



Research Article | Artículo de investigación

Nuevos métodos y herramientas aplicados para la transferencia de conocimiento de los nanomateriales: Un reto de diseño para la empresa de Grupo Antolín | New methods and tools applied for the transfer of knowledge of nanomaterials: A design challenge for Grupo Antolin's company

Paz Morer-Camo^{1*}, Aitor Cazón-Martín², Maria Isabel Rodríguez-Ferradas³, Robert Thompson⁴

¹ Departamento de Mecánica y Materiales, Área de Diseño Industrial. Universidad de Navarra, Tecnun-Escuela de Ingeniería, Manuel de Lardizábal 13, 20018 San Sebastián, Spain. pmorer@tecnun.es ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8430-9501>

² Departamento de Mecánica y Materiales, Área de Diseño Industrial. Universidad de Navarra, Tecnun-Escuela de Ingeniería, Manuel de Lardizábal 13, 20018 San Sebastián, Spain. acazon@tecnun.es ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9561-5029>

³ Departamento de Mecánica y Materiales, Área de Diseño Industrial. Universidad de Navarra, Tecnun-Escuela de Ingeniería, Manuel de Lardizábal 13, 20018 San Sebastián, Spain. mirodriguez@tecnun.es ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8650-6800>

⁴ Director Científico de MaterFAD. Barcelona. Spain. training@materfad.com

Received: 22 de febrero 2023 | Accepted: 4 de mayo 2023 | Published: 29 de junio 2023

<https://doi.org/10.25267/P56-IDJ.2023.i3.09>

Resumen:

En todo proceso de diseño de producto, el diseñador debe tener en cuenta tanto los materiales como las tecnologías con los que debe trabajar. Actualmente, materiales y tecnologías se están convirtiendo en uno de los elementos principales para fomentar la innovación y agregar valor a los productos finales. Entre los múltiples materiales los nanomateriales presentan un especial interés. La nanotecnología está llamada a desempeñar un papel clave en todo el mundo en el siglo XXI, ya que se trata de una tecnología intersectorial, cada vez más relevante para ámbitos económicos como la química, la tecnología médica, la automoción o la industria alimentaria. ¿Pero, si el diseñador desconoce cómo se puede trabajar con él y quiere saber el alcance de este nuevo material? ¿Cómo transferir estos conocimientos, relacionados con los nanomateriales, de la teoría a la práctica? La industria demanda expertos (diseñadores) que puedan salvar la distancia entre el conocimiento teórico y las aplicaciones prácticas de los nanomateriales: productos, servicios y experiencias. Este artículo recoge un método de transmisión del conocimiento, en el que se pueden diferenciar dos tareas principales: 1) un componente educativo primario, en el que se divulgan, de una forma didáctica óptima, los conocimientos sobre los nuevos materiales y sus propiedades, y 2) un segundo componente

más práctico en el que la información se convierte en ideas prácticas, y en aplicaciones específicas aplicadas a un reto propuesto en colaboración con el grupo Antolín.

Palabras clave: Proceso de diseño; Educación en diseño; Diseño Industrial; Nuevos materiales; Nanomateriales; Transferencia de conocimiento; Workshop

Abstract:

In any product design process, the designer must take into account both the materials and technologies with which he/she must work. Currently, materials and technologies are becoming one of the main elements to foster innovation and add value to final products. Among the many materials, nanomaterials are of particular interest. Nanotechnology is set to play a key role worldwide in the 21st century, as it is a cross-sectoral technology, increasingly relevant to economic fields such as chemistry, medical technology, automotive or food industry. But, if the designer does not know how to work with it and wants to know the scope of this new material, how to transfer this knowledge, related to nanomaterials, from theory to practice? The industry demands experts (designers) who can bridge the gap between theoretical knowledge and practical applications of nanomaterials: products, services and experiences. This article presents a method of knowledge transmission, in which two main tasks can be distinguished: 1) a primary educational component, in which knowledge about new materials and their properties is disseminated in an optimal didactic way, and 2) a second more practical component in which the information is converted into practical ideas and specific applications applied to a challenge proposed in collaboration with the Antolin group.

Keywords: Design Process; Design Education; Industrial Design; New Materials; Nanomaterials; Knowledge Transfer; Workshop.

Introducción

La importancia de los materiales a lo largo de los siglos se refleja en cómo hablamos y reconocemos a las civilizaciones antiguas en función del material que se utilizó en esas épocas. Por eso las podemos reconocer como la edad de piedra, de bronce y la edad del hierro. Posteriormente, tras la revolución industrial, comienzan a aparecer nuevos materiales y nuevos procesos de transformación. Aparecen los polímeros, los biomateriales y los materiales compuestos, ... que dotan al producto de mejores prestaciones. En la actualidad se sigue investigando en nuevos materiales, materiales más sostenibles o materiales que debidamente modificados les otorgan nuevas propiedades. Podemos afirmar que los materiales juegan un rol muy importante en el diseño industrial ya que su objetivo es crear o re-diseñar productos con características estéticas y funcionales que resuelvan necesidades concretas de las personas y de la sociedad.

Una clave importante en el diseño y desarrollo de producto es, por tanto, la adecuada elección del material con que se debe trabajar para conseguir el mejor resultado. Pero ¿y si ese material es un material emergente con mejores características y que por lo tanto ofrece nuevas aplicaciones, nuevos diseños mejorados? Pero desconocemos cómo se puede trabajar con él y ¿cómo saber el alcance de estos nuevos materiales? Observamos cómo los avances que se producen en el desarrollo de estos materiales emergentes están brindando nuevas posibilidades a los diseñadores. Elegir el material adecuado para un determinado producto puede llegar a ser una tarea compleja siendo, a la vez, un factor fundamental para el éxito del producto. Los materiales y las tecnologías se están convirtiendo en uno de los elementos principales de la práctica del diseño de productos como palanca para fomentar la

innovación y agregar valor a los productos finales.

A menudo, cuando se piensa en estos nuevos materiales, o más bien en materiales innovadores, se les estudia desde un punto de vista exclusivamente relacionado con sus propiedades: tanto químicas, como físicas (masa, peso, volumen, densidad, resistividad eléctrica, conductividad térmica...), o mecánicas (comportamiento a tracción, compresión, rigidez, dureza, fragilidad, elasticidad...). Y se estudian ya sea en relación a la práctica industrial o en relación a diferentes asignaturas en el campo de la enseñanza. Por lo que estos materiales pueden revitalizar el diseño, crear nuevas oportunidades de negocio, transformar las actividades industriales, concebir soluciones más sostenibles, diseños más creativos.

Entonces... ¿Cómo diseñar con y para estos nuevos materiales? ¿Cómo conocer el alcance de los nuevos materiales? ¿Cómo se transmite el conocimiento que se desarrolla en los centros de investigación, en las universidades a las empresas? ¿Cómo concienciar a los diseñadores y brindarles la experiencia adecuada sobre cómo aprovechar esas enormes oportunidades que ofrecen los materiales avanzados? ¿Cómo ver que el diseño podrá desarrollar así todo su potencial como motor de innovación y competitividad europea?

Se puede constatar una brecha entre el diseño creativo y la investigación y desarrollo de nuevos materiales y tecnologías que se utilizarán en los nuevos productos. Y en el centro del problema se puede observar a escasez de colaboración entre investigadores y las industrias creativas.

En el marco de los materiales emergentes, los que hemos detectado que presentan un especial interés son los nanomateriales [P. Morer 2020]. La nanotecnología está llamada a desempeñar un papel clave en todo el mundo en el siglo XXI, ya que se trata de una tecnología intersectorial, cada vez más relevante para ámbitos económicos como la química, la tecnología médica, la automoción o la

industria alimentaria. Es un reto el hecho de que las industrias sepan cómo aplicar los nanomateriales y obtener nuevos productos industriales con propiedades mejoradas (antigrafiti, anticorrosión, ignífugos, antifúngicos, antifricción, antigrasa y aceites, antibacterianos, autolimpiantes, lubricantes secos, pulidores, aplicaciones fotocatalíticas, etc.).

La cuestión se centra en CÓMO transferir estos conocimientos, relacionados con los nanomateriales, de la teoría a la práctica. La industria demanda una necesidad creciente de expertos (diseñadores) que puedan salvar la distancia entre el conocimiento teórico y las aplicaciones prácticas de los nanomateriales para desarrollar nuevos productos, servicios y experiencias.

El presente artículo recoge las técnicas didácticas y creativas específicas utilizadas en un taller realizado en colaboración con el grupo Antolín, fabricante y proveedor de nanofibras helicoidales de carbono.

Metodología

Se ha visto cómo los materiales y tecnologías son tema de vital importancia en los planes de estudios de la Educación en Diseño. Esta área es conocida por necesitar actualizaciones continuas (Zhou et al., 2019). Están en continuo desarrollo. Los profesionales del diseño y los estudiantes necesitan adquirir continuamente conocimientos, habilidades y competencias, no solo para que sus diseños exploten las posibilidades de los materiales disponibles, sino también para contribuir a la innovación y el desarrollo de nuevos materiales (Haug, 2018). Hemos pasado de un enfoque de perfil “duro” -basado principalmente en la ciencia (Ashby et al., 2007) a un enfoque de perfil “suave”, donde se hace más hincapié en el enfoque didáctico de la enseñanza de los materiales (Rognoli et al., 2004; Rognoli, 2011; Karana, et al., 2010; Zuo, 2010; Van Kesteren, 2010; Karana et al. 2013), y en enfoques “guiados por el diseño” (Ashby et al., 2007) (Informe Myerson, 1991), enfoques desde la comprensión de las necesidades, la experimentación directa con los materiales,

la discusión con expertos. En este marco, métodos como el Active learning (Bonwell & Eison, 1991) y Experiential Learning (Kolb, 1984) son enfoques fundamentales de enseñanza y aprendizaje, que involucran a los estudiantes en un desafío de diseño con empresas (Piselli, et al. 2018) aprendiendo a través de la creación (Pedgley, 2010).

Se observa, asimismo, que desde las áreas de I+D se fomentan las metodologías basadas en la ejecución de diferentes talleres, en los que se llevan a cabo programas didáctico-creativos, diseñados específicamente para estimular la percepción creativa de los participantes. Resulta de especial interés encontrar “usos” ideales para los materiales emergentes y las tecnologías relacionadas (EMT) derivados de los avances en I+D en los ámbitos de la ciencia y la ingeniería de materiales.

Entre estos métodos de transmisión del conocimiento podemos diferenciar dos tareas principales: 1) por una parte, un componente educativo primario, en el que se divulgan, de una forma didáctica óptima, los conocimientos sobre los nuevos materiales y sus propiedades, y por otra, 2) en el que la información se convierte en ideas prácticas, adecuadas aplicaciones específicas. Mientras que la primera tarea se centra en la divulgación de datos fácticos, relativos a aspectos cuantitativos de naturaleza científica, el segundo paso es un medio más cualitativo y de inspiración intuitiva.

Ambas tareas se llevaron a cabo en el marco de un taller, en el que participaron un total de 25 estudiantes de cuatro universidades europeas (School of Design from Politecnico di Milano; School of

Chemical Technology from Aalto University; Material Design Lab from Copenhagen School of Design and Technology; School of Engineering from Universidad de Navarra-Tecnun) y empresas del sector. Durante el taller se les presentó un reto a resolver de la mano de una empresa líder como es el Grupo Antolín. Uno de los primeros pasos se centró en la divulgación de los distintos nanomateriales y sus propiedades. La información se transmitió de forma oral con un amplio glosario de apoyo sobre las terminologías específicas utilizadas para describir los fenómenos que cabe esperar que se produzcan en el sector de los nanomateriales y los procesos de fabricación. Dado que la mayor parte de la actividad de los nanomateriales no es perceptualmente evidente, sino de hecho imperceptible por los sentidos, los contenidos didácticos tratados en las conferencias se impartieron de una manera especializada que permitiera comprender su contenido a través de modelos teóricos explicativos apoyados por diversas formas de apoyo infográfico, impartidos en paralelo.

2.1. Cómo introducirse en los nanomateriales: Curso online

Previamente a la realización del taller in situ, se realizó un primer curso en formato on-line, en la que se introdujo a los estudiantes en los conceptos básicos y clave relacionados con los nanomateriales. Este curso para el aprendizaje se dividió en tres partes, como se muestra en la siguiente tabla 1:

Parte 1: Introducción. Esta parte se dividió en tres módulos:

Módulo 1: ¿Qué son los nanomateriales y la nanotecnología?

Tabla 1. Estructura del curso on-line

When	What	Who	Where
Parte 1: Introducción (1-2h) Vídeo presentación del objetivo de la actividad. Visualización de vídeos (7-10 min cada uno) (TED Talks, Youtube...) Cuestionarios de preguntas que puedan ayudar a los alumnos a aumentar su comprensión de los conceptos básicos.	Conceptos clave, charlas inspiradoras	Tutores	Online - link
Parte 2: Sesión de preguntas y respuestas y tareas Conversación o debate en grupos (máx. 1h). Debate con los supervisores y/o expertos sobre los vídeos y materiales de la Parte 1. Preparación de preguntas para los expertos	Debates en pequeños grupos para debatir y profundizar en los materiales, las tecnologías y los casos	Supervisor Tutores Expertos	Online - Meet
Parte 3: Collect feedback (max 20 min) Cuestionario online	Feedback de los estudiantes	Supervisor Tutores	Online - link

Se introdujeron conceptos como ¿qué es la nanotecnología? ¿Qué entendemos por pequeño? ¿Y cómo puede mejorar nuestras vidas? Y ver cómo la Nanotecnología explora la ciencia y la ingeniería de la materia a nano-escala. La nanotecnología implica manipular y controlar la materia de un nanómetro a 100. Asomarse a las múltiples aplicaciones de las nano-partículas en sectores tan diversos como la informática, la energía, el transporte, la sanidad o la protección del medio ambiente.

Módulo 2: Los nanomateriales y sus superpoderes.

¿Cómo podemos fabricar en serie productos sofisticados con materiales demasiado pequeños para verlos?

Módulo 3: Riesgos de los nanomateriales.

Riesgos para la seguridad de los nanomateriales. ¿Son peligrosas las nanopartículas artificiales? Y si lo son, ¿cómo evaluamos los riesgos para la salud y garantizamos su seguridad? (Ramanathan 2019)

La Figura 1 muestra la información suministrada en el curso on-line, de manera que los estudiantes pudieran seguir el orden de aprendizaje propuesto para el curso. A lo largo de este curso previo, se pudo tener conversaciones en grupo y discusiones con expertos en Nanomateriales del centro NanoGune (San Sebastián) y MaterFad (Barcelona).

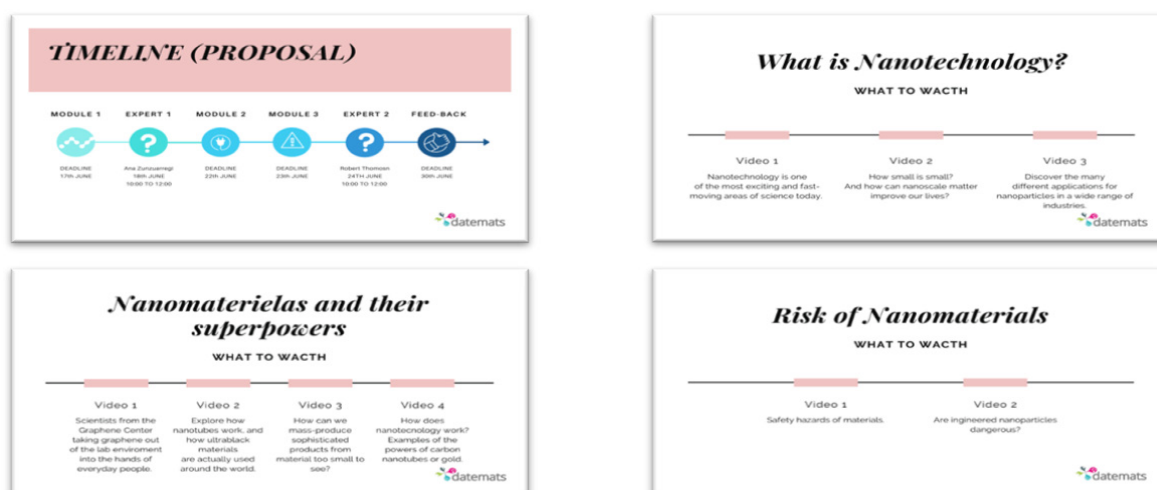


Figura 1. Información suministrada en el curso on-line

UNDERSTANDING EM&T DISCOVER Introduction/learning EM&T	EXPLORING EM&T DEFINE Ideation/Concepts	APPLYING EM&T DEVELOP Selection/Mockups low fidelity	APPLYING EM&T DELIVER Applying	PRESENTATION
Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
9.00 Welcome City, University Students introduction 9.30 Present workshop Objectives Agenda	9.00 Define Market/competitor analysis Creativity	9.00 Develop Concept selection 9.30 Develop MindMap Brainstorming Technics TGN Low fidelity prototypes	9.00 Deliver 3D models High Fidelity prototypes + + 10:00 EM&T Pill (Company 04) Graphenea	9.00 Deliver High Fidelity prototypes Materials Concepts Concept presentation material
10:30 Coffee Break	-	-	-	-
10:45 Understand EM&T Theory Robert Thompson	11.00 Define Sketching, drawings + + 11:30 EM&T Pill (Company 02) Burdinola	-	-	11.00 Preparing presentations
12:15 Company 01 Briefing presentation Launch Challenge Antolin Group	-	-	-	12:30 EM&T Pill (Company 05) Celt
13:15 - 14:15 Lunch	-	-	-	-
14.15 Exploring EM&T Experimentation of EM&T 30"x4"x120" Practices in lab Toolkit Robert Thompson	14.00 Define Sketching, drawings 16.00 Presentation 5 min group	15.00 EM&T Pill (Company 0) Ikerlat 16.00 Presentation 5 min group	-	14.00 Final presentations 15 min group Exhibition Evaluation 16.15 cuestionario final 16.30 Closing
16:30 Groups	-	-	-	-
17.00 End of session	-	-	-	-

Figura 2 Plan de trabajo del taller

2.2 Taller de nanomateriales

2.2.1 Plan de trabajo

El plan de trabajo del taller se muestra en la Figura 2. Durante el taller, se formaron equipos de trabajo multidisciplinares, compuestos por diseñadores e ingenieros, de diferentes procedencias de Europa. Para lograr un nivel de eficacia y validez en el proceso, el taller se estructuró con el objetivo de asegurar tanto la calidad de la aportación como la capacidad de la comunicación de la propuesta. Estimulando la creatividad mediante técnicas que se adecuaron a un público multidisciplinar. Se trató de explicar en términos sencillos a través de historias e imágenes, viendo la eficacia con la que podemos aplicarlo en un proceso creativo. Empezaron a concebir la idea plasmando los conocimientos adquiridos en ideas reales cuya función fuera aplicar los principios relativos a los comportamientos físicos y químicos de los diversos materiales nanométricos.

Durante el inicio de los talleres, se informó a los estudiantes sobre los resultados esperados del trabajo en equipo. Estos incluyeron una presentación final, un prototipo físico de la solución (si es posible) y un póster. Estos resultados fueron útiles para las actividades de difusión como resultado de los nuevos métodos.

- En cuanto a la presentación, cada equipo debía preparar una breve presentación de 10 a 15 minutos para el último día del taller para explicar la solución entregada. Esta breve presentación estuvo dirigida a la empresa que propuso el reto, para que pueda entender y retroalimentar al equipo.
- En cuanto al prototipo, se pidió a los estudiantes que crearan un prototipo físico de la solución para apoyar la presentación oral. Según la solución y el EM&T, algunos prototipos fueron más fáciles de crear.
- En cuanto al póster, cada equipo elaboró un cartel siguiendo una plantilla proporcionada por los investigadores de cada universidad (Figura 4). La plantilla incluía secciones en las que cada equipo

describía el proyecto, la cantidad de EM&T involucrados y el nivel de preparación de la propuesta relacionada con el mercado.

Los hitos más importantes de este Taller se presentan en los siguientes apartados.

2.2.2 Exposición del reto: Workshop in situ

Los estudiantes que participaron en el Workshop pertenecían a las cuatro universidades europeas participantes, de últimos cursos de carrera, de formación en diseño e ingeniería. En dicho taller se trabajó sobre un reto expuesto por el Grupo Antolín. Esta empresa comenzó su andadura como un taller mecánico (especializado en la reparación de vehículos y maquinaria agrícola) en Burgos, España, y dirigido por Avelino Antolín López y sus hijos Avelino y José.

Al día de hoy, el Grupo Antolín es una multinacional líder en el desarrollo, diseño y fabricación de componentes de interior para la industria del automóvil (Techos, Puertas, Iluminación y Cabinas y Consolas). Una empresa fuerte y competitiva implantada en 26 países en la que más de 30.000 personas desarrollan su talento. La creatividad, el liderazgo y la satisfacción del cliente siguen siendo sus valores fundamentales hoy en día y son su mejor receta para el éxito en el futuro.

Las conferencias iniciales corrieron a cargo de especialistas en nanomateriales del grupo Antolín, los cuales abordaron en detalle la naturaleza y los comportamientos de los nanomateriales. Se hizo especial hincapié en la exploración en profundidad de temas relacionados con las nanofibras de carbono GANF, proporcionadas por el grupo Antolín. Tras su exposición, Antolín procedió a lanzar su reto a los estudiantes implicados en el taller. Aunque uno de los principales objetivos del proyecto era centrarse en aplicaciones innovadoras de nanofibras de carbono en el interior de vehículos (principal área de especialidad industrial de Antolín), se solicitaron otras innovaciones no dirigidas para encontrar aplicaciones alternativas en sectores

Tabla 2. Empresas participantes en el Workshop.

Graphenea https://www.graphenea.com/	Ikerlat http://www.ikerlatpolymers.es/?lang=es	Ceit-BRTA https://www.ceit.es/	Burdinola https://www.burdinola.com/es/e
Productor de grafeno de alta calidad. Diseñan, fabrican y suministran chips y materiales basados en grafeno para sus necesidades industriales y de investigación.	Especialistas en el desarrollo y fabricación de partículas poliméricas personalizadas. En la actualidad, con una trayectoria de quince años, la empresa se ha consolidado como un referente en el mercado de las dispersiones poliméricas.	Centro de investigación sin ánimo de lucro cuya actividad principal es llevar a cabo proyectos de investigación en colaboración con organizaciones. Entre otros campos, investigan sobre bioaplicaciones de nanomateriales.	Proveedor integral para trabajar con seguridad los nanomateriales. Llevan a cabo los proyectos de laboratorio más seguros y eficientes del mundo, laboratorios en los que los investigadores disfrutan trabajando para hacer del mundo un lugar mejor.
Esta empresa aporta conocimiento acerca del grafeno como el material más ligero y resistente, con gran capacidad para conducir el calor y la electricidad y que permite integrarlo en un gran número de aplicaciones.	Esta empresa aporta conocimiento sobre la fabricación personalizada de nanopartículas utilizadas como recubrimientos o para diagnósticos clínicos.	Ceit aporta conocimiento sobre aplicaciones micro y nano en el sector de la bioingeniería.	Esta empresa aporta conocimiento sobre el equipamiento necesario para poder trabajar con seguridad con los nanomateriales, aportando valor en el desarrollo de procesos industriales de la automoción.

completamente ajenos (es decir, envases, agricultura).

2.2.3 Píldoras didácticas durante el Taller

A medida que avanzaba el taller, se invitó a los participantes a examinar otros principios relacionados con los nanomateriales, en general, mediante la exposición a píldoras didácticas proporcionadas por otras empresas líderes en diferentes aplicaciones de los nanomateriales (recogidas en la Tabla 2). Las píldoras se seleccionaron estratégicamente para ofrecer una exposición completa de los diversos aspectos que rodean a los nanomateriales en general, con el objetivo de ampliar su potencial de uso y, al mismo tiempo, proporcionar una visión de las limitaciones y requisitos de seguridad necesarios cuando se trabaja con partículas submicrónicas. Las sesiones de píldoras abarcaron diferentes aspectos y ámbitos de la aplicación e investigación, desde la medicina a la producción de energía, la nutrición y la nano-electrónica.

2.2.4 Kit de materiales

El contenido didáctico divulgado en las conferencias se vio corroborado por una

serie de kits de herramientas de materiales individuales, producidos para uso público en forma de una carpeta de cajas que contenía muestras de materiales (ver Figura 3) y un conjunto colectivo de guías informativas de referencia rápida (ver Figura 4). Estos kits fueron desarrollados en el marco del proyecto DATEMATS, de cara a hacer visibles las propiedades de los 4 materiales elegidos por cada una de las 4 universidades participantes en el proyecto [más información en <https://www.datemats.eu/toolkit/>]. Cada caja estaba concebida para representar un único material. Albergaba folletos correspondientes que recogían las propiedades de este material, así como los métodos de producción, uso, propiedades, peligros para la seguridad y niveles de preparación tecnológica relacionados. Los kits de herramientas son un componente crucial y objeto de evaluación en esta metodología de taller, ya que representan la solución a una brecha didáctico-creativa (Piselli et al., 2018a) que existe actualmente en el campo del diseño. Dado que la mayor parte de la innovación se ve lastrada por la falta de conocimientos y de acceso a fuentes fiables de información necesaria para los avances, -especialmente en el ámbito concreto de la ciencia de los materiales- los kits de herramientas



Figura 3. Muestra de las cajas de los materiales



Figure 4. Muestra de los folletos con la información de varios nanomateriales ©Datemats-Materialy

representan un intento de concebir una fuente de consulta fácil de usar que salve esta brecha y permita una aplicación más segura de los materiales con un mayor grado de intención inspiradora. Para ello, los kits de herramientas han sido concebidos para proporcionar una combinación de aportaciones sensoriales e intelectuales derivadas del acceso a una muestra física de material y a una colección de bibliografía explicativa, respectivamente.

Se incluyó una muestra de material de pequeñas dimensiones dentro de un vacío central de la estructura de la caja y se dejó abierta y accesible a los usuarios para que pudieran tocar el material y evaluar sus cualidades sensoriales en directo. Alrededor de la muestra hay varios bloques de información logística y de identificación que contienen el nombre comercial, la clase y una información de contacto del fabricante. Entre los temas de información divulgativa, los materiales también se señalan por sus formatos disponibles, colores, acabados y perfiles físico-químicos. El objetivo principal de las tablas de clasificación de propiedades

era transmitir al usuario una visualización cualitativa rápida de las cualidades relativas y comparativas del material en todas y cada una de las propiedades distintivas, permitiendo en última instancia al usuario extrapolar una o más aplicaciones intuitivas del material con una base de confianza.

2.5. Nanomateriales presentados en el Taller

Se presentaron al alumnado cuatro nanomateriales: 1) GANF, 2) Bionox, 3) Grafylon y 4) Nanotex con el objetivo de cubrir un amplio espectro de aplicaciones de las nanopartículas en el sector de la automoción.

1. Las nanofibras de óxido de grafeno a base de carbono GANF, son estructuras submicrónicas cultivadas al vapor con una relación de aspecto alargada y una longitud total inferior a 100 micrómetros. Poseen una gran tenacidad y resistencia a la tracción a los sustratos de materiales y, dependiendo de las concentraciones, pueden proporcionar varias funciones distintas, como filtrado y/o elevada dureza superficial, una protección anticorrosiva. Además, pueden conducir el

calor o convertirse en un sustrato sobre el que pueden depositarse otros metales para mejorar la conducción electrónica o la capacitancia optoelectrónica.

2. Bionox, producido por Apta Colour son partículas nanométricas de TiO₂ de un tamaño comprendido entre 10 y 100 nanómetros las cuales confieren propiedades fotocatalíticas a los materiales. La fotocatalisis es un fenómeno optoquímico en el que, al absorber la luz solar y en presencia del oxígeno circundante (aire), los pigmentos de TiO₂ adquieren capacidades catalíticas y, por tanto, son capaces de acelerar la mineralización de determinados contaminantes a estados oxidados. Además, las partículas de TiO₂ poseen propiedades tensioactivas que, como efecto secundario, favorecen las propiedades antiincrustantes de las superficies gracias a su gran afinidad con la película de agua que se forma sobre ellas, haciéndolas menos pegajosas a las pinturas y a las partículas de suciedad. Las partículas de TiO₂ también poseen propiedades oxidativas que tienen un efecto bactericida en la mayoría de los casos. Relativamente no tóxicas, estas partículas también pueden aportar modificaciones reológicas a líquidos viscosos para aplicaciones industriales.

3. Grafylon producido por Direct Plus. Es un compuesto de filamentos a base de polímero PLA con una baja fracción de volumen de nanoestructura de grafeno dentro de su matriz. Se sabe que el grafeno posee una gran resistencia mecánica y una gran conducción eléctrica y térmica. Incluso en fracciones de volumen bajas, los sustratos poliméricos pueden adquirir numerosas ventajas, como una buena dispersión y disipación térmica, una excelente reproducción del molde y la integrabilidad en estructuras eléctricas. Además, el grafeno dentro de los polímeros otorga varias mejoras, como dureza superficial y resistencia al impacto y a la propagación de grietas, incluso a temperaturas más bajas.

4. Nanotex de Crypton es un aditivo de nanopartículas de SiO₂ que puede incrustarse en matrices de fibras textiles

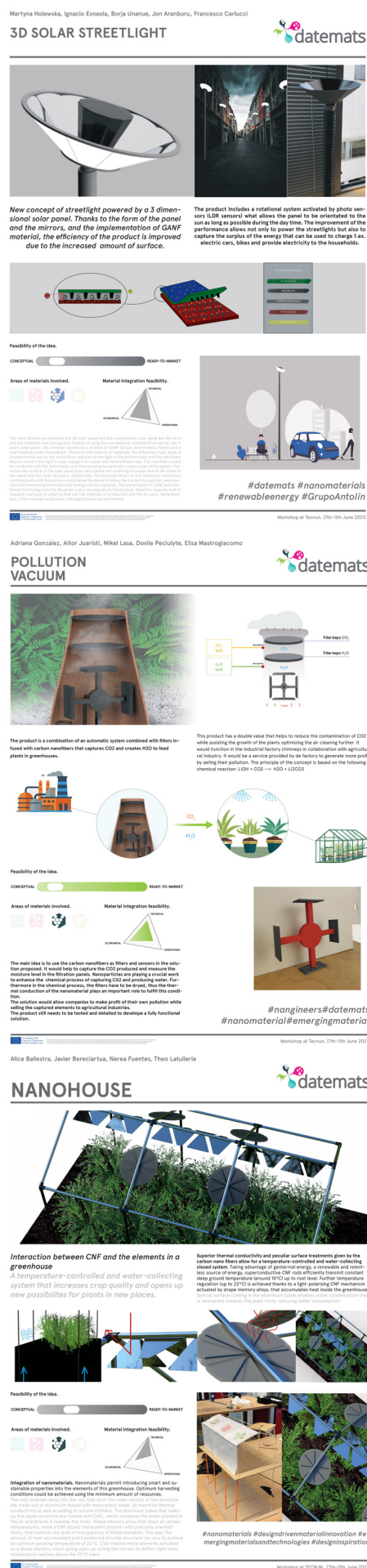


Figura 5. Imágenes de algunos de los pósters finales

como revestimiento repelente al agua y muy resistente, impidiendo así que las fibras absorban agua por dentro y por fuera. Las partículas de SiO₂ pueden aplicarse a los textiles mediante varios métodos, que en general mejoran la vida útil de los textiles al adquirir propiedades antiincrustantes y capacidades de autolimpieza, garantizadas por la naturaleza superhidrofóbica de las nanopartículas de SiO₂.

Dada la alta prioridad del GANF sobre los demás nanomateriales, se hizo hincapié en explorar sus aplicaciones potenciales en diversos sectores de necesidad e impacto innovador.

Los distintos grupos recibieron aportaciones específicas para fomentar ideas en cinco áreas diferentes, a saber, energía, alimentación, biología y control de la contaminación.

Resultados

Además de los resultados más tangibles del Taller en forma de posters y presentaciones (Ver Figura 5), se les pidió a los estudiantes que llenaran un cuestionario para evaluar diferentes aspectos del taller.

Con respecto a la metodología, los estudiantes opinaron que fue adecuada y el formato del taller útil para trabajar con nuevos EM&T. No obstante, sí resaltaron varios problemas inherentes al EM&T del taller. El primer problema de los nanomateriales es su “invisibilidad” y los fenómenos asociados. La mayor parte de su actividad es, en virtud de la escala y la velocidad de acción, imperceptible para los sentidos humanos y su conocimiento experimental necesita de laboratorios caros y especializados y equipos de alto coste. Es por ello que contar con expertos en estas materias que colaboren y hagan “sencillo” algo que es complicado de por sí, ha resultado una gran experiencia. El papel llevado a cabo por los expertos en nanomateriales y, el diálogo que establecen con los alumnos en las actividades fue uno de los aspectos más valorados por los estudiantes. Ante la pregunta de cuál fue el aspecto más valorado del Taller,

algunas respuestas fueron: I value Robert a lot. He was incredibly helpful. Most valuable was the flood of knowledge from Robert, Having a person like Robert to guide us, work with a new technology that is not realistically applicable now. El experto ayudó a los alumnos a evolucionar desde ideas muy abstractas sobre los nanomateriales hacia un conocimiento más exhaustivo de los fenómenos que se esconden detrás de sus “superpoderes”. El uso de diagramas pictóricos y vídeos que mostraban los métodos de producción de los nanomateriales ayudó a los expertos a vincular la narración de historias para ayudar a los alumnos a asimilar los nuevos conocimientos y rellenar sus lagunas ontológicas y lingüísticas.

Con respecto al kit físico de materiales, su valoración por parte de los estudiantes fue muy positiva (90% le dieron una puntuación de 5) aunque echaron de menos una versión digital para consultarla fuera del Taller. Se confirmó que la información de carácter bibliográfico aportado en las hojas del kit era muy fácil de entender (68,2% lo valoró con un 5 y el 18,2% con un 4).

Finalmente, las empresas participantes, tanto lanzando un reto a los alumnos como compartiendo con ellos las píldoras de conocimiento sobre sus experiencias, fue clave para los estudiantes. De alguna manera, a partir de las experiencias vividas por las empresas de diferentes sectores y contextos, en su viaje hacia el desarrollo de soluciones industriales basadas en nanotecnología y su relato de ensayo y error compartido con los alumnos, se generó una biblioteca de “lecciones aprendidas en la piel de otros”. Este corpus de conocimiento experiencial transferido a los estudiantes compensó la imposibilidad de tener sus propias experiencias prácticas. Los estudiantes se dieron cuenta como los nanomateriales son un área de creciente interés para muchas empresas innovadoras de un gran abanico de sectores diferentes que puede contribuir a su empleabilidad en su futuro profesional.

Conclusiones

A lo largo de este trabajo se ha visto la importancia de la adecuada elección de un material a lo largo del proceso de diseño de un nuevo producto. Cuando este material es un material emergente con propiedades que le hacen idóneo, resulta difícil su conocimiento. Poder realizar un reto, de la mano de empresas punteras en estos ámbitos, resulta de gran interés.

Las “habilidades prácticas”, en el caso de los nanomateriales, no están tan relacionadas con las habilidades técnicas o experimentales de un diseñador o ingeniero, como en los otros casos de materiales emergentes, sino con las “habilidades sociales”. El conocimiento de los nanomateriales es uno de los ámbitos más interdisciplinarios ya que abarca disciplinas como la física aplicada, la ciencia de los materiales, la química física, la física de la materia condensada, la bioquímica y la biología molecular, y la ciencia y la ingeniería de los polímeros. En este contexto, el papel del diseñador, como facilitador, traductor y coordinador de un proceso de integración de diferentes áreas de conocimiento relacionadas con los nanomateriales, es fundamental para transformar el potencial de la nanotecnología en productos y aplicaciones comercializables. Las “habilidades sociales”, que los estudiantes desarrollan con nuestro método, pueden describirse como la capacidad de establecer un diálogo multidisciplinar y un proceso de traducción con el objetivo de desarrollar funciones innovadoras basadas en la nanotecnología para un producto o aplicación.

Los aspectos formativos pueden mejorarse con herramientas adicionales al conjunto de herramientas presentadas en el workshop mediante el desarrollo de herramientas de gamificación físicas o digitales que puedan ayudar a los estudiantes a comprender y aprender de una forma más experiencial e interactiva los diferentes fenómenos relacionados con los nanomateriales y su potencial de aplicación.

Agradecimientos:

Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto financiado por Erasmus+ DATEMATS: Knowledge & Technology Transfer of Emerging Materials & Technologies through a Design-Driven Approach.

Referencias:

- Ashby, M., Shercliff, H., Cebon, D. (2007). Materials Engineering, Science, Processing and Design. (4th Edition - November 27, 2018) <https://www.elsevier.com/books/materials/ashby/978-0-08-102376-1>
- Charles C. Bonwell, James A. Eison, (1991). Active learning: Creating excitement in the classroom. Washington, DC: School of Education and Human Development, George Washington University.
- Haug, A. (2018). Acquiring materials knowledge in design education. International Journal of Technology and Design Education, (February), 1-16.
- Ilse Van Kesteren, (2010) A User-centred Materials Selection Approach for Product Designers, Middle East Technical University Journal of the Faculty of Architecture 27(2) DOI:10.4305/METU.JFA.2010.2.18
- Karana, E. , Pedgley, O., Rognoli, V. (Eds.). (2014). Materials Experience: fundamentals of materials and design. Butterworth-Heinemann <https://doi.org/10.1016/C2012-0-02198-9>
- Karana, E., Hekkert, P., Kandachar, P. (2010). A tool for meaning driven materials selection. Materials and Design, 31(6), 2932-2941. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2009.12.021>
- Kolb, D. (1984). Experiential learning: Experience as the Source of learning and development. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Morer-Camo, P., Cazón-Martín, A., Fernández-Ferradas, M.I., & Thomson, R. (2020). Chapter 2. Nanomaterials. Emerging Materials & Technologies. <https://series.francoangeli.it/index.php/oa/catalog/book/556>
- Pedgley, O. (2010). Invigorating industrial design materials and manufacturing education. METU. Journal of the Faculty of Architecture, 27(2), 339-360.
- Piselli, A., Baxter, W., Simonato, M., Del Curto, B., & Aurisicchio, M. (2018b). Development and evaluation of a methodology to integrate

technical and sensorial properties in materials selection. *Materials & Design*, 153, 259-272.

Piselli, A., Dastoli, C., Santi, R., & Del Curto, B. (2018a). Design tools in materials teaching: bridging the gap between theoretical knowledge and professional practice. In *DS 93: Proceedings of the 20th International Conference on Engineering and Product Design Education (E&PDE 2018)*, Dyson School of Engineering, Imperial College, London. 6th-7th September 2018 (pp. 193-198).

Ramanathan, A. (2019). Toxicity of nanoparticles_ challenges and opportunities. *Applied Microscopy*, 49(1), 1-11.

Rognoli, V. (2004). *il materiali per il design: un atlante espressivo-sensoriale* [Materials for design: an expressive-sensorial atlas]. PhD Thesis. Politecnico di Milano.

Rognoli, V. (2011). A Broad Survey on Expressive-sensorial Characterization of Materials for Design Education. *METU Journal of Faculty of Architecture*, 27(2), 287-300. <https://doi.org/10.4305/metu.jfa.2010.2.16>

Zhou, Z., Rognoli, V. (2019). Material Education in Design: from Literature Review to rethinking. Insider Knowledge, DRS Learn X Design Conference 2019, 9-12 July, Ankara, Turkey. doi. [org/10.21606/learnxdesign.2019.17078](https://doi.org/10.21606/learnxdesign.2019.17078)

Zuo, H. (2010). The selection of materials to match human sensory adaptation and aesthetic expectation in industrial design. *METU Journal of the Faculty of Architecture*, 27(2), 301-319.

Funding source / Fuente de financiación

This work has not received any funding. /

Este trabajo no ha recibido ninguna fuente de financiación

proyecta 56

An industrial design journal