar energy harvesting into yacht components using thin, flexible, and smart photovoltaic materials — beyond traditional solar panels.

- flexible, lightweight, and can follow curved surfaces
- Transparent or semi-transparent films applied to glass, sails, or decks
- combine solar capture with UV protection, anti-fouling, or structural roles
- enables off-grid and silent operation
- powers lights, navigation systems, fridges, and winches






Category 6: Energy and thermal functional materials

Solar integration with deep-tech layers

The embedding of solar energy harvesting into yacht components using thin, flexible, and smart photovoltaic materials — beyond traditional solar panels.

- efficiency still lower than rigid silicon panels
- vulnerable to abrasion, UV, and saltwater
- integration into curved composites requires advanced bonding techniques
- cost and durability under marine conditions still under





Which materials are ready now?

TRL	Stage	Example materials
1-3	lab research	Shape-memory alloys, metamaterials
4-5	prototype testing	Smart polymers, energy-storing composites
6-7	pilot production	Thermoplastics, thermoelectrics
8-9	commercial use	Flax fiber, rPET foam, bio-resins, nanocoatings





Time for group work and discussion!





Presentación sobre las propiedades mecánicas de los materiales



Co-funded by the European Union



Understanding of mechanical properties: Importance and Measurement methods

National Technical University of Athens

Vaire, 11 September 2025

SEATEACH soib Nautic Marine EBI INNOVATION anen POLBOAT



Part 1

Introduction

Co-funded by the European Union

Topics

- Definition of material properties
- Categories of material properties
- Definition of mechanical properties
- Why study mechanical properties
- Boatbuilding applications and mechanical properties' demands

Objectives

- Introduction to material properties
- Understanding of connection with boatbuilding applications

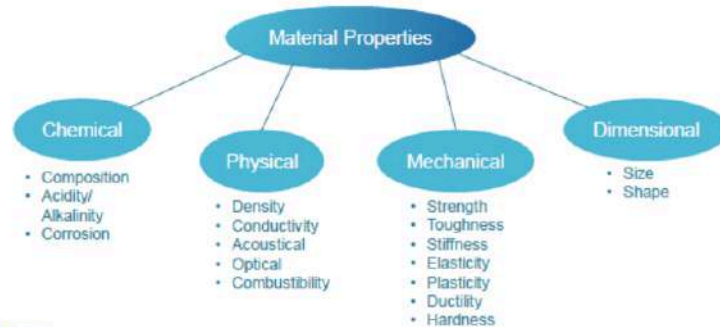
Co-funded by the European Union

Definition of material properties

- Materials have properties and measurements related to them.
- Material properties refer to the characteristics that define how a specific material behaves and responds under different conditions, encompassing its composition, physical attributes, and reaction to applied forces.
- Material properties determine materials use and applications.

Co-funded by the European Union

Categories of material properties



5

Definition of mechanical properties

- Mechanical properties refer to the characteristics of a material that describe its behavior under the action of external forces, such as tension, compression, bending, or torsion.
- These properties determine how a material responds to mechanical loads.
- They affect the mechanical strength and ability of a material to be molded in suitable shape and the ability to resist mechanical forces.
- They include attributes like strength, ductility, hardness, toughness, elasticity, and fatigue resistance.



6

Why study mechanical properties?

- Development and design of material applications for maximized efficiency.
Choosing the appropriate materials for specific applications is essential to ensure optimal performance within their intended environments.
- More efficient manufacturing process.
- Limitations awareness and management.
- Handling awareness for safety and accident prevention.
- Support the development of advanced materials for various applications in the boatbuilding industry.



7

Boatbuilding applications and mechanical properties' demands

- Understanding mechanical properties is essential as they determine the quality and functionality of the final product.
- Apart from quality and functionality, the mechanical properties influence durability, performance and damage vulnerability.
- Materials undergo testing and evaluations to ensure durability, resilience and finally suitability for applications.
- **Challenge:** Mechanical properties which contribute to operational performance optimization usually makes manufacturing process more difficult.
→ Close cooperation between the designer and the manufacturer is the key element to overcome the challenge. Compromises always need to be made!



8



Topics

- Mechanical properties
- In-plane tensile strength
- In-plane shear strength
- Compressive strength
- Stiffness
- Interlaminar shear strength (ILSS)
- Interlaminar fracture toughness
- Fatigue resistance
- Impact resistance
- Young's modulus
- Poisson's ratio
- Thermal expansion
- Moisture absorption

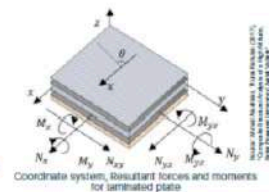
Objective

- Familiarization with mechanical properties

Co-funded by the European Union

Mechanical properties

The mechanical properties of composites describe how they react to applied forces, moments, torque and changes in environmental conditions such as temperature and humidity.



Coordinate system, resultant forces and moments for laminated plate

- ✓ In-plane tensile strength
- ✓ In-plane shear strength
- ✓ Compressive strength
- ✓ Stiffness
- ✓ Interlaminar shear strength (ILSS)
- ✓ Interlaminar fracture toughness
- ✓ Fatigue resistance
- ✓ Impact resistance
- ✓ Young's modulus
- ✓ Poisson's ratio
- ✓ Thermal expansion
- ✓ Moisture absorption

Co-funded by the European Union

In-plane tensile strength

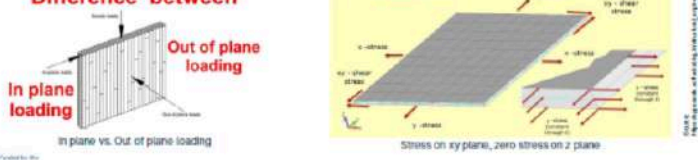
It is the maximum tensile stress that a composite material can withstand within the plane of its laminate layer before it breaks.

Because composites are fiber direction-dependent, in-plane tensile strength is measured in specific directions and is higher along the direction of fibers.



Tensile loading

Difference between In plane loading and Out of plane loading



In plane vs. Out of plane loading

Stress on xy plane, zero stress on z plane

Co-funded by the European Union

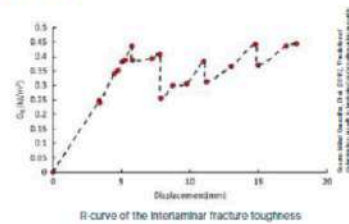


Co-funded by the
European Union

Interlaminar fracture toughness

It is a measure of a composite material's resistance to crack growth between its layers under different types of loading.

Compared to ILSS that measures stress, this one indicates how much energy the material can absorb before a crack between its layers grows.



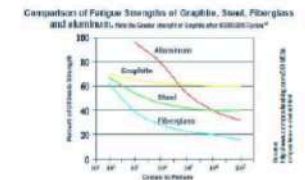
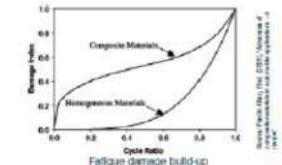
Co-funded by the
European Union

Fatigue resistance

The ability of a composite material to withstand repeated cyclic loading (tension, compression, bending, or shear) without failing.

Fatigue occurs when a material is subjected to repeated or fluctuating stress, usually below its ultimate strength, causing progressive damage that can lead to sudden failure.

In composites fatigue is more complex, because the material is anisotropic and multiple failure mechanisms interact over time.



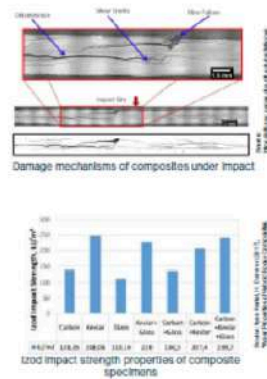
Co-funded by the
European Union

Impact resistance

The ability of a composite material to absorb and dissipate energy from a sudden force or impact (drop, strike, or collision) without catastrophic failure like cracking, delamination, or fiber breakage.

Importance:

- Composites are strong but often brittle (e.g., compared to Grade A/C45 steel)
- Impact can cause internal damage that is not visible but severely weakens the structure



Co-funded by the
European Union

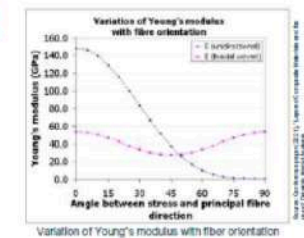
Young's Modulus, E

Young's modulus or modulus of elasticity, E , in composites is a measure of stiffness, that is, how much a composite resists deformation when a tensile, or compressive force is applied.

Higher E $\rightarrow$ stiffer material

Because composites are anisotropic, E depends on fiber orientation and laminate layout.

E_1 (along the fiber direction) $>$ E_2 (perpendicular the fiber direction)

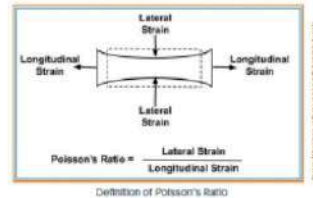


Poisson's Ratio, ν

It is the ratio of transverse strain to axial strain when the material is under tensile or compressive load.

Key point:

When a material is under tension in one direction, it shrinks in the perpendicular direction. Poisson's ratio measures the degree of shrinkage that occurs in a material in relation to its stretching.



Thermal Expansion

It refers to how much a composite changes in size (expansion or contraction) when the temperature changes.

The rate of this change is the coefficient of thermal expansion (CTE), denoted as α [$\mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$] in literature.

Moisture Absorption

It refers to the uptake of water or humidity from the environment into the matrix material (usually a polymer).

This occurs over time and can change the composite's properties (strength, stiffness, dimensions, and durability).

Quiz Time ?

Why is high stiffness an important mechanical property of composite material?

- a) It makes the material heavier and more durable.
- b) It allows the material to stretch easily under force.
- c) It helps the material resist bending or deformation under load.

Quiz Time ?

Why is high stiffness an important mechanical property of composite material?

- a) It makes the material heavier and more durable.
- b) It allows the material to stretch easily under force.
- c) It helps the material resist bending or deformation under load.



Part 3

Measurements and Specifications

 Co-funded by the European Union



Topics

- Why do we need quality control?
- ASTM and ISO Standards
- Tensile testing
- Compression testing
- Flexural testing
- Interlaminar shear strength
- Shear testing ($\pm 45^\circ$)
- Impact testing
- Fatigue testing
- Environmental resistance testing

Objectives

- Material quality control procedures and standards
- Getting to know standardized material tests

 Co-funded by the European Union

Why do we need Quality Control?

- ✓ To ensure materials **meet** safety and performance standards.
- ✓ To **detect** manufacturing defects early.
- ✓ To **guarantee** long-term durability and reliability.




Essential for critical industries like boatbuilding, aerospace, and automotive

 Co-funded by the European Union

ASTM & ISO Standards

- **ASTM**: American Society for Testing and Materials (US-based).
- **ISO**: International Organization for Standardization (global).



Property of ASTM



Property of ISO

They provide standardized testing methods to compare materials fairly.

 Co-funded by the European Union

Tensile testing



Purpose: Measures how much force is needed to pull a composite material apart until it breaks.

- ASTM D3039 and ISO 527-4 are standard methods for testing fiber-reinforced composites.
- A flat rectangular specimen is pulled lengthwise until failure.
- Results help determine **tensile strength**, modulus of elasticity, and strain at break.



Preparing a composite sample for tensile testing.

Crucial for understanding how composites behave under stretching forces, important for structural parts in boatbuilding like hulls, decks, or masts.

28

Compression testing



Purpose: Measures how much force a composite material can withstand when compressed before it buckles or fails.

- ASTM D6641 and ISO 14126 are standard methods for testing compressive strength of fiber-reinforced composites.
- The specimen is loaded lengthwise in compression using special fixtures (e.g., combined loading or shear loading).
- Evaluates **material behavior** under squeezing forces, including strength and stability.



Composite specimen placed in a fixture for compression testing.

Crucial for assessing how composites perform in boat structures like hulls, frames, and panels that face compressive loads during service.

29

Flexural testing



Purpose: Measures how much force is needed to bend a composite material until it breaks or deforms.

- ASTM D790 and ISO 14125 are standard methods for testing the flexural strength and stiffness of composites.
- The sample sits on two supports and is pressed down in the middle (3-point bending).
- Results show how well a **material resists bending** — indicating its rigidity and durability.



Set up for flexural testing using a 3-point bending fixture.

Essential for boat parts like decks, beams, and panels that face bending loads during operation.

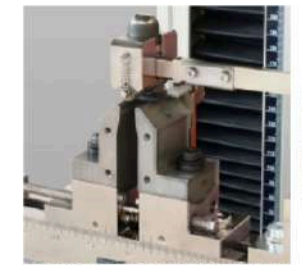
30

Interlaminar shear strength



Purpose: Measures how strongly the layers (plies) in a composite are bonded together.

- ASTM D2344 is the standard method used to test ILSS through a short beam bending test.
- A small beam is loaded in the center until the layers slide or separate.
- Helps **assess the adhesion between layers**, critical for avoiding delamination.



Short beam setup for testing the bonding between the composite layers.

Important for composites in boats, where strong bonding between layers ensures durability under repeated stress and vibration.

31

Shear testing ($\pm 45^\circ$)

Purpose: Measures how well a composite resists sliding forces between internal layers.

- **ASTM D3518** is the standard method for testing in-plane shear strength and stiffness using $\pm 45^\circ$ laminate specimens.
- The test pulls a specimen cut at $\pm 45^\circ$ angles to create a pure shear condition.
- Results show how the material handles twisting or diagonal forces.



Important for composite parts in boats like hulls and panels, where angled loads from waves or torsion can cause shear stress.

Impact testing

Purpose: Simulates accidental hits or drops to see how a composite material absorbs and resists sudden impact.

- **ASTM D7136** is the standard for impact testing using a falling weight method on composite panels.
- The test creates controlled damage, and then a Compression After Impact (CAI) test checks how the material performs afterward.
- Evaluates the material's damage resistance and ability to keep its strength after being hit.



Essential for real-world situations in boatbuilding — dropped tools, floating debris, or collisions can cause unexpected impacts.

Fatigue testing

Purpose: Measures how a composite behaves under repeated or fluctuating loads over time.

- **ASTM D3479** is the standard method for determining the tension-tension fatigue behavior of fiber-reinforced polymer matrix composites.
- A specimen is repeatedly pulled and released at a controlled frequency until failure.
- Results help determine how many cycles a material can endure before it cracks or breaks.



Important for predicting the lifespan of composite parts in boats exposed to wave forces, engine vibrations, or cyclic loading.

Environmental resistance testing

Purpose: Assesses how composite materials perform under harsh environmental conditions like moisture, salt exposure, and fire.

- **ASTM D570 – Water Absorption:** 

Measures how much water a material absorbs during immersion. Affects weight, strength, and stability in wet conditions.

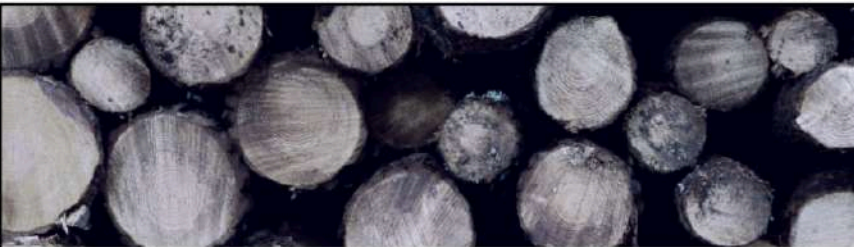
- **ASTM B117 – Salt Spray (Corrosion):** 

Simulates long-term saltwater exposure. Evaluates corrosion resistance of materials and protective coatings.

- **IMO FTP Code – Fire & Smoke Toxicity:** 

Tests flame spread, smoke density, and gas toxicity. Ensures fire safety compliance for marine applications.

Critical for boatbuilding, where materials must resist moisture, corrosion, and fire hazards over long service life.



Part 4

Factors affecting Mechanical Properties

Co-funded by the European Union

Topics

- Factors affecting material properties

Objective

- Getting to know which factors may affect material properties and how.

Co-funded by the European Union

Factors affecting mechanical properties

- Grain size
- Temperature
 - ✓ significant properties reduction in high temperatures
 - ✓ reduction of 10%, 50%, 90% in temperatures 90°C, 150°C, 200°C.
- Heat treatments
- Liquid environment presence
 - ✓ properties reduction
 - ✓ satisfactory protection through the use of gel coats.
- Atmospheric/ weather exposure
 - ✓ little impact
 - ✓ exposure to light, ultraviolet radiation, rain, frost.

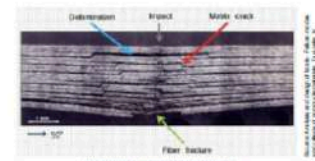


Vessel's exposure to frost

Co-funded by the European Union

Factors affecting mechanical properties

- Fiber properties
- Construction method
 - ✓ advanced methods $\Rightarrow$ small changes in properties
 - ✓ simple methods (hand lay-up) $\Rightarrow$ restricted quality and big changes in properties.
- Laminates' separation
- Polymerization rate

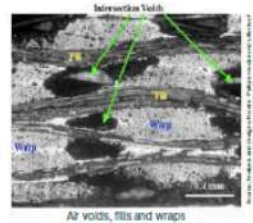


Depiction of mechanical failures

Co-funded by the European Union

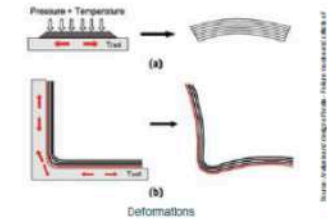
Factors affecting mechanical properties

- Conditions of storage
- Human factor
 - ✓ craftsman skill
 - ✓ fiber misalignment
 - ✓ poor resin distribution
 - ✓ air voids
 - ✓ ply wrinkling – foreign inclusions.



Factors affecting mechanical properties

- Remaining tensions
 - ✓ during the solidification process
 - ✓ different coefficient of thermal expansion of fibers and resin
 - ✓ possible rejection of the entire structure due to excessive deformations.



Quiz Time ?

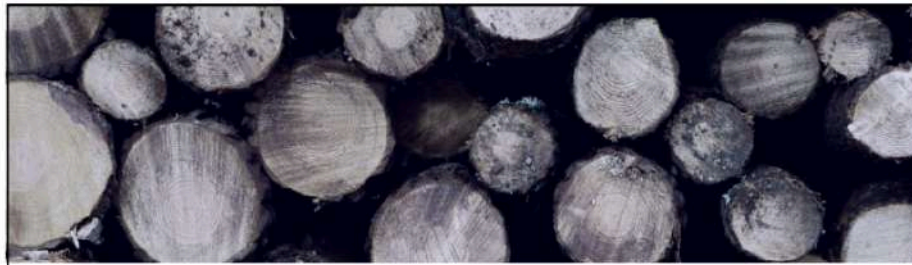
What is the nature of the factors affecting the material mechanical properties?

- Mainly external, including handling procedures, human factor and weather
- Inherent material factors concerning the fibers orientation and structure
- A combination of internal and external elements, acting in multiple ways and dynamically.

Quiz Time ?

What is the nature of the factors affecting the material mechanical properties?

- Mainly external, including handling procedures, human factor and weather
- Inherent material factors concerning the fibers orientation and structure
- A combination of internal and external elements, acting in multiple ways and dynamically.



Part 5

Types of Material Failures

Co-funded by the European Union

Topics

- Types of material failures
- Failure in tension
- Modes in failure in tension of a unidirectional layer
- Examples of tensile failures
- Failure in compression
- Failure in bending
- Examples of failures in bending
- Shear failure
- Creep failure
- Fatigue

Objective

- Familiarization with material failures

Co-funded by the European Union

Types of material failures

What is 'failure'?

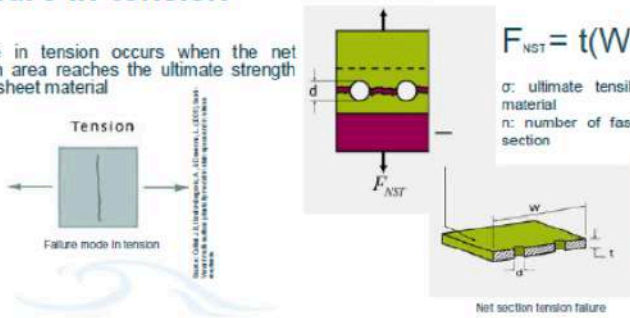


- ✓ Failure in tension
- ✓ Failure in compression
- ✓ Failure in bending
- ✓ Shear failure
- ✓ Fatigue
- ✓ Creep failure
- ✓ Impact

Co-funded by the European Union

Failure in tension

Failure in tension occurs when the net section area reaches the ultimate strength of the sheet material



$$F_{NST} = t(W - n d) \sigma$$

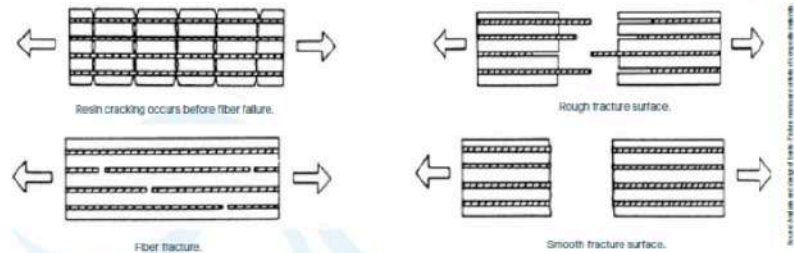
σ : ultimate tensile strength of sheet material
 n : number of fasteners along the net section

Co-funded by the European Union



Co-funded by the
European Union

Modes of failure in tension of a unidirectional layer



Examples of tensile failures



Failure in compression

Compression failure usually occurs due to the development of compressive stresses greater than the allowable stresses.

When a load is applied to a material, it exerts a force on the material's molecules, causing them to move closer together. As more force is applied, the molecules become increasingly compressed until they reach a point where they can no longer move any closer together. At this point, the material has reached its maximum compressive strength and will begin to deform or fail if additional force is applied.

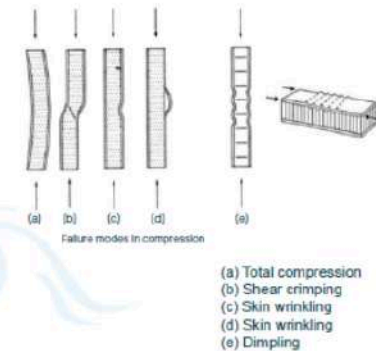


Co-funded by the
European Union

Failure in compression

Factors affecting such failure:

- ✓ Non-complete fiber alignment, fiber adjacency
- ✓ Non-complete fiber-resin bonding
- ✓ Voids (entrapped air)

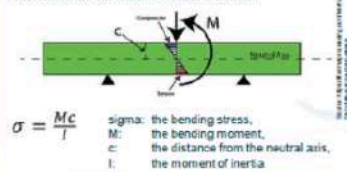




Co-funded by the
European Union

Failure in bending

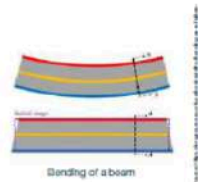
Failure in bending will occur when the bending moment is sufficient to induce tensile/compressive stresses greater than the yield stress of the material throughout the entire cross-section



Schematic of bending stress in a loaded beam

Failure Mechanisms:

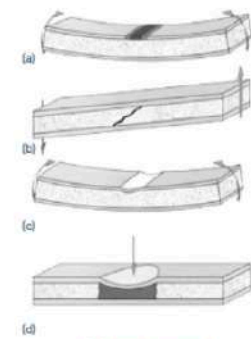
- ✓ **Yielding of extreme fibers:**
causes gradual sagging eventually rendering the material ineffective.
- ✓ **Buckling of compression fibers:**
occurs sideways, leading to sudden failure; primary or secondary cause of failure
- ✓ **Excessive shearing stresses:**
causes primary failure or secondary failure
- ✓ **Localised Yielding of the overstressed portions:**
Usually occur near bearing blocks that transmit concentrated loads or reactions to beams



Co-funded by the
European Union

Examples of failures in bending

- a) Failure of the compressed casing
- b) Failure of the core due to shear
- c) Formation of inward wrinkling of the core, accompanied by local crushing
- d) Local rushing of the core.

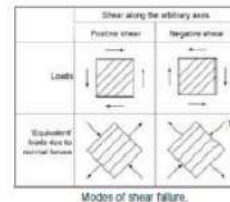
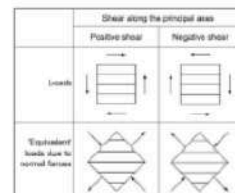


Co-funded by the
European Union

Shear failure

Shear failure refers to a type of material failure that occurs when a material experiences shear stress beyond its shear strength.

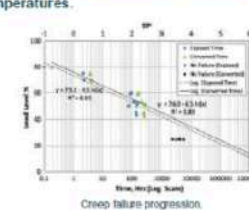
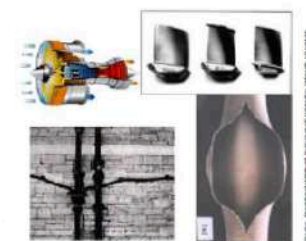
- ✓ One of the most critical failures.
- ✓ The occurrence of shear failure in a beam can lead to a sudden structural collapse
- ✓ A possible variation in strength between positive and negative shear depends on the direction of loading
- ✓ Shear can occur either along the principal axes or along arbitrary axes.



Co-funded by the
European Union

Creep failure

Creep failure caused by thermal stress. It has the characteristics of loading since a very early age, induced by variable compressive and tensile stress, and changing temperatures.



The time-dependent deterioration of stress is based on:

- ✓ High temperature
- ✓ Exposure to moisture
- ✓ Exposure to acidic environments

It appears when high temperatures develop, such as:

- ✓ decks due to sunlight
- ✓ machine foundations
- ✓ submarines with long submersion times
- ✓ piping lines

Typical failures in composite boat structures

- **Delamination**
 - ✓ Separation between composite layers due to poor bonding or repeated loading.
 - ✓ Often caused by impact, fatigue or manufacturing defects.
- **Matrix cracking**
 - ✓ Cracks form in the resin matrix between fibers.
 - ✓ Reduces load transfer and can lead to further damage.
- **Fiber Breakage**
 - ✓ Occurs when individual fibers exceed their tensile or compressive limits.
 - ✓ Common in areas under high stress or impact.
- **Debonding**
 - ✓ Loss of adhesion between fiber and matrix or between composite and core material.
 - ✓ Weakens structural integrity.



63

Typical failures in composite boat structures

- **Core shear failure (in Sandwich structures)**
 - ✓ The core material fails under shear loads, especially in high-impact or high-load zones.
 - ✓ Can lead to face sheet separation or crushing.
- **Buckling**
 - ✓ Compressive loads cause structural instability in thin laminates or unsupported panels.
 - ✓ Often seen in hull bottoms or deck panels under pressure.
- **Fatigue failure**
 - ✓ Progressive damage from repeated loading/unloading cycles.
 - ✓ Can initiate matrix cracks or delamination over time.



64

Engineering response to failure

- **Identification of the problem**
Definition of the failure type and location.
- **Understanding of the cause**
Answering the question: "Was it design, material choice, loading or manufacturing?"
- **Refining the design**
Adjustment of fiber direction, laminate thickness or structures support.
- **Improvement of material use**
Choice of tougher resins, stronger fibers or more resilient core materials.
- **Improvement of processes**
Use of alternative processes which are more suitable.
- **Monitoring and maintenance**
Use of frequent inspections to detect issues early and extend the boat's life.



65

Mechanical properties, failures and deep-tech materials

Towards the future of composites in maritime design

- **What are deep-tech materials?**
Deep-tech materials are advanced materials that emerge from cutting-edge scientific research and technological breakthroughs. Unlike traditional materials, which are often well understood and widely used, deep-tech materials are defined not just by their composition or application, but by the high level of complexity, uncertainty, and innovation involved in their development.
- **Why they matter in boatbuilding?**
Deep knowledge of mechanical properties and failures builds confidence in boat construction. By combining this knowledge with emerging material technologies, we open the door to creating more advanced composites tailored for marine performance.
- **How sustainability and impact are addressed?**
Choosing the right material for a boat is about much more than just strength or weight. Each decision has an impact – on the environment, on health, on recyclability, and on cost. Sustainability is a core part of responsible boatbuilding. Responsible boatbuilding means prioritizing materials that reduce environmental impact while meeting performance demands.



66

Potential of deep-tech materials in boatbuilding to prevent failure

- **Stronger, tougher composites**
Increased resistance to cracking, impact and delamination.
- **Improved fatigue performance**
Withstand repeated loads over time.
- **Smart damage detection**
Materials with built-in sensors enable early issue detection.
- **Tailored properties**
Advanced design allows materials to meet specific load and performance needs.
- **Greater environmental resistance**
Better protection against moisture, salinity, UV and temperature changes.



22

Deep-tech materials: Nanomaterials in boatbuilding

Mechanical Properties	High strength-to-weight ratio, fracture resistance, fatigue life enhancement
Surface Functions	Corrosion resistance, anti-fouling, UV protection, self-cleaning
Thermal/Optical Properties	UV blocking, heat dissipation, thermal insulation
Applications in Yachts	Nano-reinforced hulls, anti-fouling coatings, nanostructured UV-protective finishes, advanced sensor systems, nanocoatings on mechanical parts
Emerging Uses	Smart coatings, nanogenerators, lightweight energy storage (batteries, supercapacitors)



23

Deep-tech materials: Metamaterials in boatbuilding

Material Classification	Advanced Engineered Materials (subset of functional materials)
Division into Groups	• Mechanical Metamaterials – optimized for strength, flexibility, etc. • Acoustic Metamaterials – control of sound waves; • Thermal Metamaterials – manipulation of heat flow; • Electromagnetic Metamaterials – control of EM/radar waves; • Optical Metamaterials – light wave control (cloaking, lenses)
Mechanical Properties	• High strength-to-weight ratio • Auxetic behavior (negative Poisson's ratio) • High stiffness or controlled deformability • Energy absorption • Tunable elasticity and density depending on geometry
Application Cases	• Yacht hulls: lightweight, impact-resistant structures • Noise insulation: cabins with acoustic metamaterials • Radar stealth: reduced detectability of military vessels • Thermal management: optimized interior climate control • Hydrodynamic coatings: drag reduction, anti-biofouling • Energy harvesting: from wave or vibration-induced deformation
Material Classification	Advanced Engineered Materials (subset of functional materials)



24

Deep-tech materials: Quantum materials in boatbuilding

Material Classification	Topological insulators, Weyl and Dirac semimetals, Mott insulators, heavy fermion systems, unconventional superconductors, spin liquids
Division into Groups	Grouped by dominant quantum effects: • Topological states • Strong electronic correlations • Quantum spin and entanglement phenomena • Generally brittle and sensitive to defects
Mechanical Properties	• Low ductility and mechanical strength • Not suitable for structural or load-bearing use • Often require encapsulation or substrate stabilization
Application Cases	• Quantum sensors (e.g. NV centers) for environmental monitoring or inertial navigation • Superconductors for high-efficiency energy subsystems in electrified propulsion • Thermoelectric quantum materials for onboard waste heat recovery



25

Deep-tech materials: Advanced polymers and composites in boatbuilding

Material Classification	Polymer composites are a composition of at least two materials: 1. Polymer plastics, the resin 2. Organic and / or inorganic fibre reinforcements
Division into Groups	- Resins / Matrixes / Plastics / Glue: - Thermosets / Thermosetting polymer (e.g. Epoxy, Polyester) - Thermoplastics (e.g. Acrylics) - Fibre reinforcements: - Inorganic - Mineral (e.g. Volcanic, Basalt, Glass) - Organic: Plant fibres (e.g. Flax, Hemp, Bamboo) / Synthetic fibres (e.g. Carbon, Aramid)
Mechanical Properties	- Lightweight - High-strength, High-stiffness - Versatility in application and in design - Low manufacturing costs
Application Cases	Hull and deck structure, Inner hull, Shower trays, Interior arrangement



18

Deep-tech materials: Bio-inspired and smart materials in boatbuilding

Material Classification	Bio-inspired (functionally nature-derived) / Smart (stimuli-responsive)
Division into Groups	Bio-inspired by surface (e.g., lotus, sharkskin), structure (e.g., fibres, cuticle), or function
Mechanical Properties	Varying: often not load-bearing; some materials offer vibration damping, wear and impact resistance
Limitations	Durability, lack of certification, limited structural applications, scalability
Application Cases	Anti-fouling coatings, composites, sensor-embedded laminates, self-healing coatings



19

Deep-tech materials: Energy and sustainability materials in boatbuilding

Material Classification	Recycled PET cores, bio-based epoxy resins, recyclable thermoplastic resins, recycled carbon fibers
Division into Groups	- Core materials: recycled PET foams for sandwich structures - Resin systems: bio-based and recyclable thermoplastics - Reinforcements: reclaimed fibers used in composites
Mechanical Properties	- Good structural stiffness and insulation (PET core) - Low viscosity and infusion compatibility (resins) - Recyclable or reusable through thermal recovery (thermoplastics) - Comparable strength to virgin carbon fiber (recycled fibers)
Application Cases	- Use of PET cores in hull and deck sandwich panels - Infusion of structures with recyclable or bio-based resins - Non-critical components made from recycled carbon fibers - Integration in energy-optimized yachts with solar, hybrid, or biofuel systems



20

Deep-tech materials: High-value added metals materials in boatbuilding

Material Classification	Aluminium alloys : aluminium-magnesium alloys and aluminium-magnesium-silicon alloys; graphene added alloys (experimental)
Division into Groups	- Aluminium alloys - Wrought alloys - Strain hardening - Age hardening - Casting alloys - Silicon alloys - Magnesium alloys - Graphene added alloys (still experimental)
Mechanical Properties	- Good corrosion resistance - High weldability - Easy to cut and form - Good strength/weight ratio
Application Cases	Hull, Frame, Pillars, Propeller



21

References

1. ZwickRoell. *Tensile testing of fiber-reinforced composites (ISO 527-4, ISO 527-5)*.
<https://www.zwickroell.com/industries/composites/iso-527-4-iso-527-5-tensile-testing-of-fiber-reinforced-composites/>
2. ZwickRoell. *Compression testing (ASTM D6641, ISO 14126)*.
<https://www.zwickroell.com/industries/composites/combined-loading-compression-iso-14126-astm-d6641/>
3. ZwickRoell. *Flexure testing of composite materials*.
<https://www.zwickroell.com/industries/materials-testing/flexure-test/>
4. ZwickRoell. *Interlaminar shear strength (ILSS)*.
<https://www.zwickroell.com/industries/composites/interlaminar-shear-strength-ilss/>
5. Intertek. *Shear Testing (ASTM D3518)*.
<https://www.intertek.com/shear-testing/astm-3518/>
6. ZwickRoell. *Impact testing and CAI – Compression After Impact*.
<https://www.zwickroell.com/industries/composites/compression-after-impact-cai/>
7. ASTM. *ASTM D3479/D3479M-19: Tension-Tension Fatigue of Polymer Matrix Composites*.
https://store.astm.org/d3479_d3479m-19.html
8. ASTM. *ASTM D570-22: Water Absorption of Plastics*.
<https://store.astm.org/d570-22.html>
9. ASTM. *ASTM B117-19: Salt Spray (Fog) Testing*.
<https://store.astm.org/b117-19.html>
10. Measurlabs. *IMO FTP Code Part 2 – Smoke Toxicity Testing*.
<https://measurlabs.com/products/imo-2010-ftp-part-2-smoke-toxicity/>

23

References

11. Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2020). *Materials Science and Engineering: An Introduction* (10th ed.). Wiley.
12. Subramanian, S. M. (2020). *Mechanical Properties of Materials: Definition, Testing and Application*. International Journal of Modern Studies in Mechanical Engineering. 6, 28-38. 10.20431/2454-9711.0602003.
13. <https://testbook.com/physics/properties-of-materials> - last access 04/07/25
14. <https://apcomposites.com.au/materials-science/materials-engineering/material-properties/> - last access 04/07/25
15. Colliat, J.B., Ibrahimbegovic, A., & Davenne, L. (2005). Saint-Venant multi-surface plasticity model in stain space and in stress resultants
16. Static Failure Mode Prediction Models – Mechanically Fastened Joints, TUDelft Presentation.
17. Analysis and design of boats - Failure modes and criteria of composite materials. Tsouvalis, N., NTUA Presentation.
18. <https://construo.io/tags/compression> - last access 04/07/25
19. <https://web.mat.eduijthomas/classes/2211/lessons/failure/bending/index.html> - last access 04/07/25
20. <https://inspectionengineering.com/tag/fatigue#:~:text=Fatigue%20is%20a%20failure%20mechanism,duet%20to%20the%20tensile%20component> - last access 04/07/25
21. He Zhu, Yu Hu, Rui Ma, Juan Wang, Qingbin Li. (2021) Concrete thermal failure criteria, test method, and mechanism: A review
22. <http://users.uoi.gr/barkoul/c5%e9%fc3%e1%e3%fc3%e3%de%20%fc3%fc4%e7%ed%20%e5%fc3%fc4%de%ec%e7%20%fc3%fc5%ed%20%fc5%eb%e9%ea%fe%ed%fc1%fc3%fc4%e7%fc4%e1%20%fc4%fc9%ed%20%fc5%eb%e9%ea%fe%ed.pdf> - last access 04/07/25

24



