

**Proyecto de Decreto xx/2022, de x de x de 2022, por el que se establece el currículum del Curso de especialización de Formación Profesional en Materiales compuestos en la industria aeroespacial en la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha.**

La Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación, modificada por la Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre establece en su artículo 39.6 que el Gobierno, previa consulta a las comunidades autónomas, establecerá las titulaciones correspondientes a los estudios de formación profesional, así como los aspectos básicos del currículum de cada una de ellas. Por su parte, el artículo 6 bis, apartado 1.c) de la citada ley, establece, en relación con la formación profesional, que el Gobierno fijará las enseñanzas mínimas.

El artículo 10.3 de la Ley Orgánica 5/2002, de 19 de junio, de las Cualificaciones y de la Formación Profesional, dispone que el Gobierno, previa consulta a las Comunidades Autónomas y mediante Real Decreto, podrá crear cursos de especialización para complementar las competencias de quienes ya dispongan de un título de formación profesional.

El Real Decreto 1147/2011, de 29 de julio, por el que se establece la ordenación general de la formación profesional del sistema educativo, regula en su artículo 27 los cursos de especialización de formación profesional e indica los requisitos y condiciones a que deben ajustarse dichos cursos de especialización. En el mismo artículo se indica que versarán sobre áreas que impliquen profundización en el campo de conocimiento de los títulos de referencia, o bien una ampliación de las competencias que se incluyen en los mismos. Por tanto, en cada curso de especialización se deben especificar los títulos de formación profesional que dan acceso al mismo.

En este sentido los cursos de especialización deben responder de forma rápida a las innovaciones que se produzcan en el sistema productivo, así como a ámbitos emergentes que complementen la formación incluida en los títulos de referencia.

Según establece el artículo 37.1 del Estatuto de Autonomía de Castilla-La Mancha, corresponde a la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha la competencia de desarrollo legislativo y ejecución de la enseñanza en toda su extensión, niveles y grados, modalidades y especialidades, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 27 de la Constitución y leyes orgánicas que conforme al apartado 1 del artículo 81 de la misma lo desarrollen y sin perjuicio de las facultades que atribuye al Estado el número 30 del apartado 1 del artículo 149 y de la Alta Inspección para su cumplimiento y garantía.

La Ley 7/2010, de 20 de julio, de Educación de Castilla-La Mancha, establece en su artículo 69 que, en la planificación de la oferta de Formación Profesional, se tendrán en cuenta las necesidades del tejido productivo de Castilla-La Mancha y los intereses y expectativas de la ciudadanía.

Habiendo entrado en vigor el Real Decreto 1153/2021, de 28 de diciembre, por el que se establece el curso de especialización en Materiales compuestos en la industria aeroespacial y se fijan los aspectos básicos del currículum, y se modifica el Real Decreto 74/2018, de 19 de febrero, por el que se establece el título de Técnico en montaje de estructuras e instalación de sistemas aeronáuticos y se fijan los aspectos básicos del currículum, procede establecer el currículum del curso de especialización en Materiales compuestos en la industria aeroespacial, en el ámbito territorial de esta Comunidad Autónoma, teniendo en cuenta los aspectos definidos en la normativa citada anteriormente.

En Castilla-La Mancha, el perfil profesional de este curso de especialización define a un profesional que es capaz de fabricar piezas y elementos de estructuras aeroespaciales, manualmente o en cadenas de producción, así como controlar los procesos implicados,

verificar los resultados obtenidos, realizar el mantenimiento avanzado, la preparación y puesta a punto de la instalación, maquinaria y utillajes de acuerdo a los protocolos de actuación, cumpliendo los criterios y normas de calidad, los planes de prevención de riesgos laborales y medioambientales de la empresa y la normativa vigente de aplicación.

El decreto se estructura en diez artículos relativos a aspectos específicos que regulan estas enseñanzas, una disposición adicional, tres disposiciones finales y tres anexos.

Se ha recurrido a una norma con rango de decreto para establecer el desarrollo de las bases pues corresponde al Consejo de Gobierno la potestad reglamentaria de acuerdo con la atribución que le confiere el artículo 13.1 del Estatuto de Autonomía. Asimismo, cabe mencionar que este decreto se ajusta a los principios de buena regulación contenidos en la Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas, principios de necesidad, eficacia, proporcionalidad, seguridad jurídica, transparencia y eficiencia, en tanto que la misma persigue el interés general al facilitar la adecuación de la oferta formativa a las demandas de los sectores productivos de Castilla-La Mancha, ampliar la oferta de formación profesional, avanzar en la integración de la formación profesional en el conjunto del sistema educativo de la Comunidad Autónoma, y su implicación con los agentes sociales y las empresas privadas; no existiendo ninguna alternativa regulatoria menos restrictiva de derechos, resulta coherente con el ordenamiento jurídico y permite una gestión más eficiente de los recursos públicos. Del mismo modo, durante el procedimiento de elaboración de la norma se ha permitido la participación activa de los potenciales destinatarios a través, en su caso, del trámite de audiencia e información pública o de los órganos específicos de participación y consulta y quedan justificados los objetivos que persigue la ley.

En el procedimiento de elaboración de este decreto se ha consultado a la Mesa Sectorial de Educación y han emitido dictamen el Consejo Escolar de Castilla-La Mancha y el Consejo de Formación Profesional de Castilla-La Mancha.

En su virtud, a propuesta de la Consejera de Educación, Cultura y Deportes, de acuerdo/oído el Consejo Consultivo y, previa deliberación del Consejo de Gobierno en su reunión de X de X de 2022,

### **Artículo 1. Objeto.**

El decreto tiene como objeto establecer el currículo del curso de especialización de Formación Profesional en Materiales compuestos en la industria aeroespacial, en el ámbito territorial de la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha, teniendo en cuenta sus características geográficas, socio-productivas, laborales y educativas, complementando lo dispuesto en el Real Decreto 1153/2021, de 28 de diciembre, por el que se establece el Curso de especialización en Materiales compuestos en la industria aeroespacial y se fijan los aspectos básicos del currículo.

### **Artículo 2. Identificación.**

De acuerdo con lo establecido en el artículo 2 del Real Decreto 1153/2021, de 28 de diciembre, el curso de especialización de Formación Profesional en Materiales compuestos en la industria aeroespacial, queda identificado por los siguientes elementos:

Denominación: Materiales compuestos en la industria aeroespacial.

Nivel: Formación Profesional de Grado Superior.

Duración: 600 horas.

Familia Profesional: Fabricación Mecánica (Únicamente a efectos de clasificación de las enseñanzas de formación profesional).

Rama de conocimiento: Ingeniería y Arquitectura.

Equivalencia en créditos ECTS: 36.

Referente en la Clasificación Internacional Normalizada de la Educación: P-5.5.4.

### **Artículo 3. Requisitos de acceso al curso de especialización.**

De acuerdo con lo establecido en el artículo 13 del Real Decreto 1153/2021, de 28 de diciembre, para acceder al curso de especialización en Materiales compuestos en la industria aeroespacial es necesario estar en posesión de alguno de los siguientes títulos:

a) Título de Técnico Superior en Programación de la Producción en Fabricación Mecánica, establecido por el Real Decreto 1687/2007, de 14 de diciembre, por el que se establece el título de Técnico Superior en Programación de la Producción en Fabricación Mecánica y se fijan sus enseñanzas mínimas.

b) Título de Técnico Superior en Sistemas Electrotécnicos y Automatizados, establecido por el Real Decreto 1127/2010, de 10 de septiembre, por el que se establece el título de Técnico Superior en Sistemas Electrotécnicos y Automatizados y se fijan sus enseñanzas mínimas.

c) Título de Técnico Superior en Programación de la Producción en Moldeo de Metales y Polímeros, establecido por el Real Decreto 882/2011, de 24 de junio, por el que se establece el título de Técnico Superior en Programación de la Producción en Moldeo de Metales y Polímeros y se fijan sus enseñanzas mínimas.

d) Título de Técnico Superior en Mecatrónica Industrial, establecido por el Real Decreto 1576/2011, de 4 de noviembre, por el que se establece el Título de Técnico Superior en Mecatrónica Industrial y se fijan sus enseñanzas mínimas.

e) Título de Técnico Superior en Automatización y Robótica Industrial, establecido por el Real Decreto 1581/2011, de 4 de noviembre, por el que se establece el Título de Técnico Superior en Automatización y Robótica Industrial y se fijan sus enseñanzas mínimas.

### **Artículo 4. Referentes del curso de especialización.**

En el Real Decreto 1153/2021, de 28 de diciembre, quedan definidos el perfil profesional, la competencia general, las competencias profesionales, personales y sociales, entorno profesional, prospectiva en el sector o sectores, objetivos generales, y accesos, correspondientes al curso.

### **Artículo 5. Módulos profesionales: Duración y distribución horaria.**

1. Módulos profesionales del curso de especialización:

5083. Fabricación de elementos aeroespaciales de materiales compuestos por moldeo manual.

5084. Fabricación automática en materiales compuestos.

5085. Polimerización y mecanizado de piezas aeroespaciales de material compuesto.

5086. Verificación de elementos de materiales compuestos.

2. La duración y distribución horaria semanal ordinaria de los módulos profesionales del curso de especialización son las establecidas en el anexo I. El número de horas semanales está establecido para una duración del curso de especialización de dos trimestres o tres trimestres.

### **Artículo 6. Flexibilización de la oferta.**

La Consejería con competencias en materia de educación podrá diseñar otras distribuciones horarias semanales de los módulos del curso de especialización distintas a las establecidas,

encaminadas a la realización de una oferta más flexible y adecuada a la realidad social y económica del entorno. En todo caso, se mantendrá la duración total establecida para cada módulo profesional.

#### **Artículo 7. Resultados de aprendizaje, criterios de evaluación, duración, contenidos y orientaciones pedagógicas de los módulos profesionales.**

1. Los resultados de aprendizaje, criterios de evaluación, duración y contenidos del resto de módulos profesionales que forman parte del currículo del curso de especialización de Formación Profesional en Materiales compuestos en la industria aeroespacial, en Castilla-La Mancha son los establecidos en el anexo II de este decreto.

2. Las orientaciones pedagógicas de los módulos profesionales que forman parte del título del ciclo formativo de Grado Superior Materiales compuestos en la industria aeroespacial son las establecidas en el anexo I del Real Decreto 1153/2021, de 28 de diciembre.

#### **Artículo 8. Profesorado.**

1. La docencia de los módulos profesionales que constituyen las enseñanzas de este curso de especialización corresponde al profesorado del Cuerpo de Catedráticos de Enseñanza Secundaria, del Cuerpo de Profesores de Enseñanza Secundaria y del Cuerpo de Profesores Técnicos de Formación Profesional, según proceda, de las especialidades establecidas en el anexo III A) del Real Decreto 1153/2021, de 28 de diciembre.

2. Las titulaciones requeridas para acceder a los cuerpos docentes citados son, con carácter general, las establecidas en el artículo 13 del Reglamento de ingreso, accesos y adquisición de nuevas especialidades en los cuerpos docentes a que se refiere la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación, aprobado por el Real Decreto 276/2007 de 23 de febrero.

3. El profesorado especialista tendrá atribuida la competencia docente de los módulos profesionales especificados en el anexo III A) del Real Decreto 1153/2021, de 28 de diciembre.

4. El profesorado especialista deberá cumplir los requisitos generales exigidos para el ingreso en la función pública docente establecidos en el artículo 12 del Reglamento de ingreso, accesos y adquisición de nuevas especialidades en los cuerpos docentes a que se refiere la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, aprobado por el Real Decreto 276/2007, de 23 de febrero.

5. Además, con el fin de garantizar que se da respuesta a las necesidades de los procesos involucrados en el módulo profesional, es necesario que el profesorado especialista acredite al inicio de cada nombramiento una experiencia profesional reconocida en el campo laboral correspondiente, debidamente actualizada, de al menos dos años de ejercicio profesional en los cuatro años inmediatamente anteriores al nombramiento.

6. Para el profesorado de los centros de titularidad privada, de otras administraciones distintas de las educativas, las titulaciones requeridas y los requisitos necesarios para la impartición de los módulos profesionales que conforman el curso de especialización son las incluidas en el anexo III C) del Real Decreto 1153/2021, de 28 de diciembre. En todo caso, se exigirá que las enseñanzas conducentes a las titulaciones citadas engloben los objetivos de los módulos profesionales expresados en resultados de aprendizaje y, si dichos objetivos no estuvieran incluidos, además de la titulación deberá acreditarse, mediante certificación, una experiencia laboral de, al menos, tres años en el sector vinculado a la familia profesional, realizando actividades productivas en empresas relacionadas implícitamente con los resultados de aprendizaje.

7. Para las titulaciones habilitantes a efectos de docencia, se atenderá a lo establecido en la disposición adicional cuarta del Real Decreto 1153/2021, de 28 de diciembre.

#### **Artículo 9. Espacios y equipamientos.**

1. Los espacios y equipamientos mínimos necesarios para el desarrollo de las enseñanzas del curso de especialización de Formación Profesional en Materiales compuestos en la industria aeroespacial, son los establecidos en el anexo III de este decreto.

2. Las condiciones de los espacios y equipamientos son las establecidas en el artículo 10 del Real Decreto 1153/2021, de 28 de diciembre, que, en todo caso, deberán cumplir la normativa sobre igualdad de oportunidades, diseño para todos y accesibilidad universal, prevención de riesgos laborales y seguridad y salud en el puesto de trabajo.

#### **Artículo 10. Requisitos de los centros que impartan los cursos de especialización.**

Los centros docentes que oferten este curso de especialización deberán cumplir, además de lo establecido en este Decreto, el requisito de impartir alguno de los títulos que dan acceso al mismo y que figuran en el artículo 3 de este Decreto.

#### **Disposición adicional única. Autonomía pedagógica de los centros.**

Los centros autorizados para impartir el curso de especialización en Materiales compuestos en la industria aeroespacial concretarán y desarrollarán las medidas organizativas y curriculares que resulten más adecuadas a las características de su alumnado y de su entorno productivo, de manera flexible y en uso de su autonomía pedagógica, en el marco legal del proyecto educativo, en los términos establecidos por la Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006 de 3 de mayo, y en el Capítulo II del Título III de la Ley 7/2010, de 20 de julio, de Educación de Castilla-La Mancha, e incluirán los elementos necesarios para garantizar que las personas que cursen el ciclo formativo indicado desarrollen las competencias incluidas en el currículo en “diseño para todos”.

#### **Disposición final primera. Implantación del currículo.**

El currículo se implantará en todos los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha, autorizados para impartirlo, a partir del curso escolar 2022/2023.

#### **Disposición final segunda. Desarrollo.**

Se autoriza a la persona titular de la Consejería competente en materia educativa, para dictar las disposiciones que sean precisas para la aplicación de lo dispuesto en este decreto.

#### **Disposición final tercera. Entrada en vigor.**

Este decreto entrará en vigor a los veinte días de su publicación en el Diario Oficial de Castilla-La Mancha.

Dado en Toledo, el X de X de 2022

La Consejera de Educación, Cultura y Deportes

El Presidente

**ANEXO I****Duración de los módulos profesionales y la asignación horaria semanal**

Módulos Profesionales	Horas totales	Distribución horaria semanal (Tres trimestres: 32 semanas)	Distribución horaria semanal (Dos trimestres: 21 semanas)
5083. Fabricación de elementos aeroespaciales de materiales compuestos por moldeo manual.	180	6	9
5084. Fabricación automática en materiales compuestos.	180	6	9
5085. Polimerización y mecanizado de piezas aeroespaciales de material compuesto.	150	5	7
5086. Verificación de elementos de materiales compuestos.	90	3	5
	<b>600</b>	<b>20</b>	<b>30</b>

**ANEXO II****Módulos Profesionales**

**Módulo Profesional: Fabricación de elementos aeroespaciales de materiales compuestos por moldeo manual.**

**Equivalencia en créditos ECTS: 11.**

**Código: 5083.**

**Resultados de aprendizaje y criterios de evaluación.**

1. Determina recursos para la fabricación y supervisión de materiales compuestos, siguiendo las instrucciones de fabricación.

Criterios de evaluación:

- a) Se han relacionado los requerimientos que debe cumplir el producto obtenido (dimensiones, tolerancias, niveles de calidad, entre otros).
- b) Se han identificado los materiales necesarios.
- c) Se han identificado los útiles, las herramientas, y los instrumentos de medición/control.
- d) Se han descrito realizando un flujograma con las diferentes fases, operaciones y parámetros que intervienen en el proceso, relacionándolos con las variables del proceso de transformación y las características del producto final.
- e) Se ha realizado un flujograma con las diferentes fases, operaciones y parámetros que intervienen en el proceso de fabricación.
- f) Se han determinado las instalaciones, equipos y medios de trabajo para realizar el proceso.
- g) Se han identificado los equipos de protección personal a utilizar en cada etapa del proceso.
- h) Se han identificado los requisitos de protección ambiental (segregación de residuos) en cada etapa del proceso.

2. Prepara materiales y útiles en la fabricación manual de elementos aeroespaciales siguiendo las instrucciones de la documentación técnica de fabricación.

Criterios de evaluación:

- a) Se han utilizado los elementos de manipulación de materia prima y útiles requeridos.
- b) Se han relacionado los requerimientos que deben cumplir los útiles para una correcta utilización y el control de su estado.
- c) Se ha realizado cada una las fases de la preparación superficial necesarias.
- d) Se han atemperado materiales de acuerdo a las instrucciones.
- e) Se han preparado las herramientas e instrumentos de control / medición, asegurando su correcto estado de utilización.
- f) Se han preparado las herramientas e instrucciones de control y medición.
- g) Se han revisado los requerimientos de trazabilidad del proceso y su documentación.
- h) Se ha relacionado la normativa de prevención y de protección ambiental, específicas de la manipulación de útiles y materia prima.

3. Corta patrones manualmente teniendo en cuenta la documentación técnica de fabricación.

Criterios de evaluación:

- a) Se ha verificado que las zonas de trabajo de corte de los materiales, están limpias y con la humedad y temperatura controladas y de acuerdo a las especificaciones técnicas.
- b) Se ha comprobado el estado de los útiles y las herramientas de corte.
- c) Se ha utilizado la técnica de corte, plantillas y herramientas de acuerdo al material a cortar.
- d) Se han identificado en la materia prima las direcciones de fibra del material (trama y urdimbre), relacionándolas con la dirección de fibra de los patrones a obtener.
- e) Se han cortado manualmente los patrones de acuerdo a la documentación aplicable.
- f) Se ha asegurado la ausencia de contaminación en los materiales cortados manteniendo sus protecciones y manipulándolos de acuerdo a la documentación de fabricación.
- g) Se registran los materiales y sus tiempos de exposición manteniendo su trazabilidad y control.

h) Se ha cumplido la normativa de prevención de riesgos laborales y se han segregado los residuos de acuerdo a la normativa de protección ambiental.

4. Laminado manualmente los patrones siguiendo la documentación técnica aplicable.

Criterios de evaluación:

- a) Se han relacionado los requerimientos de la documentación de fabricación para el laminado de patrones.
- b) Se han propuesto soluciones para evitar los defectos localizados.
- c) Se han utilizados los útiles auxiliares para el laminado, localizándolos y fijándolos adecuadamente.
- d) Se han laminado los patrones sobre el útil, u otros patrones laminados anteriormente (apilado).
- e) Se ha prestado especial atención a la dirección de la fibra y situación marcadas en los útiles.
- f) Se han realizado las compactaciones del laminado requeridas.
- g) Se han actualizado los distintos documentos de fabricación y control del utillaje, para asegurar la trazabilidad de los productos obtenidos y el control del utillaje.
- h) Se ha asegurado la trazabilidad de los productos utilizando los documentos relativos al lote, registros de control de tiempos y mecanismos de comunicación de anomalías e incidencias de los materiales.
- i) Se ha cumplido la normativa de prevención de riesgos laborales y se han segregado los residuos de acuerdo a la normativa de protección ambiental.

5. Realiza bolsas de vacío de compactación y de curado, siguiendo la documentación de fabricación y técnicas de trabajo establecidas.

Criterios de evaluación:

- a) Se han relacionado los detalles de la documentación de fabricación.
- b) Se han relacionado los defectos que pueden originarse por una deficiente preparación de bolsa de vacío, sus consecuencias y a cómo evitarlos.
- c) Se han instalado los elementos de control (tomas de vacío y termopares) atendiendo a la documentación aplicable.
- d) Se ha verificado que la bolsa de vacío esté exenta de zonas susceptibles de roturas.
- e) Se ha comprobado la realización de la bolsa de vacío y verificado su estanqueidad.
- f) Se ha mantenido la bolsa de vacío en condiciones de espera hasta la siguiente etapa del proceso.
- g) Se ha cumplido la normativa de prevención y protección ambiental.
- h) Se han respetado las restricciones establecidas para la sala limpias, en cuanto humedad, temperatura y sobrepresión.

**Duración: 180 horas.**

**Contenidos:**

Determinación de recursos en el proceso de fabricación con materiales compuestos:

- Introducción. Instalaciones, equipos y medios en la fabricación de elementos aeroespaciales.
- Tipos de preimpregnados y sus características físicas.
- Salud, seguridad y manipulación.
- Métodos de fabricación. Fases de fabricación. Flujogramas de fases de fabricación y procesos. Procesos de mejora continua.
- Filosofía LEAN. Procesos de mejora continua mediante la digitalización, entre otros.

- Herramientas, útiles e instrumentos de medida y control.
- Materias primas para fabricación en material compuesto:
  - o Fibras:
    - Fibra de carbono.
    - Fibras orgánicas.
    - Fibra de polietileno.
    - Fibra de vidrio.
    - Fibra de boro.
    - Fibra de carburo de silicio.
    - Fibra de cuarzo.
    - Otras fibras cerámicas.
    - Fibras metálicas.

#### Preparación de materiales y útiles:

- Matrices (Resinas):
  - o Resinas Epoxi.
  - o Resinas viniléster.
  - o Resinas de ésteres cianato.
  - o Resinas polieteramida.
  - o Resinas de poliéster no saturado.
  - o Resinas fenólicas.
  - o Resinas de bismaleimida y poliimida.
  - o Matrices termoplásticas.
- Elastómeros.
- Interfase fibra - matriz.
- Cargas y aditivos.
- Utillajes.
- Criterios de elección de los constituyentes.
- Otros materiales:
  - o Tejidos pelables ("peel-ply").
  - o Tejidos impermeabilizantes ("tedlar").
- Recubrimientos:
  - o Introducción.
  - o Gel coat.
  - o Aplicaciones de gel coat.
- Sistemas de materiales compuestos:
  - o Sistemas de materiales compuestos de fibra de carbono.
  - o Sistemas de materiales compuestos de fibra de vidrio.
  - o Sistemas híbridos.

#### Corte manual de patrones de material compuesto:

- Concepto del kit de materiales.
- Cortes manual y automático (CN).
- Requerimientos en la formación de kits de materiales:
  - o Trazabilidad de los materiales.
  - o Control de tiempos de exposición a temperatura ambiente de los materiales.
  - o Protección de los materiales.
- Reglas básicas del corte manual.

#### Laminado manual (o moldeo) de material compuesto:

- Conceptos de laminado, sándwich y orientación de distintas capas.
- Capas completas, refuerzos, rellenos y "roving", entre otros.

- Reglas básicas del laminado.
- Compactaciones.

Realización de bolsas de vacío de compactación y de curado:

- Materiales auxiliares necesarios:
- Tipos de materiales auxiliares:
  - o Tejidos aireadores, sangradores y separadores.
  - o Películas separadoras.
  - o Películas para bolsa de vacío.
  - o Pasta de sellado (masilla).
  - o Retenedores (corcho, silicona, entre otros).
  - o Cintas adhesivas.
- Funciones de los materiales auxiliares.
- Conceptos: Bolsa con o sin sangrado. Retenedor. Sangrador.
- Mediciones de presión y vacío.
- Tomas de vacío.
- Termopares.
- Detección de pérdidas.
- Buenas prácticas en la ejecución de una bolsa de vacío.

**Módulo Profesional: Fabricación automática en materiales compuestos.**  
**Equivalencia en créditos ECTS: 11.**  
**Código: 5084.**

#### **Resultados de aprendizaje y criterios de evaluación.**

1. Configura el funcionamiento de máquinas de control numérico para el corte de la materia prima para fabricación en materiales compuestos preimpregnados.

Criterios de evaluación:

- a) Se han configurado los sistemas específicos de las máquinas de corte.
- b) Se han apuntado los detalles en la documentación / información necesaria para esta operación.
- c) Se han revisado los sistemas de seguridad y protección personal específicos para estas máquinas.
- d) Se han descrito los sistemas específicos de manipulación de material en las máquinas de corte.
- e) Se han relacionado las diferentes etapas de estas operaciones (corte-embolsado de kits).
- f) Se han realizado y descrito las comprobaciones a realizar.
- g) Se han revisado las normativas de prevención y de protección ambiental, específicas de las máquinas de corte.
- h) Se han relacionado y descrito las operaciones de mantenimiento de primer nivel.

2. Conformar piezas planas mediante máquinas de conformado caliente, relacionándolo con su función y aplicación en los procesos de fabricación.

Criterios de evaluación:

- a) Se han identificado los sistemas específicos de las máquinas de conformado (vacío, refrigeración, control, entre otros).

- b) Se han relacionado los detalles de la documentación / información necesaria para estas operaciones.
- c) Se han relacionado los sistemas de seguridad y protección personal específicos para estas máquinas.
- d) Se han relacionado las características de los útiles de conformado.
- e) Se han relacionado las diferentes etapas de la operación de conformado.
- f) Se ha realizado el conformado según comprobaciones establecidas, así como los posibles defectos que pueden originarse en las operaciones de conformado: consecuencias, causa raíz y cómo evitarlos.
- g) Se han llevado a cabo las normativas de prevención y de protección ambiental, específicas de las máquinas de conformado.
- h) Se han realizado y descrito las operaciones de mantenimiento de primer nivel.

3. Configura el funcionamiento de máquinas para el posicionado de cinta ATL (*automatic tape lay up* - laminado automático de cinta en superficies planas o con radios muy amplios), relacionándolo con su función y aplicación en los procesos de fabricación.

Criterios de evaluación:

- a) Se han configurado los sistemas específicos de las máquinas de ATL (alimentación del material, enfriamiento – calentamiento del material, corte del material, recogida de film protector, entre otros).
- b) Se han anotado los detalles en la documentación e información necesarios para el posicionado de cinta (ATL): orden de producción, programa de laminado, hojas de control de tiempos de exposición, entre otros.
- c) Se han activado los sistemas de seguridad y protección personal específicos para las máquinas de ATL.
- d) Se han descrito los requisitos de preparación de útiles de laminado y de la materia prima, para ATL.
- e) Se han relacionado y descrito las comprobaciones a realizar, así como los posibles defectos que pueden originarse en las operaciones de ATL: consecuencias, causa raíz y cómo evitarlos.
- f) Se han desarrollado los requerimientos de la normativa de prevención y de protección ambiental, específicas de las máquinas de posicionado de cinta.
- g) Se han descrito, relacionado y ajustado las variables programables para el encintado desde el panel de control (velocidad de encintado, temperatura de cabezal, offset de máquina, presión de cabezal) relacionándolas con el tipo de material, configuración de laminado a encintar, espesor de laminado y los requisitos pedidos en calidad de pieza.
- h) Se han realizado las operaciones de mantenimiento de primer nivel.

4. Configura el funcionamiento de máquinas para el posicionado de cinta FP (*fiber placement* - laminado automático de cinta en superficies con radios reducidos), relacionándolo con su función y aplicación en los procesos de fabricación.

Criterios de evaluación:

- a) Se han identificado los sistemas específicos de la máquina FP (alimentación del material, enfriamiento – calentamiento del material, corte del material, recogida de film protector, entre otros).
- b) Se han descrito los detalles en la documentación e información necesarios para el posicionado de cinta (FP): orden de producción, programa de laminado, hojas de control de tiempos de exposición, entre otros.

- c) Se han activado los sistemas de seguridad y protección personal específicos para las máquinas de FP.
- d) Se han desarrollado los requisitos de preparación de útiles de laminado y de la materia prima, para FP.
- e) Se han relacionado y descrito las comprobaciones a realizar, así como los posibles defectos que pueden originarse en las operaciones de FP: consecuencias, causa raíz y cómo evitarlos.
- f) Se han enumerado los requerimientos de la normativa de prevención y de protección ambiental, específicas de las máquinas de posicionado de cinta.
- g) Se han descrito, relacionado y ajustado las variables programables para el encintado desde el panel de control (velocidad de encintado, temperatura de cabezal, offset de máquina, presión de cabezal) relacionándolas con el tipo de material, configuración de laminado a encintar, espesor de laminado y los requisitos pedidos en calidad de pieza.
- h) Se han realizado las operaciones de mantenimiento de primer nivel.

**Duración: 180 horas.**

**Contenidos:**

Configuración de máquinas de corte:

- Componentes específicos de máquinas de corte.
- Sistemas específicos de máquinas de corte y su aplicación.
- Programación en máquinas de corte.
- Sistemas de manipulación en máquinas de corte.
- Sistemas específicos de seguridad y protección personal en máquinas de corte.
- Documentación de las operaciones de corte. Aplicación de la filosofía LEAN. Procesos de mejora mediante la digitalización, entre otros.
- Técnicas para la preparación de kit de telas y su aplicación.
- Defectos que pueden originarse en las operaciones de corte: consecuencias, causa raíz y cómo evitarlos.

Conformado de piezas planas por vacío y temperatura:

- Componentes específicos de máquinas de conformado.
- Sistemas específicos de máquinas de conformado (vacío, refrigeración, control, entre otros).
- Programación en máquinas de conformado.
- Sistemas de manipulación en máquinas de conformado.
- Sistemas específicos de seguridad y protección personal en máquinas de conformado.
- Documentación de las operaciones de conformado. Aplicación de la filosofía LEAN. Procesos de mejora mediante la digitalización.
- Defectos que pueden originarse en las operaciones de conformado: consecuencias, causa raíz y cómo evitarlos.

Configuración del funcionamiento de máquinas de laminado ATL:

- Aplicaciones de cada tipo de laminado automático (ATL).
- Componentes específicos de las máquinas ATL.
- Sistemas específicos de las máquinas ATL (alimentación del material, enfriamiento – calentamiento del material, corte del material, recogida de film protector, control, entre otros).
- Programación en ATL.
- Sistemas de manipulación en máquinas ATL.
- Sistemas específicos de seguridad y protección personal en máquinas ATL.
- Requisitos de la preparación útiles de laminado y materia prima, para ATL.

- Documentación de las operaciones de máquinas ATL.
- Defectos que pueden originarse en las operaciones de ATL: consecuencias, causa raíz y cómo evitarlos.
- Aplicación de la filosofía LEAN. Procesos de mejora mediante la digitalización.

Configuración del funcionamiento de máquinas de laminado FP:

- Aplicaciones de cada tipo de laminado automático (FP).
- Componentes específicos de las máquinas FP.
- Sistemas específicos de las máquinas FP (alimentación del material, enfriamiento – calentamiento del material, corte del material, recogida de film protector, control, entre otros).
- Programación en FP.
- Sistemas de manipulación en máquinas FP.
- Sistemas específicos de seguridad y protección personal en máquinas FP.
- Requisitos de la preparación útiles de laminado y materia prima, para FP.
- Documentación de las operaciones de máquinas FP.
- Defectos que pueden originarse en las operaciones de ATL y FP: consecuencias, causa raíz y cómo evitarlos.
- Aplicación de la filosofía LEAN. Procesos de mejora mediante la digitalización.

### **Módulo Profesional: Polimerización y mecanizado de piezas aeroespaciales de material compuesto.**

**Equivalencia en créditos ECTS: 9.**

**Código: 5085.**

#### **Resultados de aprendizaje y criterios de evaluación.**

1. Carga piezas procedentes de la sala blanca (lay-up), en la autoclave siguiendo las indicaciones del esquema de carga.

Criterios de evaluación:

- a) Se han agrupado las piezas según el tipo de ciclo.
- b) Se han cargado las piezas e identificado según esquema de carga.
- c) Se han conectado las piezas al vacío de la autoclave y anotado en el esquema de carga.
- d) Se han conectado los termopares a la autoclave y anotado en el esquema de carga.
- e) Se ha verificado la estanqueidad de las piezas mediante sistema de vacío de la autoclave (prueba de vacío).
- f) Se ha recogido en la documentación de cada pieza (orden de proceso).
- g) Se ha verificado la ausencia de cualquier elemento que pueda originar un incendio.
- h) Se han tenido en cuenta las condiciones de seguridad y salud laboral.

2. Configura y pone en marcha la autoclave teniendo en cuenta el ciclo de funcionamiento establecido.

Criterios de evaluación:

- a) Se ha seleccionado la receta del ciclo de autoclave (perfiles de temperatura, presión y vacío).
- b) Se ha seleccionado el fluido con el que presurizar (aire o nitrógeno) y sus proporciones.
- c) Se ha verificado el cierre de la autoclave.
- d) Se han realizado las operaciones de puesta en marcha de la autoclave.

- e) Se han controlado el cumplimiento de los parámetros corrigiendo las desviaciones observadas.
  - f) Se ha enfriado la autoclave y se despresuriza.
  - g) Se han descargado y desmoldeado las piezas de la autoclave.
  - h) Se han tenido en cuenta las condiciones de seguridad y salud laboral.
3. Desconecta las tomas de vacíos y termopares, procediendo a la descarga de la autoclave.

Criterios de evaluación:

- a) Se ha comprobado la ausencia de nitrógeno en el interior de la autoclave.
  - b) Se ha desconectado las mangueras de vacío.
  - c) Se ha desconectado los termopares.
  - d) Se han revisado los termopares para siguientes ciclos.
  - e) Se ha procedido a sacar el carro de la autoclave.
  - f) Se ha descargado la autoclave mediante puente grúa o máquina elevadora
  - g) Se han colocado los útiles sobre elementos de soporte.
  - h) Se ha asignado la documentación (orden de proceso) a cada pieza.
4. Desmoldea elementos polimerizados en la autoclave teniendo en cuenta lo establecido en las ordenes de proceso.

Criterios de evaluación:

- a) Se ha retirado los materiales auxiliares.
- b) Se han retirado tomas de vacío reutilizables.
- c) Se ha procedido a dar los taladros de utillaje.
- d) Se han retirado los termopares de la pieza.
- e) Se ha desmoldeado la pieza con apoyo de elementos auxiliares no metálicos, o con dispositivos automáticos.
- f) Se han recogido probetas de ciclo para envío al laboratorio.
- g) Se ha cumplimentado las ordenes de producción referente al desmoldeo.
- h) Se han tenido en cuenta las condiciones de seguridad y salud laboral.

5. Limpia útiles y aplica agentes desmoldeantes preparándolos para siguientes laminaciones.

Criterios de evaluación:

- a) Se han eliminado restos de resina y otras impurezas de la superficie del útil.
- b) Se han protegido las zonas sensibles a los agentes desmoldeantes.
- c) Se ha aplicado agentes desmoldeantes en toda la superficie del útil.
- d) Se ha dejado secar los agentes desmoldeantes.
- e) Se han guardado los útiles en estanterías a la espera de futuros usos.

6. Recantea y mecaniza las piezas obtenidas verificando que cumplen las especificaciones indicadas en la documentación técnica y ajustándolas si procede.

Criterios de evaluación:

- a) Se han seleccionado los útiles/patronos para la realización del mecanizado.
- b) Se han seleccionado las herramientas de corte.
- c) Se ha seleccionado el programa de mecanizado para conseguir medidas finales de pieza.
- d) Se han eliminado las rebabas.

- e) Se han identificado la posición de los taladros en los planos.
- f) Se ha cumplimentado la documentación anotando datos solicitados en la orden de proceso.
- g) Se han tenido en cuenta las condiciones de seguridad y salud laboral.
- h) Se han tratado los residuos generados de acuerdo a la normativa vigente.

**Duración: 150 horas.**

**Contenidos:**

Cargado de piezas en la autoclave:

- Autoclaves: estructura, características, tipos.
- Planos de carga: interpretación y obtención de datos.
- Tomas de vacío: función y conexionado.
- Termopares: tipos, función y conexionado.
- Carga de probetas de control de ciclo.
- Estanqueidad de las piezas.
- Normas de seguridad.

Configuración y puesta en marcha de ciclos de autoclave y otros medios de polimerización:

- Propiedades del material compuesto. Aplicación de temperatura presión y vacío.
- Calentamiento del fluido (aire/ Nitrógeno).
- Calentamiento del molde.
- Grado de curado. Viscosidad mínima y gelificación de la resina.
- Flujo de la resina.
- Presiones aplicables en ciclos monolítico o estructuras sándwich.
- Tiempos de calentamiento, estabilizado y enfriamiento.
- Ventilación y vacío.
- Ciclos de postcurado.
- Roturas de bolsa y abortos de ciclo.
- Otras formas de curado (hornos, sicoteva, platos calientes, lámparas de infrarrojos, curados rápidos, entre otros).

Desconexión y descarga del ciclo de autoclave después de la polimerización:

- Uso de documentación asociada al desmoldeo.
- Aseguramiento de ausencia de volátiles nocivos y de nitrógeno.
- Desconexión tomas de vacío y termopares.
- Comprobación del estado de termopares y mangueras de vacío.
- Uso de Puentes grúa, plataformas elevadoras y gradas.
- Garantía de trazabilidad del proceso.
- Limpieza y acondicionamiento lugar de descarga.
- Desmoldeo y tratamiento de probetas de ciclo.

Desmoldeo de elementos o piezas polimerizadas en la autoclave:

- Tipos y usos de herramientas de desmoldeo.
- Uso de utillaje auxiliar.
- Segregación de residuos de materiales auxiliares.
- Inspección visual de piezas desmoldeadas.
- Condiciones de seguridad y salud laboral en desmoldeo.

Limpieza y reparación del utillaje para próximas ejecuciones:

- Materiales químicos para limpieza y desengrasado.
- Aplicación de agentes desmoldeantes.
- Materiales auxiliares afines al desmoldeo.
- Duración de los desmoldeantes.
- Limpieza por láser.
- Limpieza mediante proyección de hielo seco.
- Normas de seguridad aplicables a cada tipo de limpieza.

Recanteado y mecanización de las piezas de material compuesto:

- Recanteado y mecanizado de piezas.
- Tipos de máquinas para mecanizado y recanteado.
- Herramientas de corte (fresas, brocas, escariadores, entre otras)
- Útiles de recanteo y taladrado manual.
- Útiles para recanteo por control numérico.
- Velocidades de corte.
- Fluidos refrigerantes.
- Limpieza y acabado superficial.
- Tratamiento de materiales sobrantes.

**Módulo Profesional: Verificación de elementos de materiales compuestos.**  
**Equivalencia en créditos ECTS: 5.**  
**Código: 5086.**

### **Resultados de aprendizaje y criterios de evaluación.**

1. Revisa la cumplimentación de las operaciones de fabricación de las piezas de acuerdo a la normativa aplicable.

Criterios de evaluación:

- a) Se han verificado el cumplimentado de las operaciones de moldeo.
- b) Se han comprobado las horas de exposición de los materiales.
- c) Se ha comprobado que los materiales utilizados son los indicados en la orden de proceso.
- d) Se han verificado el cumplimiento de los parámetros del ciclo de autoclave según indica la orden de proceso.
- e) Se han verificado programas de mecanizado o utillaje utilizado.
- f) Se han comprobado los resultados de las probetas de ciclo.

2. Verifica las piezas y cumplimenta las instrucciones de verificación de acuerdo a los procedimientos establecidos.

Criterios de evaluación:

- a) Se han verificado visualmente la pieza.
- b) Se han anotado las dimensiones pedidas en la instrucción de verificación.
- c) Se ha realizado la memoria de control en piezas intercambiables.
- d) Se han anotado los elementos de medida utilizados en la verificación.
- e) Se ha seleccionado programa de medición.
- f) Se han calibrado los palpadores de medición.
- g) Se han comparado y analizado diferencias entre valores obtenidos y valores de plano.
- h) Se han emitido hojas de no conformidad en caso de desviaciones.
- i) Identificación final de pieza.

3. Realiza ensayos de laboratorio a la materia prima y probetas de ciclo verificando la calidad del producto.

Criterios de evaluación:

- a) Se han tomado muestras de materia prima para la realización de ensayos.
- b) Se han realizado ensayos de recepción.
- c) Se ha controlado registros de temperatura durante el transporte.
- d) Se han comprobado certificados de conformidad.
- e) Se han realizado ensayos de control de proceso.
- f) Se realizan ensayos destructivos.

4. Realiza ensayos no destructivos a probetas de ciclo procedentes de la autoclave verificando la calidad del producto.

Criterios de evaluación:

- a) Se han seleccionado los métodos de inspección no destructiva.
- b) Se han comprobado la calibración de los equipos de inspección.
- c) Se han verificado piezas mediante ultrasonidos.
- d) Se han realizado ensayos por termografía.
- e) Se han realizado ensayos por RX.
- f) Se han comprobado el cumplimiento de los requisitos específicos de proceso.

5. Realizan el control de aparatos de medida e instrumentos de verificación atendiendo a la normativa aplicable.

Criterios de evaluación:

- a) Se han calibrado los equipos de vacío y presión.
- b) Se han calibrado los equipos de temperatura.
- c) Se han calibrado los equipos eléctricos.
- d) Se han calibrado equipos de masa y fuerza.
- e) Se han calibrado equipos de medida dimensional (calibres, reglas, goniómetros, entre otros).
- f) Se han medido partículas en salas limpias.
- g) Se han realizado cálculos de incertidumbres.

**Duración: 90 horas.**

**Contenidos:**

Revisión de la cumplimentación de las operaciones del proceso. Normativa tratamiento y análisis:

- Directrices básicas de la EN9100.
- Acreditaciones ENAC.
- Normas UNE.
- Criterios de aceptación y rechazo.
- Instrucciones de verificación.
- No conformidades. Tratamiento.
- Flujo producto no conforme. Segregación.
- Elaboración de acciones correctoras.
- Análisis y causas. Diagramas de Pareto e Ishikawa.
- Técnicas de tratamiento estadístico.
- Defectología en materia prima y durante etapas del proceso.

#### Verificación manual y automática de piezas aeronáuticas:

- Equipos e instrumentos de medición dimensional: calibres, micrómetros mesas de Planitud, escuadras reglas y flexómetros, entre otros.
- Útiles de calibración.
- Técnicas de medición dimensional, geométrica y superficial.
- Limpieza aerodinámica.
- Interferencias e intercambiabilidad.
- Evaluación de resultados de las mediciones.
- Selección de equipos para control dimensional.
- Equipamiento para inspecciones visuales. Lentes de aumento, endoscopios, detectores de recubrimiento, sistemas de iluminación por fibra óptica, fotografía, video y tratamiento informático de la imagen.
- Selección de equipos para inspecciones visuales.
- Evaluación de resultados de las inspecciones visuales.
- Maquinas CMM:
  - o Programas de medición.
  - o Calibración de palpadores.
  - o Medición y análisis de diferencias entre valores reales y plano.

#### Realización de ensayos químicos de materia prima y probetas de ciclo:

- Ensayos a materia prima.
- Recepción cuantitativa:
  - o Documentación.
  - o Registro de temperatura.
  - o Certificado de conformidad.
- Ensayos de recepción:
  - o DSC
  - o Cortadura interlaminar.
- Probetas de control de proceso:
  - o Cortadura interlaminar.
  - o Transición vítrea.
  - o Tracción en sentido plano.

#### Realización de ensayos no destructivos:

- Principios físicos de la inspección no destructiva.
- Aplicación de los ensayos no destructivos en la industria aeronáutica.
- Métodos de inspección no destructivos aplicables.
- Ultrasonidos:
  - o Inspección manual y automática.
  - o Equipos.
  - o Piezas patrón.
  - o Medios de acoplamiento.
  - o Palpadores emisores y receptores.
  - o Transductores.
- Radiografía: definición, técnicas y equipos.
- Impedancia magnética.
- Termografía.
- Selección de métodos de inspección no destructiva.
- Documentación aplicable:
  - o Normativa.
  - o Requisitos específicos de proceso.

- o Procedimientos de inspección.
- o Criterios de aceptación.
- Proceso de evaluación de indicaciones.
- Nuevas tecnologías en desarrollo.

Realiza el control de aparatos de medida e instrumentos de verificación:

- Metrología: definición y organización.
- Laboratorio de metrología.
- Conceptos metroológicos: precisión, exactitud, tolerancias, error e incertidumbre.
- Normas sobre instrumentos de medida: trazabilidad y calibración.
- Sistemas de medidas empleados en aeronáutica y su conversión.
- Metrología en masa y fuerza: concepto, unidades, clasificación y equipos.
- Metrología de presión y vacío: concepto, unidades clasificación y equipos.
- Metrología de temperaturas: concepto, unidades, clasificación y equipos.
- Metrología eléctrica: definición, unidades, clasificación y equipos.
- Representación gráfica y simbología.

### Anexo III

#### Espacios y equipamientos mínimos

Espacios mínimos:

Espacio formativo	Superficie m <sup>2</sup>	
	30 alumnos	20 alumnos
Aula de gestión.	90	60
Taller de elementos aeroespaciales.	275	200
Almacén.	50	50

Equipamientos mínimos:

Espacio formativo	Equipamientos mínimos
Aula de gestión.	Ordenadores instalados en red. Conexión a Internet. Medios audiovisuales. Sistemas de reprografía. Aplicaciones ofimáticas Programas informáticos específicos asociados al curso de especialización.
Taller de elementos aeroespaciales.	Instalación neumática de 5kg/cm <sup>2</sup> o superior. Puesto de trabajo formado por bancos de trabajo con tomas de aire comprimido, tomas eléctricas a 220V, tornillos de banco, conexiones neumáticas, mangueras de vacío y alargadores eléctricos. Sala limpia: sala aislada con sistema de aireación, temperatura y humedad controlada con una mesa de 15 m x 1,5 m o de similares dimensiones.

Espacio formativo	Equipamientos mínimos
	<p>Equipo y maquinaria: Autoclave o estufa, máquinas automáticas de encintado, sicoteva, bomba o red de vacío. Vacuómetros, manómetro de presión, mini amoladoras acodadas y rectas de altas rpm, taladro neumático, máquina de recantar automática, arcón congelador a -30°C, aspirador o recinto cerrado con sistema de aspiración, termómetro, balanza de precisión y sierra de cinta entre otras.</p> <p>Herramientas manuales.</p> <p>Equipos de protección individual.</p>
Almacén.	<p>Estanterías (para almacenamiento de telas).</p> <p>Armarios metálicos para herramientas.</p>