



Algunas nociones que los diseñadores industriales deben tener sobre ciencia de materiales

Some notions that industrial designers should know about materials science

Francisco Javier González Madariaga

Centro Universitario de Arte Arquitectura y Diseño, Universidad de Guadalajara (México)

ORCID: 0000-0003-2451-8325 

francisco.gmadariaga@academicos.udg.mx

Jaime Francisco Gómez Gómez

Centro Universitario de Arte Arquitectura y Diseño, Universidad de Guadalajara (México)

ORCID: 0000-0002-8515-6738 

jaime.ggomez@academicos.udg.mx

Recibido: 28 de mayo de 2020

Aceptado: 11 de julio de 2020

RESUMEN: Los diseñadores industriales mexicanos poseen diferentes competencias profesionales sin embargo se distingue una común a la mayoría, la tímida formación en conocimiento de los materiales y las técnicas para transformarlos. No obstante, en la práctica muchas de las labores relacionadas con la producción son atendidas por el diseñador, debido a que las empresas (pequeñas o medianas) por costumbre, o por razones económicas, no cuentan en su plantilla con diseñadores e ingenieros trabajando juntos. Esta situación lleva a la improvisación en la toma de decisiones técnicas durante el desarrollo de productos y a la pérdida de oportunidades de innovación para las empresas. En este escrito se propone un conjunto de temas básicos acerca de ciencia de materiales que debe conocer el diseñador industrial, y que le permitirán transitar de manera transdisciplinaria entre la ingeniería y el diseño. Estas nociones se presentan en tres grupos: el “menú de materiales”, el efecto de la microestructura en las propiedades de los materiales y por último, las propiedades mecánicas y térmicas de los materiales industriales.

PALABRAS CLAVE: Transdisciplina en el diseño, selección de materiales en el proceso de diseño, ciencia de materiales y diseño, propiedades de los materiales, educación técnica del diseñador industrial.

ABSTRACT: Today's Mexican industrial designers possess different competencies that reflect the institutional backgrounds that trained them, yet we distinguish a common trait among them: a limited training in technical and manufacturing topics. On the other hand, many of the tasks related to industrial production are handled by the product designer, because companies (small or medium) out of habit, or for economic reasons, do not have designers and engineers on their staff working together, and at best designers are assisted by engineers, usually distant from the design process. All of this leads to a loss of opportunities for product innovation and the optimization of the production facilities of the companies where the industrial designer participates. Here we introduce a set of basic concepts that seek to provide tools and strategies to, if not develop an educational model for industrial design, have a knowledge base that allows the industrial designer to understand materiality from science and engineering toward his profession, that is, building a transdisciplinary bridge. These notions are presented in three groups: knowledge of the menu of materials, the effect of the microstructure on material properties, and mechanical and thermal properties.

KEYWORDS: Transdiscipline in design, materials selection, materials science and design, materials properties, technical education in industrial design.

* * * * *

1. Introducción

Como profesionales del diseño industrial con experiencia en la industria mexicana y en la academia, observamos que los diseñadores en el desarrollo de su profesión suelen enfrentarse a situaciones que van más allá de la generación de conceptos, se les pide también resolver la fabricación de esos productos, situación que demanda competencias y conocimientos técnicos más profundos que aquellos con los que han sido educados. Entre muchas actividades de índole técnico que el diseñador aborda destacan la selección de materiales y los procesos de transformación industrial. En el caso del diseñador, los aspectos técnicos de su educación se han enfocado por lo general a comprender de manera empírica cómo dar forma a un material, lo que le lleva a enfrentar con altos grados de incertidumbre su selección y transformación.

Los procesos de desarrollo para la producción de un objeto, que en teoría se encomiendan a ingenieros, muchas veces deben ser atendidas por el diseñador mismo, debido a que es usual que las empresas (pequeñas o medianas) por razones económicas, no cuentan con ambos profesionistas asignados al diseño y desarrollo de productos, o bien los diseñadores son asistidos por ingenieros que no se dedican al diseño de productos. Esto lleva a una superposición de funciones entre ambos profesionistas, donde los dos se ven obligados a realizar tareas para las cuales no han sido formados. De manera análoga, este tipo de situaciones también han sido documentadas respecto a ingenieros en diseño industrial llevando a cabo actividades de diseñador industrial en Melbourne, Australia (Kuys, Usma-Álvarez y Ranscombe, 2014, pp. 1359-1361).

En el caso de México, esta situación pone de manifiesto el aparente distanciamiento del perfil profesional que se busca cumplir en los centros de enseñanza y las actividades que llevan a cabo los egresados en la práctica. La brecha descrita se ha abordado en innumerables ocasiones y ha resultado en múltiples planes de estudio nuevos o con importantes modificaciones, cuyos resultados aún están por valorarse. En lo que respecta a la licenciatura en diseño industrial de la Universidad de Guadalajara, los estudios de egresados han señalado la necesidad de ampliar los contenidos técnicos, entre los cuales se incluyen los relativos a los materiales y procesos de transformación. (Gómez, 2019, p. 92; División de Tecnología y Procesos, 2020, p. 98).

Además del contexto laboral y económico, existen otras condiciones que contribuyen a reforzar la propuesta, y que corresponde a algunas tendencias tecnológicas. La primera de ellas es la creciente oferta de información respecto a las especificaciones técnicas de los materiales disponibles. Las fuentes principales son las bases de datos que están disponibles en línea, como por ejemplo *MatWeb*®, que es de las más conocidas y completas de acceso gratuito con funciones limitadas. Cabe mencionar que esta base de datos, permite a sus usuarios descargar las fichas técnicas de los materiales que requiera para ser utilizadas en formatos compatibles con programas de modelación digital como lo son *SolidWorks*® o algunos otros de Autodesk®, y con ello, mediante herramientas de análisis de elemento finito, se posibilita tener una aproximación más cercana a la realidad

respecto al desempeño mecánico y algunas propiedades de los objetos o componentes que se están diseñando. De manera más modesta, a estos recursos habría que agregar las hojas técnicas que por omisión se ofrecen en los sitios web de las distribuidoras de materiales.

También se han popularizado los denominados “selectores de materiales” en línea que han sido desarrollados por empresas tanto productoras como distribuidoras o por las certificadoras como ASM International, Mitsubishi Chemical Advanced Materials, CAMPUS Plastics o Specialchem (con el patrocinio de empresas del sector del plástico) o el UL Selector, y cuya consulta requiere de contar con un conocimiento más amplio para la interpretación de la información. También hay que incorporar las materiotecas digitales, algunas de ellas derivadas de las colecciones físicas de materiales de diversas instituciones, tanto educativas como de difusión, donde dependiendo de su origen, enfatizan en mayor o menor medida los aspectos técnicos, estéticos o incluso medioambientales de los materiales (como MATREC). Resalta el caso de la materioteca Mater FAD de Barcelona, además de presentar novedades en la oferta de los materiales incorpora un sistema de filtrado que, a partir de las propiedades, funciona como un selector de primera mano. También hay que considerar que las tecnologías móviles han favorecido el fenómeno del desarrollo de las denominadas aplicaciones, o apps, que proporcionan información sintética pero relevante para una adecuada selección del material y su proceso de transformación. Si bien este tipo de plataforma tecnológica se había enfocado al entretenimiento o consumo de contenidos, la inclusión de estos temas ofrece una aproximación abreviada de las bases de datos en línea ya existentes. Finalmente, también existen los sitios de difusión sobre novedades en materiales para el diseño que, si bien son relativamente superficiales en información técnica, incentivan al diseñador a actualizarse en dichos temas, como lo es el ejemplo de Material District.

Con todo lo expuesto es evidente la necesidad de que los diseñadores amplíen y profundicen sus conocimientos sobre los aspectos relevantes de los materiales con los que trabaja. La presente propuesta busca en primera instancia orientar a los académicos con interés en la enseñanza de estos conceptos y en segunda, despertar el interés de estudiantes de diseño industrial acerca de las nociones esenciales para la comprensión e interpretación de la información técnica de materiales que ahora se encuentran a su disposición a través de los medios electrónicos y las tecnologías de información y que sirven de guía para la selección de los materiales candidatos y sus procesos de transformación para algún proyecto determinado. Gran parte de estas nociones han sido incluidas en el nuevo plan de estudios de la licenciatura en diseño industrial de la Universidad de Guadalajara, el cual fue implementado a partir del año 2018 y su impacto en el perfil profesional del diseñador industrial apenas se valorará a partir de la inserción laboral de sus primeros egresados.

2. Propuesta de nociones esenciales, un enfoque transdisciplinar

En la preparación de este documento, se valoró la factibilidad de consulta en línea y la literatura disponible acerca de los temas, así como su utilidad en proyectos de diseño. Aunado a ello, se tomó en cuenta la disponibilidad de tecnologías de manufactura con las cuales se aprovecharían estos conceptos. La propuesta se agrupa en tres grandes bloques:

1) Conocimiento del menú de materiales; 2) El efecto de la microestructura en las propiedades del material y; 3) las propiedades mecánicas y térmicas.

2.1. Conocer el menú de materiales.

El menú de materiales representa la cantidad de materiales disponibles en un sitio para la fabricación de un producto o bien determinado, está integrado por familias o grupos y múltiples autores lo han abordado desde su perspectiva disciplinar, por lo que hay diversas maneras de presentarlo: la metalurgia, la química, la resistencia de materiales, la ingeniería de manufactura, y el diseño industrial.

El criterio de composición química es la clasificación más común donde propone cuatro grandes grupos: metales, polímeros, cerámicos, y los materiales compuestos o materiales híbridos, que son esencialmente una combinación de dos o más materiales que da como resultado un material con propiedades diferentes a las de los materiales de partida. Respecto a los polímeros y cerámicos, algunos autores han propuesto categorías adicionales en relación a estos dos grupos. Al grupo de los vidrios, que por su composición química y propiedades mecánicas y térmicas corresponden a la familia de los cerámicos, se le suele clasificar como una categoría independiente dadas su estructura molecular e inherentes propiedades ópticas. En cuanto a los materiales poliméricos, a los elastómeros se les considera en otra categoría dadas su elevada capacidad para deformarse elásticamente, así como su baja o nula reciclabilidad (Ashby, Shercliff, Cebon, 2019, p. 17).

Otro criterio de clasificación de las familias de materiales que algunos otros autores abordan es por su uso y aplicación. En esta clasificación la cantidad de familias de materiales pueden variar entre un autor y otro. Una de las clasificaciones más conocidas es la que presentan Askeland, Fulay y Bhattacharya (2014, p.10) donde el menú de materiales está dividido en ocho grupos: aeroespacial, biomédico, materiales electrónicos, tecnologías para la energía y medio ambiente, materiales magnéticos, materiales ópticos, los inteligentes y los estructurales. Esta última propuesta es cercana a la forma de trabajo de un diseñador porque le permite acceder a la información de forma dirigida y orientada a proyectos específicos, ahorrándole tiempo de búsqueda.

Sea cual fuere el criterio de clasificación, el menú que nos ocupa está determinado por la naturaleza de los enlaces atómicos. Aunque para el diseñador industrial el tema es de escaso interés, su conocimiento básico le permite comprender las características y propiedades esenciales de cada grupo de materiales dentro del menú disponible. Sin adentrarse más allá de los aspectos básicos de química, es importante que el diseñador posea nociones de la existencia de los tres enlaces atómicos principales, metálico, iónico y covalente, y los enlaces secundarios o de Van der Waals, entre todos determinarán las propiedades de los materiales.

2. 2. La estructura determina las propiedades de los materiales.

Otro criterio de clasificación de los materiales muy utilizado en la ingeniería de los materiales es el de ordenación espacial. Este criterio se basa en el tipo de estructura atómica y ordenamiento molecular de cada material y en este caso se clasifican en 3 grandes grupos: los materiales cristalinos, que poseen una estructura regular, siendo los metales y algunos materiales cerámicos los más reconocibles de este grupo; los amorfos, cuya estructura es irregular y aleatoria, siendo los vidrios el ejemplo más común o algunos plásticos, como el acrílico; y los semicristalinos, que tienen estructuras de ambas clases,

donde se encuentran algunos tipos de plásticos, por ejemplo, el polietileno, por mencionar alguno.

Cabe señalar que, en el caso de los metales y los cerámicos, las estructuras cristalinas se generan desde el arreglo atómico, lo que se traduce en microestructuras integradas por granos y fronteras de grano, los cuales son visibles con microscopios de diversas clases, desde los electrónicos de barrido a los ópticos. Por su parte, la regularidad estructural en los polímeros se manifiesta por la formación de esferulitas que se forman por el pliegue de las cadenas poliméricas.

Esta noción de la estructura permite al diseñador identificar en primera instancia las características esenciales de los materiales. Esto se hace aún más evidente en el caso de los plásticos, donde incluso algunos proveedores ya disponen de herramientas de selección en línea, siguiendo este criterio. El esquema se presenta gráficamente en forma de pirámide de tres niveles (ver Figura 1.), en ocasiones cuatro de acuerdo algunos autores (Harper, 2000, p. 813) o productores (Mitsubishi Advanced Chemical o Quadrant, por nombrar alguno) dividida a la mitad por el eje vertical, con el objeto de separar los plásticos amorfos de los semicristalinos.

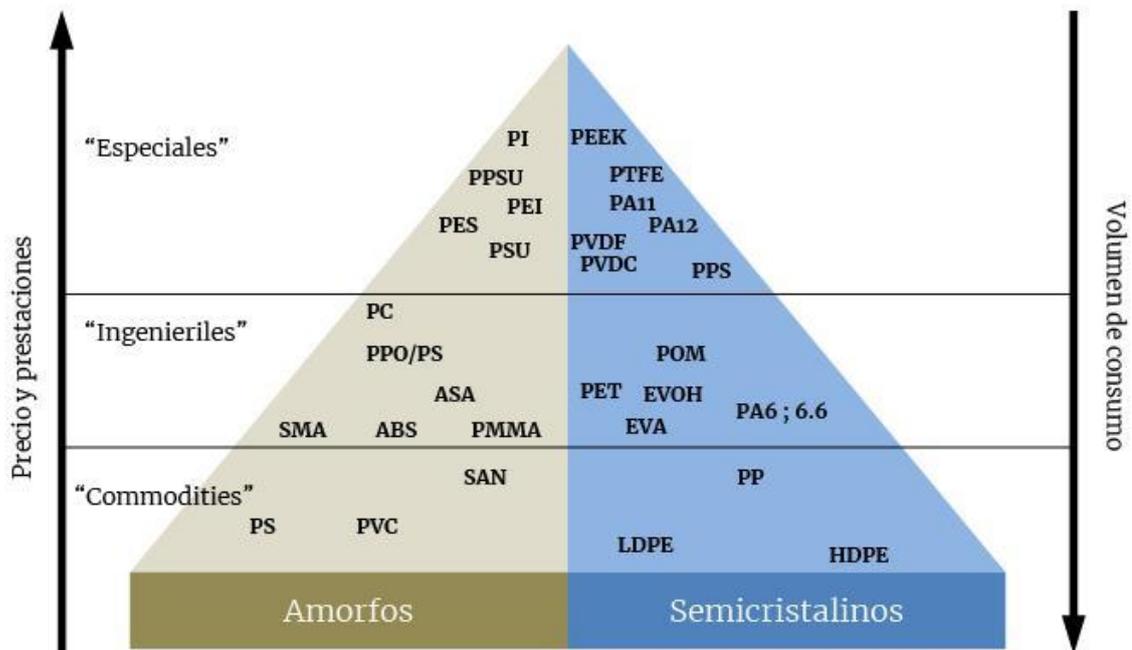


Figura 1. Clasificación de materiales termoplásticos (elaboración propia).

Es importante aclarar que esta clasificación también aplica a los filamentos o polvos de plástico utilizados para la impresión en 3d o manufactura aditiva. Esta separación es relevante porque de esta manera se identifican con facilidad, independientemente de la familia química al que pertenecen y a su vez proporcionan características relevantes de cada grupo. En la tabla 1 se presentan algunas de ellas.

Amorfos	Semicristalinos
Menor resistencia al calor	Mayor resistencia al calor
Rango de temperaturas de reblandecimiento	Temperatura de fundido puntual
Más translúcido/transparente	Más opaco
Menor contracción durante el enfriamiento	Mayor contracción durante el enfriamiento
Mayor tenacidad a bajas temperaturas	Menor tenacidad a bajas temperaturas
Menor estabilidad dimensional	Mayor estabilidad dimensional
Pobre resistencia a la fatiga y al desgaste	Buena resistencia a la fatiga y al desgaste
Mayor fluencia (<i>creep</i>)	Menor fluencia (<i>creep</i>)

Tabla 1. Comparativa de propiedades entre polímeros amorfos y semicristalinos (fuente: Sánchez y Campos, p. 345)

Se puede apreciar, a pesar de los diversos grupos o familias químicas existentes, la tabla puede funcionar como una guía primaria de selección de plásticos para aplicaciones determinadas. Por ejemplo, si se va a requerir un material con excelente transparencia, tendrá más alternativas para seleccionar de entre los materiales amorfos, pero si se requiere de un material plástico para ser sometido a esfuerzos dinámicos o con miras a resistir a la fatiga, entonces sabrá que sus candidatos a seleccionar se encuentran entre los plásticos semicristalinos. Otra característica diferenciadora entre estos dos grupos es que los materiales amorfos son más susceptibles de unirse mediante adhesivo que los materiales semicristalinos, que para ello requerirán de un tratamiento superficial adicional, o en su defecto uniones de tipo mecánico.

3. Las propiedades mecánicas y térmicas.

Posiblemente este sea el grupo más extenso en cuanto a nociones porque abarca parámetros de diseño mecánico y concluye con la exploración de los conceptos de las transiciones térmicas presentes en los materiales y que son determinantes no solo durante el proceso de selección sino también en el de transformación.

El primer grupo de propiedades mecánicas es la referencia principal en prácticamente todas las bases de datos. Se trata de “las cuatro grandes” de acuerdo con Shackelford¹. Es muy importante que el diseñador industrial pueda comprender conceptos como módulo de elasticidad (que es la medida de la rigidez de un material), límite elástico (también llamado esfuerzo de cedencia o de fluencia y que describe el límite de la deformación elástica o temporal hacia la deformación plástica, que es permanente), la resistencia o esfuerzo máximo (que es el punto en el que el material presenta su mayor esfuerzo a la deformación plástica antes de experimentar reducción en su sección transversal) y esfuerzo de rotura. Estas propiedades o parámetros mecánicos se obtienen mediante un ensayo de tracción (aunque podría ser a flexión o compresión) y se pueden plasmar en un

¹ El profesor James F. Shackelford, de la Universidad California Davis, ha impartido el curso *Ten Things Every Engineer Should Know about Materials Science* y en dicho curso aborda estas y otras nociones.

diagrama esfuerzo-deformación el cual, en cierto sentido, equivaldría a la “huella dactilar” del comportamiento mecánico de cada material (ver Figura 2).

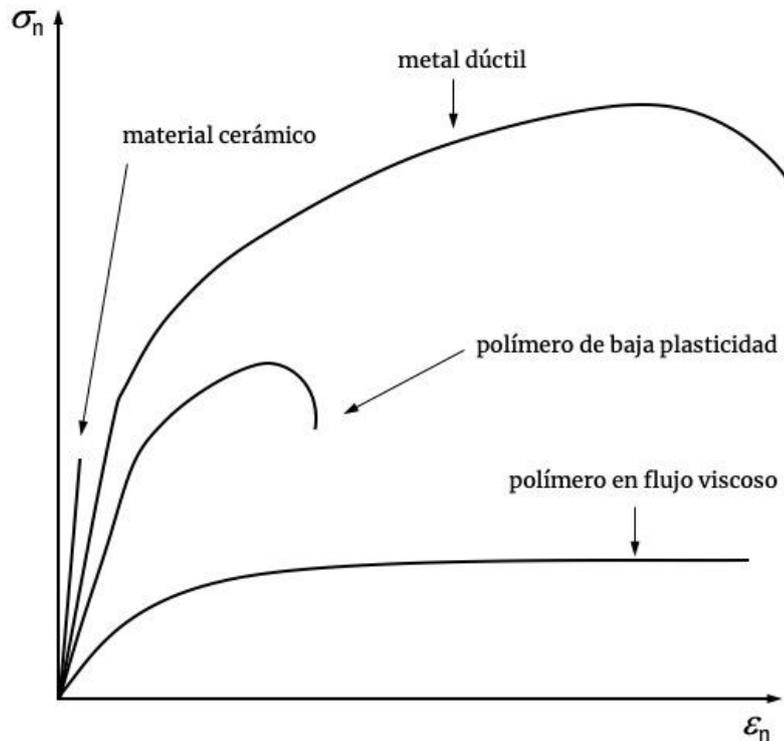


Figura 2. Comparativa de diagramas esfuerzo-deformación de distintos materiales (elaboración propia).

Adicionalmente, otras nociones derivadas de este diagrama y que pueden ser importantes para el diseñador son la resiliencia y la tenacidad (según Shackelford, el quinto parámetro mecánico) y que con frecuencia son referidas en la literatura de materiales, así como en las bases de datos. Ambos conceptos tienen que ver con la capacidad del material de absorber energía durante el proceso de deformación. Sin embargo, la resiliencia tiene que ver con esa absorción de energía hasta llegar al límite elástico, razón por la cual el material es capaz de recuperarse. Por su parte, la tenacidad es la capacidad que tiene un material para absorber la energía antes de romperse. En la figura 2, se observará que el metal dúctil es el material más tenaz de esa comparativa, ya que se requirió de mayores esfuerzos para provocar en él una deformación permanente, mientras que el cerámico es el menos tenaz ya que fracturó en régimen de deformación elástica, incluso por debajo del límite elástico del metal.

Asociados a estos conceptos es necesario comprender lo que son la ductilidad y la fragilidad. La ductilidad se refiere a la capacidad de un material para deformarse plásticamente antes de romperse, lo que para un diseñador se traduce en la facilidad con la que se puede moldear o modelar a una geometría determinada con dicho material. La fragilidad, por su parte está asociada a la manera en que un material rompe sin experimentar deformación plástica, es decir, deformarse dentro del régimen de deformación elástica.

Por otro lado, se ha observado que con cierta frecuencia se tiende a confundir a la dureza con la rigidez del material, y si bien existe una relación entre ambas, se miden de distinta manera y expresan cosas diferentes de un mismo material. La rigidez se puede medir con un ensayo a tracción (el ensayo más común, aunque puede medirse la respuesta mecánica a flexión, cizallamiento o compresión), la dureza se obtiene por medio de un ensayo no destructivo consistente en la aplicación de un esfuerzo localizado en un punto mediante un indentador y ésta se relaciona con la resistencia al desgaste.

Otra noción relacionada con estos parámetros mecánicos es la tenacidad de fractura. Este concepto proviene de otra rama de las ciencias de los materiales denominada mecánica de fractura, pero esta noción permite al diseñador comprender que los defectos en los materiales, ya sean internos o superficiales, influyen de manera significativa en el desempeño de un componente ya que pueden propiciar el fallo. En esta noción, cada defecto funciona como un concentrador de tensiones y el fallo puede ocurrir a partir de la combinación de esfuerzos y tamaño crítico de la grieta que se forma. Un ejemplo de esto es un globo con un pequeño agujero que al inflarse la presión interna alcanza un valor crítico para posteriormente estallar (Shackelford, 2005, p. 266). Otros concentradores de tensiones que los diseñadores pueden evitar son las esquinas, como se muestra en la figura 3, en la imagen de la izquierda, se observa detalle de cómo un mandala de acrílico cortado con láser rompió por las esquinas, las cuales los diseñadores no habían considerado redondear.

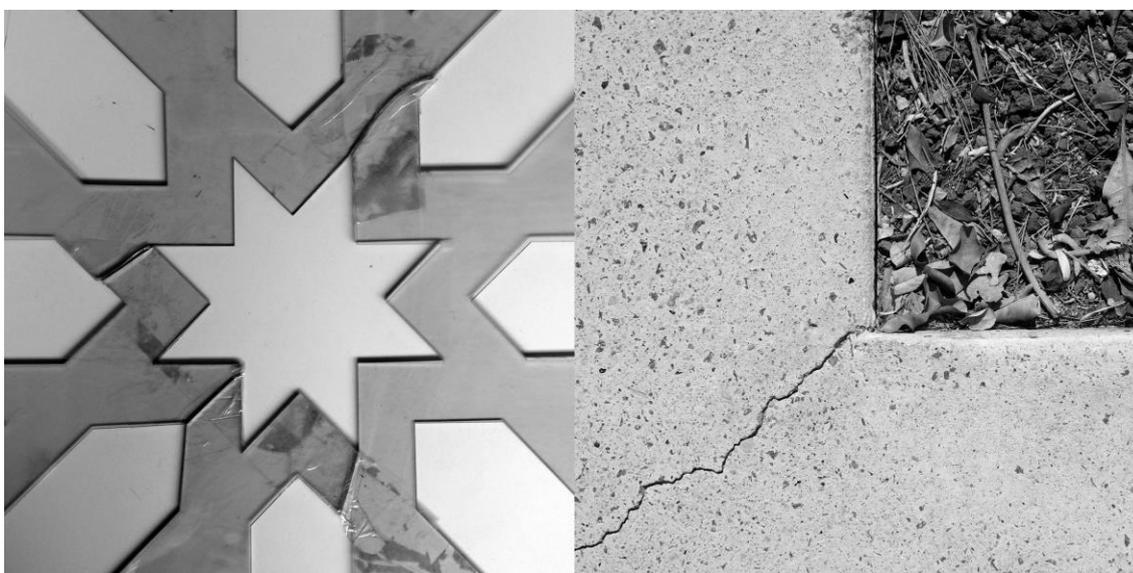


Figura 3. A la izquierda, fractura múltiple de un sustrato de acrílico por corte láser; a la derecha, grieta de un colado de concreto para una jardinera (fotos: de los autores).

Otra noción que puede ser de gran utilidad para el diseñador es el límite de fatiga. Esta noción puede, como se puede inferir de su denominación, describir cómo el material se ha ido “cansando” (por decirlo de manera sencilla) a raíz de haber sido sometido a esfuerzos cíclicos y constantes. Este “cansancio” es una función del número de ciclos al que ha sido sometido el componente, donde el fallo es de tipo frágil o catastrófico y ocurre con tensiones por debajo del esfuerzo máximo, e incluso por debajo del límite elástico. Un ejemplo de esto es lo que ocurre con relativa frecuencia a los componentes de bicicletas o motocicletas, sobre todo en las tijeras o los soportes traseros de las llantas (ver figura 4).

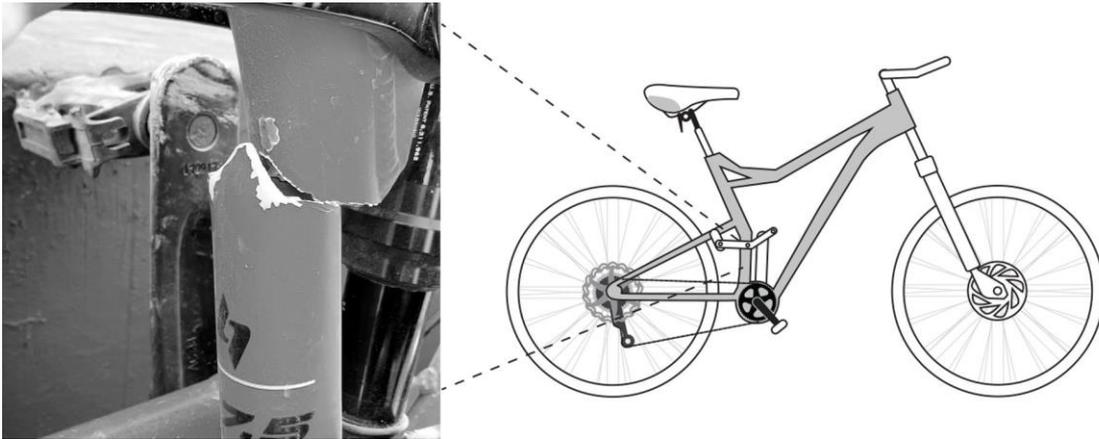


Figura 4. Fractura por fatiga del poste trasero de una bicicleta de montaña por debajo del ensamble de la suspensión (foto: cortesía de David Nelson)

También este fenómeno se aprecia fácilmente al doblar un clip y regresarlo a su estado original repetidas veces, éste romperá con un nivel de esfuerzo menor al de inicio del ciclo de deformaciones al que fue sometido. El fallo suele ser impredecible en materiales dúctiles, como el aluminio o el cobre, debido a que la respuesta mecánica es muy homogénea a lo largo de la vida útil del componente, por lo que en componentes que serán sometidos a este tipo de esfuerzo, la recomendación será utilizar materiales más tenaces, como el acero y sus aleaciones.

Respecto a las transiciones térmicas, es de utilidad conocer algunos conceptos. El primero de ellos es lo que se denomina como temperatura máxima de servicio (T_{max}), que es aquella en la cual el material puede ser utilizado sin experimentar cambios en su composición química u oxidación. Su relevancia para el diseño radica en que permite seleccionar los materiales en función de los límites del entorno en que se van a utilizar.

La temperatura influye de manera importante no solo ascendiendo, también el descenso propicia problemas. Es posible que el diseñador en países como el nuestro no visualice alguno de sus productos en climas de frío extremo pero este concepto le permitirá comprender que, en función de la composición química del material, el tipo de esfuerzo al que será sometido y la temperatura, los materiales en general tenderán a perder ductilidad y en caso de romper, lo harán con fragilidad y el fallo de este tipo se denomina fallo catastrófico, por ser repentino.

Existen otras dos transiciones térmicas que son importantes para el procesamiento y funcionamiento de los materiales: el punto o temperatura de fusión (en inglés melt temperature, T_m) y la temperatura de transición vítrea (en inglés glass transition, T_g). La primera de ellas es una transición relativamente entendible dado que es más reconocible con eventos de la vida cotidiana como, por ejemplo, cómo se derrite un bloque de hielo, pasando de estado sólido a líquido a partir de una temperatura puntual. Esto es observable en los metales y en el proceso de fundición. Pero en el caso de los vidrios o algunos polímeros, estos materiales no pasan de estado sólido a líquido de manera inmediata, sino que primero reblandecen en un rango de temperaturas para, como en el caso de los polímeros, pasar de un estado sólido a gomoso y posteriormente a líquido viscoso, que es

cuando el material se puede conformar en una pieza a componente. A esta transición de estado sólido a gomoso o líquido viscoso se le denomina temperatura de transición vítrea. Esta transición térmica, es la que se debe considerar para la toma de decisiones en cuanto a la selección de un material para condiciones críticas de servicio. Una descripción útil para el diseñador acerca de este tema la ofrecen González et.al. (2009 pp. 34 - 37).

Un ejemplo de un producto con materiales en los que se presentan estas dos transiciones térmicas es el bolígrafo Bic®. A temperatura ambiente el cuerpo del bolígrafo, fabricado con poliestireno, es rígido, mientras que la tapa, fabricada con polipropileno, es gomosa. Esto quiere decir que la temperatura de transición vítrea del poliestireno se encuentra por encima de la temperatura ambiente, mientras que el de la tapa se localiza por debajo de esa temperatura, razón por la cual el clip de la tapa se puede deformar con mayor facilidad que el cuerpo del bolígrafo. Para el procesamiento de la tapa, además de la temperatura de transición vítrea, se requiere de sobrepasar su temperatura o punto de fusión, para de esta manera, moldearlo fácilmente, ya que se encontrará en estado líquido poco viscoso.

Una noción asociada a la temperatura de transición vítrea, en los polímeros (y en los metales a temperaturas de un tercio de su punto de fusión) poco reconocible por el diseñador industrial pero que es importante que la conozca es el *creep* o fluencia lenta. Se trata de una deformación en la que intervienen tres factores fundamentales: una carga constante, la temperatura y el tiempo de exposición. En el caso de los productos de plástico, este fenómeno se presentará en cuanto la temperatura ambiente sobrepase la temperatura de transición vítrea (Pfeifer, 2009, p. 1773) y el esfuerzo por lo general se encuentra por debajo del límite elástico (ver figura 5).



Figura 5. Ejemplo de un empaque de una manguera deformado por efecto de la compresión y por la exposición continua al calor (foto: de los autores).

Ocurre en tres etapas, iniciando con una etapa de deformación elástica o recuperable, seguida de una etapa de deformación constante, para finalmente entrar a la tercera etapa de deformación plástica severa y finalmente fallar (McKeen, 2015, p. 5). Si no se reemplaza el componente una vez que se presente la deformación en las primeras dos etapas, este fallará. Este fenómeno se observa en componentes como álabes de turbina o hélices de

ventiladores, en refuerzos de carcasas o contenedores de plástico, engranes o en algunos snap-fits.

También este fenómeno se presenta en las cuerdas de los instrumentos musicales, que conforme van cediendo a la deformación, desafina al instrumento. Con el objeto de contrarrestar este fenómeno, se han desarrollado materiales reforzados con distintos tipos de cargas, siendo la fibra de vidrio una de las más comunes.

Por motivos de espacio, en esta propuesta no hemos incluido en las nociones conceptos como difusión en los metales, la cristalografía y sus defectos, los diagramas de fase, o lo relacionado con electromagnetismo y semiconductores que, a pesar de proporcionar información técnica relevante, son de escasa aplicación en el proceso de diseño.

4. Conclusiones

Se ha presentado una propuesta de enseñanza de nociones esenciales de ciencias de materiales para los diseñadores industriales y se ha argumentado la utilidad para su aplicación en el proceso de diseño. En síntesis, estos conceptos son relevantes porque, además de orientar al diseñador para hacer una selección razonada de materiales y los procesos de manufactura industriales, también le dan la conciencia de que las propiedades de los materiales dependen de la microestructura del material, que las propiedades son dependientes del proceso utilizado, pueden cambiar con el tiempo y las condiciones de operación y sobre todo, que dichas propiedades son medibles y que dicha medición es comprensible por el estudiante.

Asimismo, la abundante oferta informativa existente tanto en línea como en otros formatos digitales, así como en la literatura, faculta al diseñador industrial para apropiarse de estos conocimientos y terminología y con ello hacer una correcta selección de materiales y procesos durante el proceso de diseño.

Bibliografía

- Ashby, M., Shercliff, H., y Cebon, D. (2019) *Materials Engineering, Science, Processing and Design*, Cambridge: Butterworth-Heinemann.
- Askeland, D., Fulay, P.P., Bhattacharya, D. K. (2010) *Essentials of Materials Science and Engineering*, Canadá: CENGAGE.
- División de Tecnología y Procesos (2020) *Seguimiento de egresados de diseño industrial ingreso 2011*, encuesta en línea. Guadalajara: Universidad de Guadalajara, .
- Gómez Gómez, J.F. (2019) *El diseño industrial en Guadalajara: una retrospectiva desde 1970 hacia el inicio del siglo XXI*. Guadalajara: Ed. Universidad de Guadalajara.
- González Madariaga et al (2009). *Plásticos en el diseño y desarrollo de productos*. Guadalajara México. Editorial Universidad Universitaria. pp 34 - 37.
- Harper, Ch. (2000). *Modern Plastics Handbook*, Nueva York: McGrawHill.
- Kuys, Blair & Usma, Clara & Ranscombe, Charles. (2014). Are you a designer or an engineer? We are both. An insight into Product Design Engineering through graduate reflection. *DRS - Design Research Society's 2014 conference Design's Big Debates Pushing the boundaries of design research*, Umea, Suecia. pp. 1353-1368.
- McKeen, L. W. (2015) *The Effect of Creep and Other Time Related Factors on Plastics and Elastomers*, Oxford: Elsevier.
- Pfeifer, M. (2009) *Materials Enabled Designs, The Materials Engineering Perspective to Product Design and Manufacturing*, Burlington: Elsevier.
- Sánchez Vergara, M. E. y Campos Silva, I. E. (2010) *Tecnología de Materiales*, México: Ed. Trillas.
- Shackelford, J. F. (2005) *Introducción a la ciencia de los materiales para ingenieros*, Madrid: Pearson.