

Bienvenid@s

WEBINAR





#WebinarsAEMAC



Dra. ALAITZ REKONDO GARIN
Responsable Polímeros y Composites. CIDETEC
Surface Engineering



Materiales compuestos basados en un epoxi vitrímico con nuevas funcionalidades de Reparabilidad, Reciclabilidad y Reprocesabilidad (Composites 3R)

25 de Marzo 2021, 17:00 (Madrid, GMT+2)

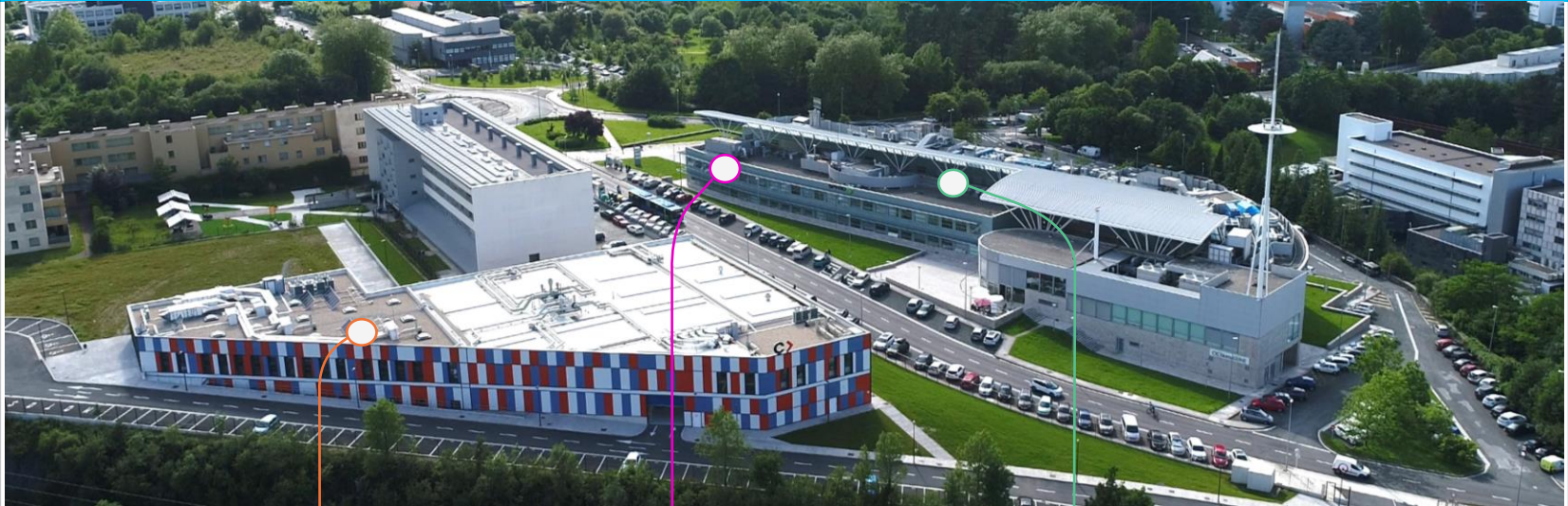


NEREA MARKAIDE ARANA
Coordinadora proyecto AIRPOXY



Materiales compuestos basados en un epoxi vitrímero con nuevas funcionalidades de Reparabilidad, Reciclabilidad y Reprocesabilidad (Composites 3R)





surface engineering



nanomedicine



energy storage



1. **Introducción a los vitrímeros**
 - ✓ Tipos de vitrímeros vs. aproximación de CIDETEC
2. **Vitrímero epoxi basado en disulfuro de aminofenilo (AFD)**
3. **COMPOSITES 3R: nuevas funcionalidades de Reprocesabilidad, Reparabilidad y Reciclabilidad (3R)**
4. **Proyecto AIRPOXY**

1.

Introducción a los Vitrímeros

1. Introducción a los vitrímeros

8

Materiales termoestables dinámicos:

- ¿qué significa?
- ¿cómo se consiguen?

Nuevos conceptos basados en sistemas dinámicos:
COVALENT ADAPTABLE NETWORKS (CANs), DYNAMIC
COVALENT CHEMISTRY (DCC), VITRIMERS

**POLIMEROS
TERMOPLASTICOS**

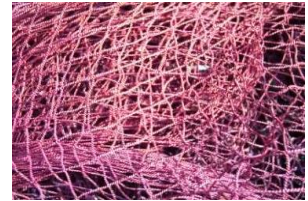


- ✓ Reprocesables
- ✓ Solubles
- ✓ Reciclables
- ✓ Se pueden fundir



**POLIMEROS
TERMOESTABLES**

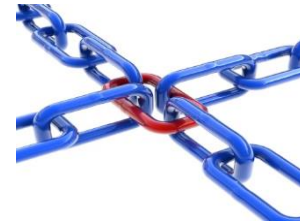
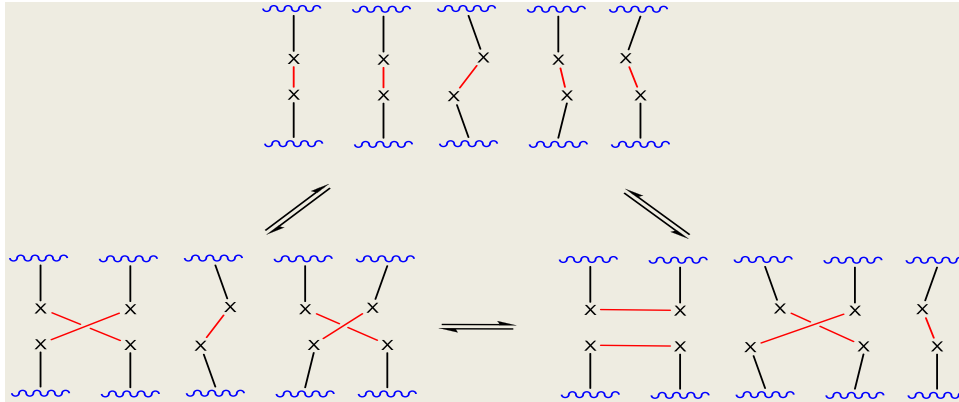
- ✓ No reprocesables
- ✓ Insolubles
- ✓ No reciclables
- ✓ Infusibles



1. Introducción a los vitrímeros

9

Los materiales termoestables dinámicos se basan en estructuras reticuladas que incorporan enlaces reversibles.

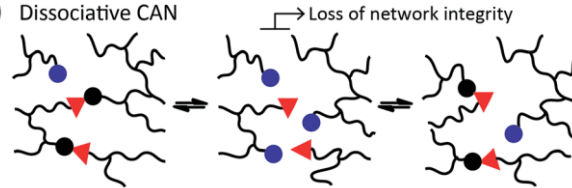


1. Introducción a los vitrímeros

10

Los CANs se pueden clasificar en dos grupos dependiendo del mecanismo de intercambio:

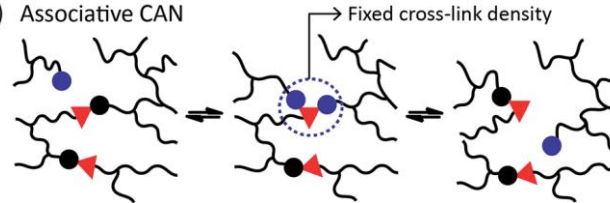
- **CANs disociativos:** a) Dissociative CAN



El enlace dinámico se rompe y se vuelve a formar. El grado de reticulación disminuye durante el proceso dinámico produciéndose una notable disminución de la viscosidad.

Ej: Diels-alder

- **CANs asociativos o vitrímeros:** b) Associative CAN

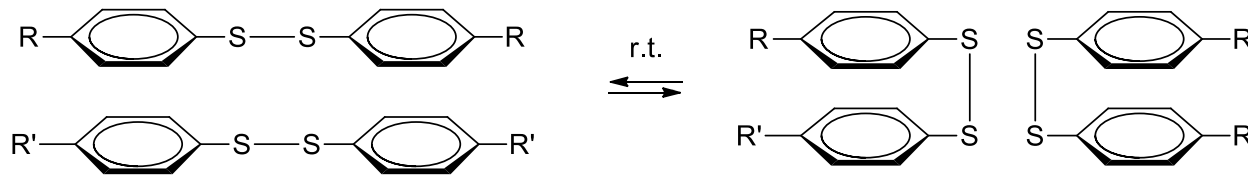


El intercambio se produce manteniéndose el grado de reticulación constante en todo momento y sin que se produzca un cambio brusco de la viscosidad durante el proceso dinámico. **Ej: intercambio de disulfuro, transesterificación, etc.**

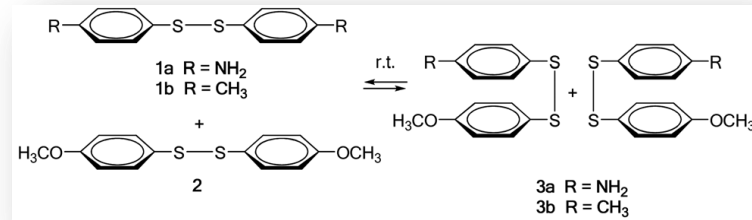
1. Introducción a los vitrímeros

11

Vitrímeros basados en el intercambio del disulfuro aromático:



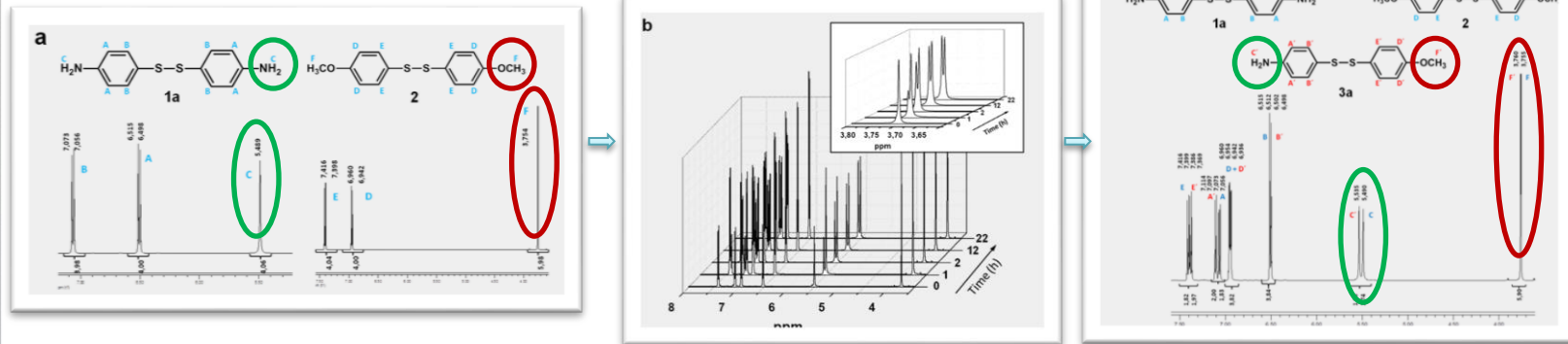
Mediante estudio de ^1H -RMN con moléculas modelo se confirmó que la metátesis de disulfuro aromático ocurre a temperatura ambiente y sin catalizador.



1. Introducción a los vitrímeros

12

Estudio del intercambio del disulfuro aromático por ^1H -RMN



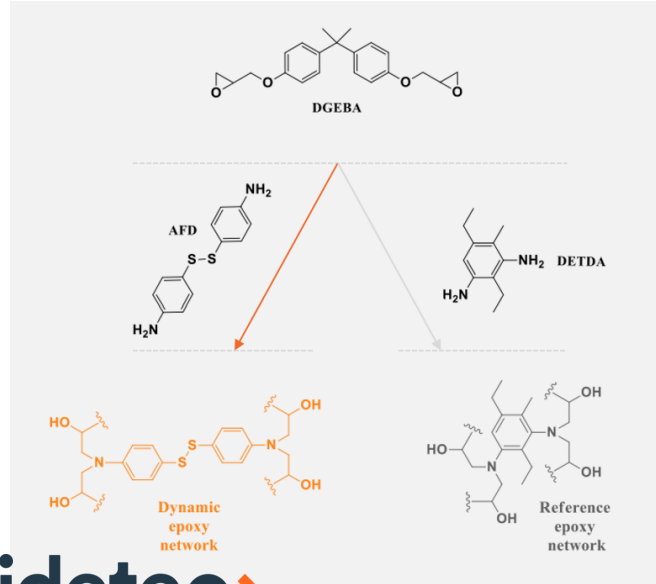
- En ausencia de catalizador y a temperatura ambiente el intercambio empieza en menos de 1 hora y llega al equilibrio en 22 horas obteniéndose una mezcla de 1a (25 mol%), 2 (25 mol%) y 3a (50 mol%).
- En presencia de 0.1 equivalentes NEt_3 el equilibrio se consigue en menos de 1 hora.

2.

Vitrímero epoxi basado en disulfuro de aminofenilo (AFD)

2. Vitrímero epoxi basado en disulfuro de aminofenilo (AFD)

14



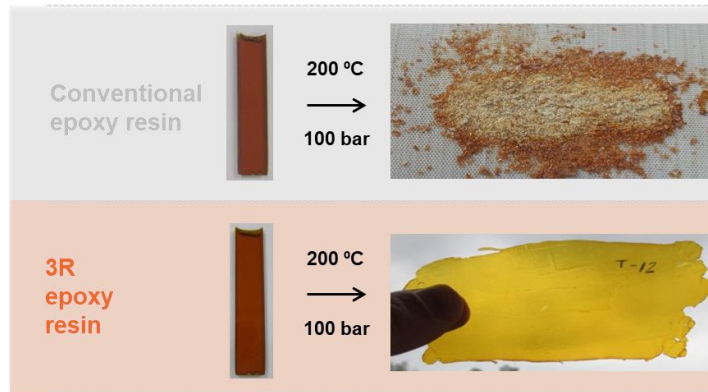
	Reference network	Dynamic network
Tg (DSC) [°C]	127	130
Tg (DMA) [°C]	130	130
Td [°C]	350	300
E' (25°C) [GPa]	2,5	2,6
E' (150°C) [MPa]	20	20
Tracción [MPa]	81	88
Deformación [%]	7,3	7,1

Las propiedades térmicas y mecánicas del vitrímero son comparables a las de una resina epoxi convencional de referencia.

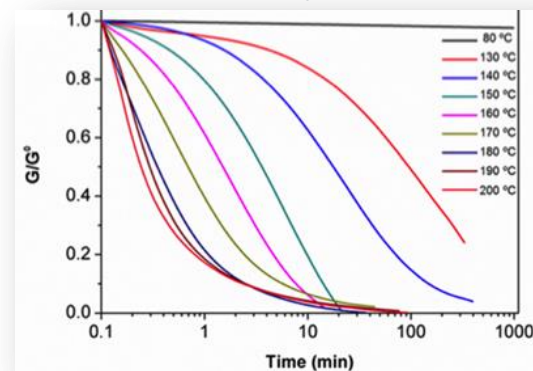
2. Vitrímero epoxi basado en disulfuro de aminofenilo (AFD)

15

Comportamiento de una resina epoxi convencional vs. resina epoxi vitrímica



Caracterización de la relajación de esfuerzo por DMA



A. Ruiz de Luzuriaga et al., *Material Horizon*, 2016, 3, 241.

- A temperaturas por debajo de la T_g (130 °C), el comportamiento es igual a una epoxi convencional.
- A temperaturas por encima de la T_g el vitrímico relaja.
- El tiempo de relajación varía desde 3 horas a 130 °C a 20 segundos a 200 °C.

2. Vitrímero epoxi basado en disulfuro de aminofenilo (AFD)

16

Propiedades innovadoras derivadas del carácter dinámico del vitrímero:

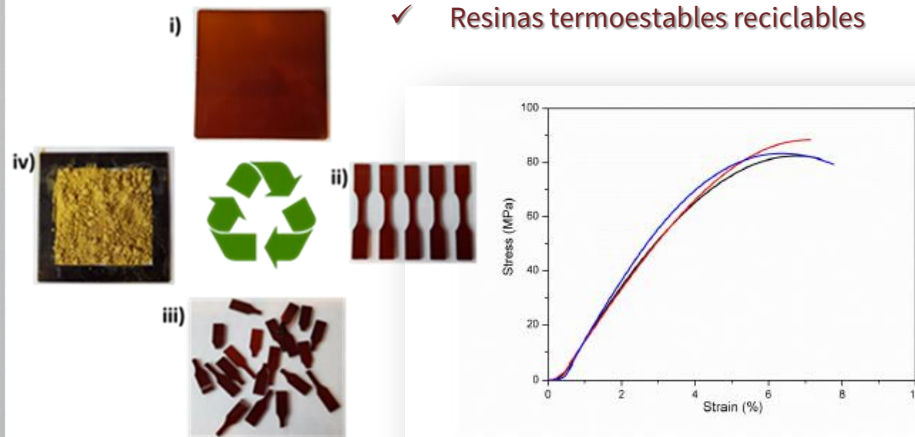
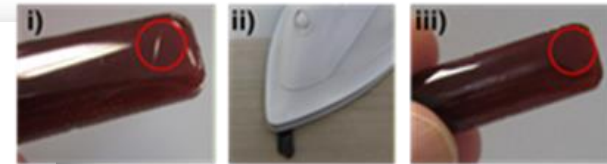


Figure S10. Stress vs. strain curves of reference epoxy network 4 (black trace), dynamic epoxy network 5 (red trace) and recycled dynamic epoxy network (blue trace).

✓ Reparabilidad intrínseca de la resina curada



✓ Daños de grietas se pueden reparar completamente por simple aplicación de presión y temperatura localizada en el daño.

3.

COMPOSITES 3R: nuevas funcionalidades de Reprocesabilidad, Reparabilidad y Reciclabilidad (3R)

3. COMPOSITES 3R: nuevas funcionalidades de Reprocesabilidad, Reparabilidad y Reciclabilidad (3R)

18



Composites 3R

- ✓ Una nueva generación de materiales compuestos de matriz termoestable, pero con nuevas funcionalidades intrínsecas de Reprocesabilidad, Reparabilidad y Reciclabilidad (tecnología 3R).
- ✓ Se fabrican con las mismas tecnologías de procesamiento que los composites termoestables actuales, pero el material compuesto resultante se puede reprocesar, reparar y reciclar.

3. COMPOSITES 3R: nuevas funcionalidades de Reprocesabilidad, Reparabilidad y Reciclabilidad (3R)

19

> **Composites 3R:**
Reprocesabilidad,
Reparabilidad,
Reciclabilidad

Cuando un laminado de composite 3R completamente curado se calienta por encima de su T_g se puede reprocesar en pocos minutos aplicando un proceso de termoconformado similar al empleado en composites termoplásticos.



35%

de reducción en
el coste de
producción



Esta tecnología permite el desarrollo de nuevos procesos de termoconformado de alta cadencia de producción para la fabricación de composites termoestables reduciendo el coste de producción de composites de carbono hasta un 35% en comparación con el proceso de autoclave.

3. COMPOSITES 3R: nuevas funcionalidades de Reprocesabilidad, Reparabilidad y Reciclabilidad (3R)

20

> **Composites 3R:**
Reprocesabilidad,
Reparabilidad,
Reciclabilidad

50%

de reducción en
costes de
mantenimiento
(MRO)

cidetec >
surface engineering

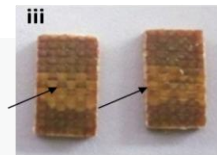
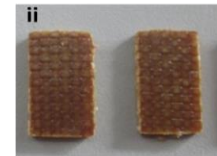
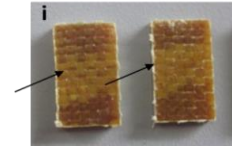


Se puede conseguir una completa y 100% efectiva reparación de daños de delaminaciones simplemente aplicando presión y calor localizados en la zona dañada.



Esta tecnología permitirá reducir los costes de MRO asociados a las reparaciones y/o sustitución de piezas compuestas de carbono en un 50% , dado que actualmente las piezas con daños suelen ser rechazadas debido a los altos costes y tiempos de reparación requeridos para la reparación mediante parches.

ILSS: $37,2 \pm 2,81$ MPa



ILSS: $38,0 \pm 2,4$ MPa

AEMAC
ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE MATERIALES COMPUESTOS

3. COMPOSITES 3R: nuevas funcionalidades de Reprocesabilidad, Reparabilidad y Reciclabilidad (3R)

21

> **Composites 3R:**
Reprocesabilidad,
Reparabilidad,
Reciclabilidad

cidetec>
surface engineering

Reciclado mecánico: laminados o piezas de composites 3R se pueden revalorizar o reciclar mediante un sencillo proceso de triturado y posterior compresión en caliente (por encima de la Tg) obteniéndose un composite reciclado (de segunda generación) basado en fibra corta que sigue manteniendo las mismas propiedades de la matriz epoxi vitrímica.



Esta tecnología posibilita la valorización de los desechos generados en el proceso de producción de composites termoestables ofreciendo 3 ventajas medioambientales e industriales:

FABRICACIÓN DE NUEVOS
COMPOSITES TERMOESTABLES
SOSTENIBLES Y COMPETITIVOS
BASADOS EN DESECHOS
VALORIZADOS.

REDUCCIÓN DE LOS
RESIDUOS QUE VAN
A LOS VERTEDEROS

REDUCCIÓN DE LOS
COSTES DE GESTIÓN DE
RESIDUOS Y DESECHOS

AEMAC
ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE MATERIALES COMPUESTOS

3. COMPOSITES 3R: nuevas funcionalidades de Reprocesabilidad, Reparabilidad y Reciclabilidad (3R)

22

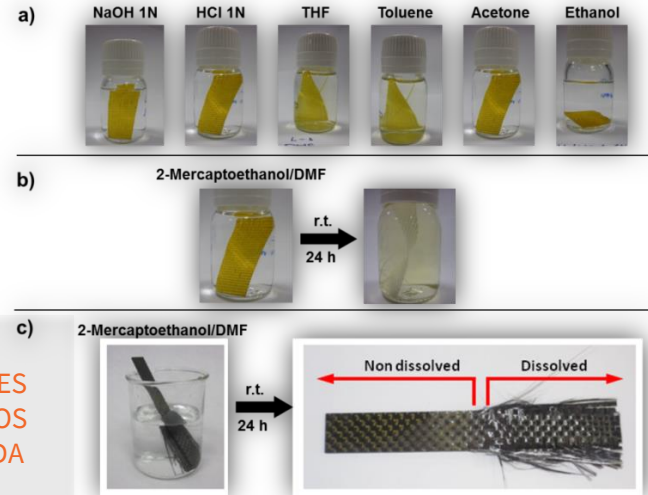
> **Composites 3R:**
Reprocesabilidad,
Reparabilidad,
Reciclabilidad

Reciclado químico: la matriz basada en resina 3R presenta la misma buena resistencia química que las resinas termoestables convencionales a medios ácidos y básicos y disolventes comunes, pero se puede disolver fácilmente mediante la adición de un agente químico específico posibilitando la fácil recuperación de la fibra de refuerzo.



Esta tecnología posibilita la recuperación y valorización de fibra de carbono de altas prestaciones ya que su calidad no se ve perjudicada por el proceso de reciclado:

FABRICACIÓN DE NUEVOS
COMPOSITES TERMOESTABLES
SOSTENIBLES Y COMPETITIVOS
BASADOS EN FIBRA RECICLADA
DE ALTA CALIDAD.



4.

Proyecto AIRPOXY

4. Proyectos AIRPOXY

Título: ThermoformAble, repairable and bondable smaRt ePOXY based composites for aero structures

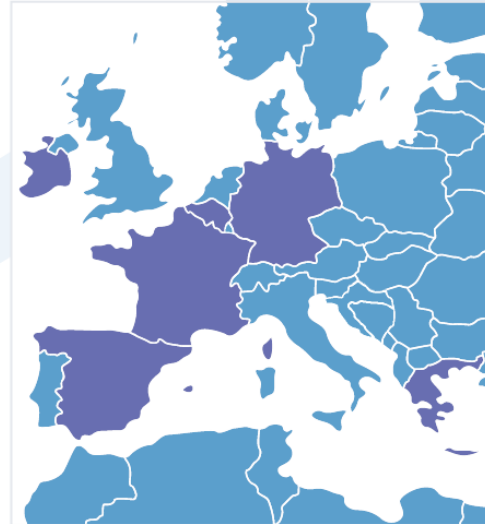
Tipo de proyecto : H2020 - MG-1.3-2017

Duración: Septiembre 2018 – Febrero 2022

Socios:



1. Fundación CIDETEC
2. Institut für Verbundwerkstoffe GmbH
3. Coexpair SA
4. Fundació Eurecat
5. ÉireComposites Teoranta
6. Ingeniería y Desarrollos en Composites SL (IDEC)
7. SONACA SA
8. University of Ioannina
9. Altair Engineering France SARL
10. ARTIC
11. Asociación Española de Normalización (UNE)



4. Proyectos AIRPOXY. Sumario

1. Presentación del proyecto: objetivos, plan de trabajo y consorcio

2. Materiales y procesos 3R en desarrollo en CIDETEC

- Resina
- Laminados
- Prepreg
- Adhesivo en film

3. Conclusiones

4. Proyectos AIRPOXY. Objetivos

Objetivo principal: Reducción de los costes de producción y mantenimiento de piezas en composite en el sector aeronáutico mediante la introducción de Composites 3R

Objetivos específicos:

SO1 3R-AERO RESIN

✓ Repairable ✓ Reprocesable ✓ Recyclable



SO5 ENVIRONMENTAL ADVANTAGES



LCC



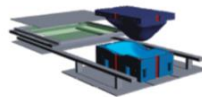
LCA



SO2 3R-THERMOFORMING

OOA

High volume production



100 times faster & over 35 % cheaper than autoclave

SO3 3R-REPAIR

SHM

Early detection of delamination

Delamination



Laminated structure

50 % cheaper vs patching

MRO

Easy & cost-efficient



SO4 3R-BONDING

a) 3R-Welding

over 55 % cheaper



b) 3R-adhesive bonding

20 % more robust



4. Proyectos AIRPOXY. Plan de trabajo

WP1. Specifications of demonstrators, processes and materials

WP2.
3R-Thermoforming

WP3.
3R- Bonding

WP4.
SHM and 3R-Repair

TRL3



TRL4

WP5.
Validation of 3R technologies in industrial environment

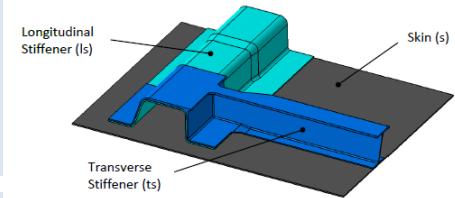


TRL5

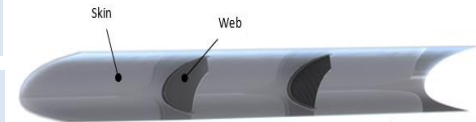
WP6. Environmental, economic and human health risk assessment

WP7. Exploitation and dissemination

Demostrador de carcasa de motor



Demostrador de borde de ataque



4. Proyectos AIRPOXY. Consorcio



- Dissemination and communication
- Project administration and logistic



Standardisation and certification activities



- Simulation tools for thermoforming, bonding and repair



- Specifications (WP1 leader)
- 3R RTM
- 3R adhesive bonding



- Thermoforming of 3R laminates and enduring prepregs (WP2 leader)
- 3R Welding process
- 3R Repair process



- Formulation of 3R resin for 3R laminates
- Formulation of 3R adhesives and bonding process (WP3 leader)
- Project coordination (WP8 leader)



- SHM and repair (WP4 leader)



3R SQRTM (WP5 leader)



- Integration of 3R resin in RTM process
- LCA & LCC & HHRA (WP6 leader)

Expert Advisory Board



Integration of 3R resin in SQRTM process.



- 3R thermoforming
- 3R welding
- Exploitation and business plan (WP7 leader)



SEGUNDO PREMIO EN LA AVK INNOVATION AWARD 2020 EN LA CATEGORIA DE PRODUCTS & APPLICATIONS

cidetec >
surface engineering 29



La Tecnología 3R de CIDETEC premiada por AVK

La Tecnología 3R de CIDETEC premiada por AVK

Los Asociados de AEMAC de CIDETEC, han sido galardonados con el segundo premio AVK Innovation Award en la categoría Products and Applications.

La tecnología 3R, que ya fue patentada en 2014 por el Centro Tecnológico CIDETEC desarrolla materiales compuestos termoestables más competitivos y sostenibles gracias a las propiedades de reprocesabilidad, reparabilidad y reciclabilidad (3R) que incorpora esta tecnología a estos materiales. El pasado 22 de noviembre, obtiene su reconocimiento internacional al recibir el segundo premio AVK Innovation Award. La comunidad, que normalmente se celebra en Stuttgart dentro del marco de Composites Europe, este año ha tenido formato online debido a las circunstancias derivadas de la pandemia.



La principal innovación que aportan los composites 3R al sector de los materiales compuestos termoestables, es un incremento tanto de su competitividad (disminución de costes de producción y de mantenimiento) como de su sostenibilidad (son reparables y reciclables) dando solución a dos de los mayores retos del sector de los composites termoestables. Desde su creación, CIDETEC ha seguido investigando y trabajando en esta tecnología a través de numerosos proyectos de investigación tanto con empresas industriales como con universidades.

Desde AEMAC queremos aprovechar la ocasión para felicitar a nuestros Asociados de AEMAC por este reconocimiento del sector. Y a efectos de dar a conocer en mayor profundidad esta Tecnología 3R desarrollada en nuestro país a toda la comunidad de los materiales compuestos – cumpliendo así con nuestros fines de conseguir una mayor difusión del conocimiento de los materiales compuestos y fomentar el consumo y correcto uso de los materiales compuestos – hemos invitado a CIDETEC a participar de los Webinars AEMAC de 2021, que en podemos avanzar también lugar a lo largo del mes de Marzo de 2021.

La principal innovación que aportan los composites 3R al sector de los materiales compuestos termoestables, es un **incremento tanto de su competitividad** (disminución de costes de producción y de mantenimiento) **como de su sostenibilidad** (son reparables y reciclables) dando solución a dos de los mayores retos del sector de los composites termoestables. Desde su desarrollo, **CIDETEC** ha seguido investigando y trabajando en esta tecnología a través de numerosos proyectos de investigación tanto europeos como industriales con empresas de diferentes sectores (sobre todo automoción, eólica, construcción y aeronáutica).



**MUCHAS
GRACIAS**



cidetec >
surface engineering

Contacto:

Alaitz Rekondo: arekondo@cidetec.es

Nerea Markaide: nmarkaide@cidetec.es