

Bienvenid@s

WEBINAR





#WebinarsAEMAC



“Grafeno para aplicación de anti- / des-hielo en aeronáutica”

Tamara Blanco Varela

Airbus Operations

Composites Research & Technology

Multifunctional Materials Expert

AIRBUS

AEMAC
ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE MATERIALES COMPUESTOS

Grafeno para aplicación de anti- /des-hielo en aeronáutica



Tamara Blanco, Zulima Martín, Asunción Butragueño, Jose Sánchez
(Airbus – M&P, España), Pablo Vázquez (Altran para Airbus)
Alessandra Scidà, Emanuele Treossi, Vincenzo Palermo, Filippo
Valorosi (CNR, Italia)



- **Introducción**
- **Escenario de aplicación**
- **Fabricación – Estado**
- **Prueba de concepto – Ensayos**
 - Probeta / panel
 - Demostrador
- **Análisis de Beneficios y Riesgos**
- **Conclusiones**

1.

Introducción

AIRBUS

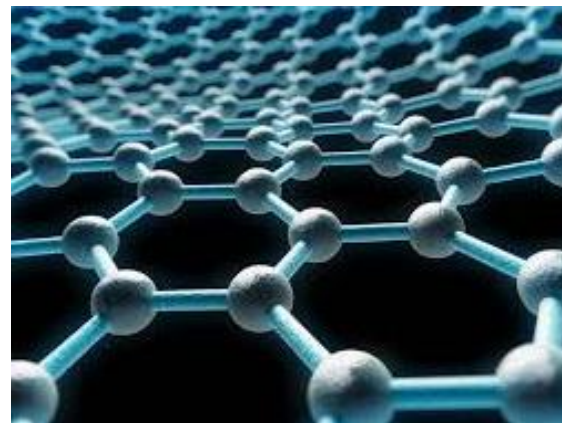
AEMAC
ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE MATERIALES COMPUESTOS

1. ¿Qué es el grafeno?

- El grafeno es **una hoja plana de un átomo de espesor compuesta por átomos de carbono densamente empaquetados en una estructura cristalina hexagonal**
- **Presenta propiedades excepcionales → Premio Nobel** en física en 2010 (Andre Geim, Konstantin Novoselov)

TIPO	PROPIEDAD FÍSICA – GRAFENO PRISTINO
ELÉCTRICAS	• Muy alta conductividad eléctrica, electrones sin masa
TÉRMICAS	• Muy alta conductividad térmica
MECÁNICAS	• Muy duro, resistente, flexible, elástico
QUÍMICAS	• Inerte, elevada área superficial, impermeable...
ÓPTICAS	• Alta absorción óptica, transparente

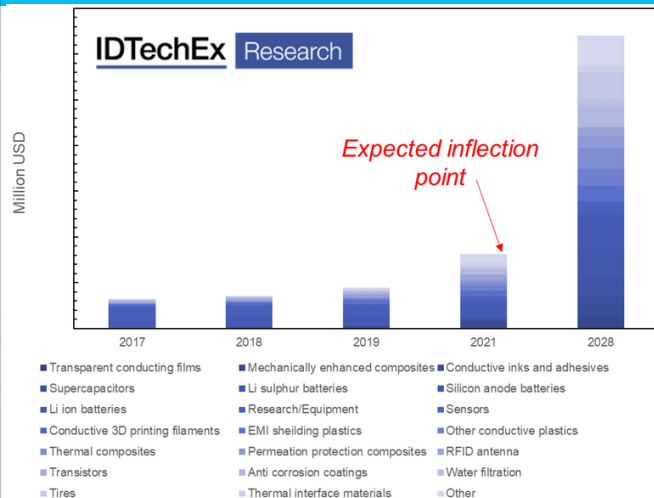
AIRBUS 7



**Materiales grafénicos
tienen gran potencial !!**

1. ¿Por qué nos interesa el grafeno?

AIRBUS 8



Grafeno ya se aplica en muchos sectores, pero no en aeronáutica

Airbus y la comunidad aeronáutica están interesados en grafeno para sus productos



AEMAC
ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE MATERIALES COMPUESTOS

1. Graphene Flagship y Airbus



Airbus es socio de la Graphene Flagship desde su comienzo en 2013: GF, CORE 1, CORE 2, CORE 3. Strategic Advisory Council – Airbus hasta 2018



4 Divisiones, 15 WPs técnicos, Airbus es socio en la División 4 – Energía, composites y Producción, WP14 – Composites & WP15 – Producción



150+ socios académicos e industriales (mejores) → Red de empresas - grafeno clave alrededor de Airbus: suministradores de grafeno (G. Antolín, Avanzare, Nanasa...), centros de investigación (CNR, Manchester Univ., ...), usuarios finales (Fiat, Aernnova – RSP...)

AIRBUS ⁹



**Airbus Comercial es
USUARIO FINAL en EU
Graphene Flagship**



1. Aplicaciones de grafeno en aeronáutica

AIRBUS 10

ESTRUCTURA - COMPOSITE

COMPORTAMIENTO MECÁNICO

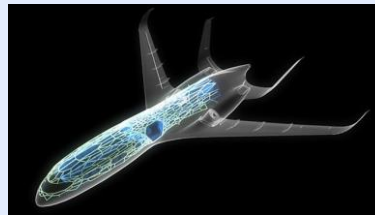
- Tolerancia al daño
- Resistencia
- Módulo
- Dureza

ESTRUCTURA MULTIFUNCIONAL

- **Conductividad eléctrica**
 - ✓ Protección de impacto de rayo
 - ✓ Funciones ESN – bajo nivel
 - ✓ EMI shielding
 - ✓ Oportunidades: anti-/ des-hielo, NDI / Auto-sensor / SHM
- **Impacto de alta energía**
- Conductividad térmica
- Atenuación acústica / vibración
- **Baterías**
- **SHM: sensores** (eléctricos, ópticos)
- Tanques de hidrógeno

BARRERA

- Absorción de humedad
- Retardantes de fuego / llama



FABRICACIÓN

- **Curado:** termoestable (epoxi)
- Inspección No Destructiva (NDI)
- **Unión:**
 - ✓ Encolado - Adhesivos
 - ✓ Soldadura
- **Fabricación aditiva (AM)**

SUPERFICIE MULTIFUNCIONAL

- **Anti- / des- hielo**
- **Conductividad / Impacto de rayo**
- **Anti-corrosión (empezando)**
- Anti-erosión
- Anti-contaminación, anti-bacterias, fácil de limpiar
- Hidrófobo
- EMI shielding
- Anti-estático
- Protección contra la radiación

En evaluación

1ª prioridad

SISTEMAS

- **Membranas**
- **Cableado elect.**
- Tintas conductoras/ filamentos – circuitos impresos
- Baterías / almacenamiento de energía
- Generación de energía
- Antenas externas
- HUD: Head-Up Display

2.

Escenario de aplicación

AIRBUS

AEMAC
ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE MATERIALES COMPUESTOS

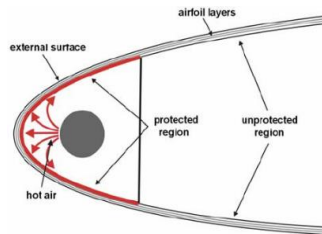
2. Escenario de aplicación

AIRBUS 12

Hoy – Estado del Arte

- **NO Sistema anti-hielo:** BA de HTP / VTP ... → sobredimensionado
- **Sistema de aire de sangrado:** Ala – BA, toma aire motor...

- Baja eficiencia energética
- No compatible con composites



Vs.

Mañana – GRAFENO

- **Sistema termo-eléctrico anti-hielo basado en grafeno**
- Piezas SIN sistema anti-hielo hoy
- Sustitución y/o soporte para el sistema actual de aire de sangrado

- NLF, avión más eléctrico
- Compatible con composites



AEMAC
ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE MATERIALES COMPUESTOS

3.

Fabricación - Estado

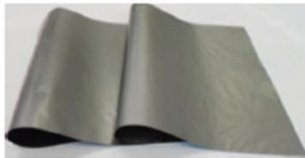
AIRBUS

AEMAC
ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE MATERIALES COMPUESTOS

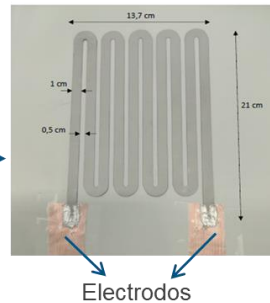
3. Fabricación – Concepto

NANESA

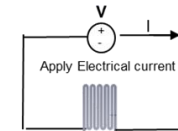
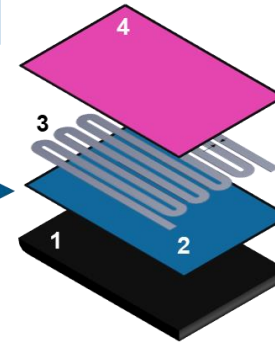
- **Densidad:** $1,8 \text{ g/cm}^3$
- **Espesor:** $0,05 \text{ mm}$
- **Tamaño:** $500 \times 250 \text{ mm}$ (máximo)
- **Rs:** $0,1 \text{ ohm/sq}$



Serpentín - Grafeno
Resistencia $\sim 20 \text{ ohm}$



- 1: Substrato – CFRP
- 2: Capa aislante (adhesivo-EP, GFRP)
- 3: Serpentín de grafeno
- 4: Capa protectora (adhesivo-EP)



Papel flexible de grafeno
Nanasa (GS50)

Corte de papel de grafeno – laser plot
CNR

Integración de electrodos / conexión
malla Cu – CNR

Sistema multicapa
CNR

Pieza CFRP–cocurado

Suministrador Externo

AIRBUS

3. Fabricación – Paneles Planos

Corte de papel flexible de grafeno (GS50 Nanasa - CNR)

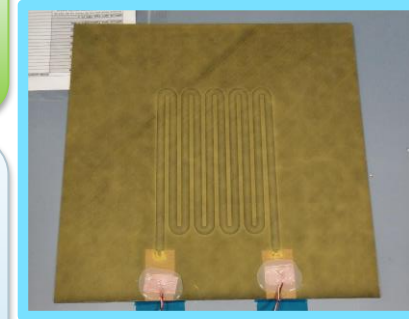
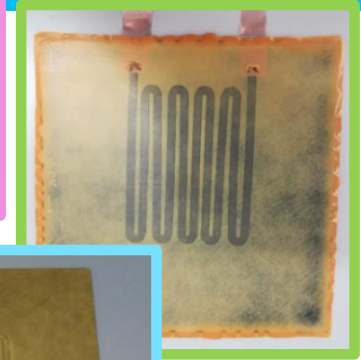
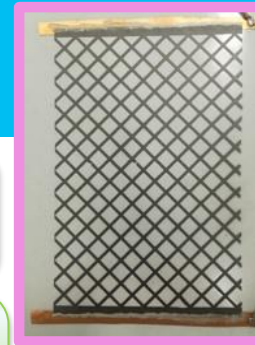
→ Formas diferentes (serpentín, circuito, malla...)

Encolado del serpentín de grafeno (CNR)

- **Panel pre-curado** prepreg - CFRP incluyendo capa aislante
- **Prensa de platos calientes** @180°C / 90 min / 3,4 bar para integrar serpentín de grafeno + capa protectora – film de adhesivo

Co-curado del serpentín de grafeno (Airbus)

- **Laminado manual:** capas prepreg - CFRP, capa aislante, serpentín de grafeno, capa protectora
- **Curado en autoclave:** ciclo de curado estándar de prepreg: 180°C, 2h, 7 bar, bolsa vacío



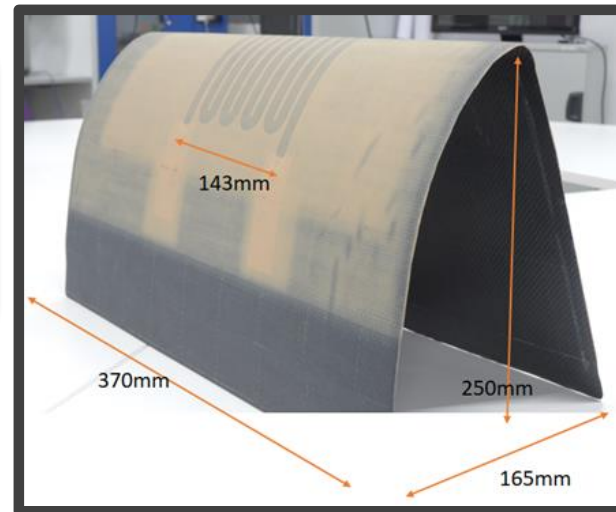
3. Fabricación – Panel Curvo

AIRBUS 16

Co-curado de serpentín de grafeno en forma compleja representativa de SA HTP LE (Airbus):

- **Laminado manual:** capas CFRP, capa aislante, serpentín de grafeno, capa protectora
- **Curado en horno:** ciclo de curado estándar de prepreg: 180°C, 2h, bolsa de vacío

- Se ha obtenido una buena integración entre grafeno y CFRP – no porosidad, defectos identificados!!
- Buena adaptación del papel de grafeno a formas complejas !!



4.

Prueba de Concepto

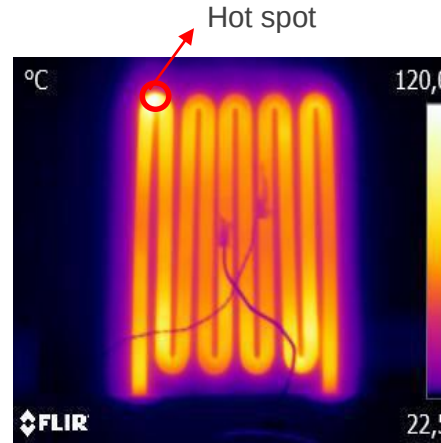
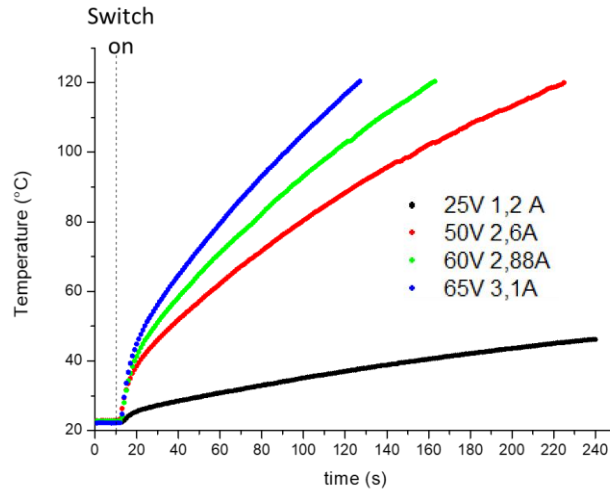
AIRBUS

AEMAC
ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE MATERIALES COMPUESTOS

4. Ensayos – Probeta – Temperatura Ambiente

AIRBUS 18

Ensayo	Condiciones	Objetivo
Temperatura vs. Tiempo (termopar + cámara térmica)	Temperatura ambiente, panel a TA Sin capa de hielo	Capacidad de calentamiento / homogeneidad

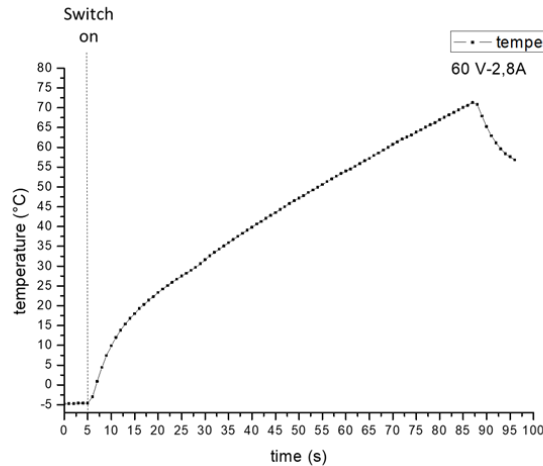


- **Calentamiento homogéneo** → algún punto caliente
- **Calentamiento rápido:** desde TA a 40°C en 7s, 100°C en 81s, a 65V y 3,1A

4. Ensayos – Probeta – Temperatura ambiente

AIRBUS 19

Ensayo	Condiciones	Objetivo
Temperatura vs. Tiempo (termopar + cámara térmica)	Ensayo a TA, Panel congelado a $-16,5^{\circ}\text{C}$ Sin capa de hielo	Capacidad de calentamiento / homogeneidad

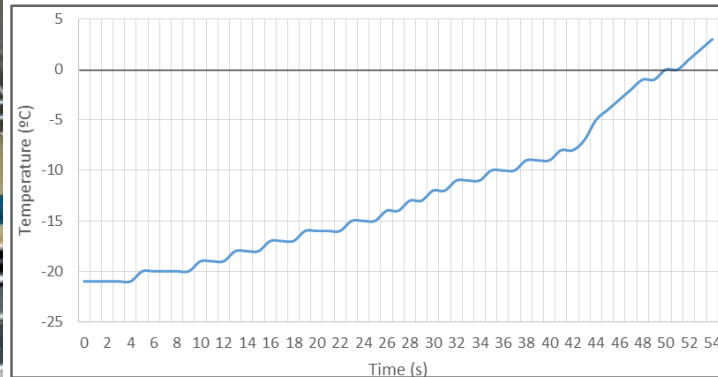
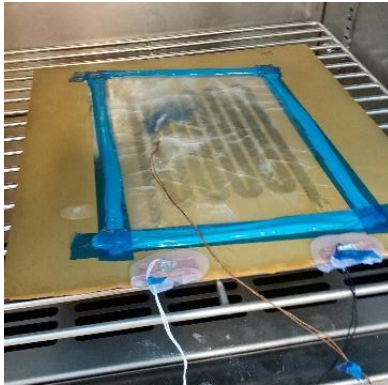


- **Calentamiento homogéneo y rápido** → Desde $-16,5^{\circ}\text{C}$ a 40°C en 36s

4. Ensayos – Probeta – Baja temperatura

AIRBUS 20

Ensayo	Condiciones	Objetivo
Des-hielo (termopar)	• Cámara climática: -21°C • Capa de hielo en panel: 3mm	• Obtener capa de agua líquida • Temperatura > 0°C

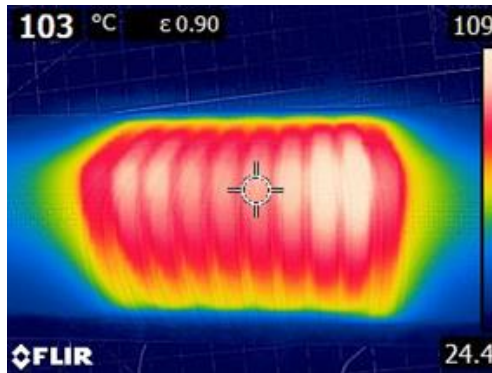
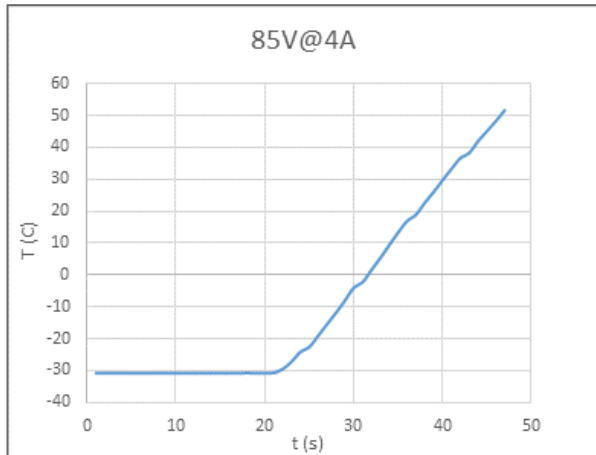


- **Aumento de voltaje gradual** hasta 75V & 1,9A a los 40 segundos, cuando se alcanzaron -8°C, se aplicaron ~100V & 3A
- **Tras 50s la superficie a >0°C** (capa de agua líquida entre CFRP y el hielo)

4. Ensayos – Demostrador – Temperatura ambiente

AIRBUS 21

Ensayo	Condiciones	Objetivo
Temperatura vs. Tiempo (termopar + cámara térmica)	Temperatura ambiente, demostrador a TA o -30°C Sin capa de hielo	Capacidad de calentamiento / homogeneidad



- **Homogeneidad** – máximo 5°C de diferencia
- **Calentamiento rápido:** desde -30°C a 50°C en 30s a 85V & 4 A
- **Confirmación capacidad calentamiento** del papel grafeno en forma curva

4. Ensayos – Resumen

Probeta	Voltaje (V)	Corriente (A)	Resistencia (Ohm)	Potencia (W)	Potencia específica (kW/m ²)
Panel Plano / probeta	60	2,8	21,5	168	6,5
	75	1,9	40	142,5	5,5
	100	3	33	300	11,5
Panel Curvo	10	0,5	20	5	0,2
	20	1	20	20	0,8
	30	1,5	20	45	1,7
	50	2,5	21	125	4,8
	85	4	21	340	13

TRL2

Requerimiento:
20 – 50 kW/m²

- **Potencia específica máxima:** 13 kW/m² a 85V y 4A
- **Incremento voltaje, optimización diseño de calentador,** ej. malla para llegar a los 20 kW/m²

5.

Análisis de Beneficios y Riesgos

AIRBUS

AEMAC
ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE MATERIALES COMPUESTOS

5. Análisis de beneficios y riesgos

AIRBUS 24

Importancia

Requerimientos de Mercado – Sistema anti-hielo	Bleed Air	SprayMat®	FASTBoot®	Weeping wing	GRAPHENE: GICE
Eléctricos					
Automatización proceso producción → reducción RC					
Integración con CFRP, termoplásticos, GFRP					
Integración con estructuras complejas 3D					
Flexibilidad de operación → control del calor generado					
Alta eficiencia → Bajo consumo de potencia					
Esfuerzos termo-mecánicos reducidos			NA	NA	
No oxidación e inerte químicamente			NA		
Bajo peso					
Precio competitivo					
Uso para des-hielo de avión en el suelo					
TRL	9	9	9	9	2

- **Bleed Air:** estado del arte – tubo pícolo Ti aire sangrado de motor
- **SprayMat®:** sistema electro-térmico –malla metálica
- **FASTBoot®:** sistema neumático
- **Weeping wing:** sistema químico
- **GICE:** grafeno para anti-hielo

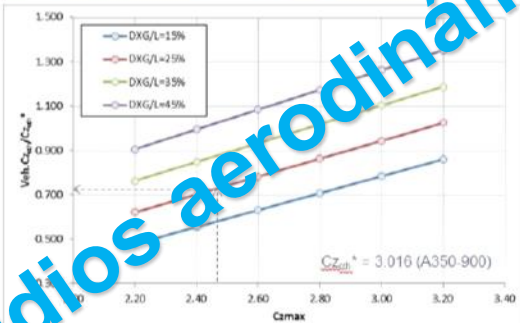
Análisis cualitativo muestra gran potencial de sistema anti-hielo basado en grafeno vs. SoA

5. Análisis de beneficios y riesgos

AIRBUS 25

Generalised HTP Volume Coefficient : Sizing Process

For a given $\Delta X_G/L$, the HTP Generalised Volume Coefficient turns out to be a linear function of the $C_{z_{max}}$ capability of the aircraft.



For a given $\Delta X_G/L$ and a given $C_{z_{max}}$, we can extract $[V_{HTP} C_{z_{HTP}} / C_{z_{max}}^*]$ and then compute the HTP size

Estudios aerodinámicos

- Estudios aerodinámicos indican una **reducción del tamaño del HTP del SA / A320 del 6-10%**
- Con papel de grafeno → 6-10 % reducción peso y coste del HTP del SA (sin electrónica) + 0,2% reducción drag**

6.

Conclusiones

AIRBUS

AEMAC
ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE MATERIALES COMPUESTOS

6. Conclusiones

- Se está siguiendo un planteamiento de **desarrollo de grafeno paso a paso** (EU proyecto: Graphene Flagship) → Aplicación seleccionada como prioridad: anti- / des-hielo de avión
- **Buena integración entre CFRP y papel flexible de grafeno** → No porosidad / defectos
- El calentador / serpentín de **grafeno se adapta bien a formas complejas** (BA de SA HTP)
- El papel flexible de grafeno proporciona **calentamiento rápido (segundos) y homogéneo**
- **Prueba de concepto / viabilidad demostrada** – TRL2 alcanzado
- **Continuación: Graphene Flagship Spearhead** (2020 – 2023, TRL4-5 en 36 meses, liderado por Airbus Helicopters) → demostrar que la tecnología de grafeno para anti-/des-hielo puede ser industrializada y automatizada para integración en aviones Airbus lo antes posible

Los futuros diseños de HTP deberían considerar un sistema anti-hielo basado en grafeno

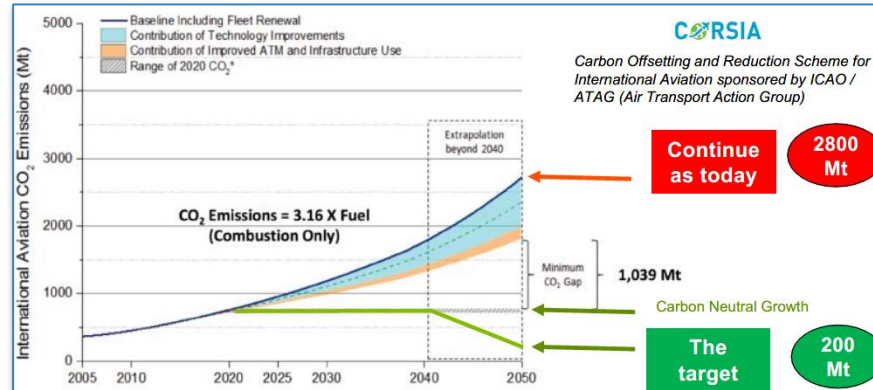
6. Reflexión final

AIRBUS 28



Guillaume Faury, Airbus CEO

“Airbus quiere continuar siendo empresa pionera en el campo aeroespacial sostenible para un mundo conectado y seguro”
→ crisis COVID-19 - ideas para “safe return to flight!!”



Como puede el grafeno y los materiales compuestos contribuir de forma ágil??

**MUCHAS
GRACIAS**



AIRBUS