

## Extracto de Canale, Guillermo (Ed.) Materialoteca – Perfil ambiental de materiales

### Materialoteca – Introducción

*El ambiente es un Sistema. La sociedad humana también es un sistema. Los sistemas coexisten e interactúan, débilmente en algunos casos, fuertemente en otros. Cuando dos sistemas, complejos de por sí, interactúan, las consecuencias son difíciles de predecir. Una consecuencia ha sido el impacto dañino de la sociedad industrial sobre el Ambiente y el ecosistema en que vivimos y del que dependemos.(...) Estas y muchas otras preocupaciones derivan de la forma en que usamos la energía y los materiales. Si es que hemos de hacer algo al respecto, el primer paso es entender los orígenes, la escala, las consecuencias y hasta qué punto, mediante la cuidadosa elección de materiales, podemos hacer algo al respecto. Y eso requiere **hechos**<sup>1</sup>.*

Esta serie de capítulos sobre el perfil de determinadas Materias Primas de uso común, busca servir de apoyo a los estudiantes, Docentes y Profesionales de las disciplinas proyectuales (Diseño, Arquitectura e Ingeniería) para comprender las cuestiones ambientales implícitas en cada material. También para interpretar mejor la información de Bases de Datos específicas cuando procuren reducir las consecuencias negativas de sus decisiones en nuestro entorno común, la Tierra que habitamos.

La selección de materiales no es tarea sencilla. Múltiples criterios se superponen y hasta compiten entre sí al momento de seleccionar un material específico para una aplicación o producto dado. No se pretende abarcar esta complejidad<sup>2</sup>, sino hacer visibles las cuestiones asociadas al Ciclo de Vida que se ponen en juego en el acto de decidirse por un material u otro en el Diseño para la Sustentabilidad.

Todavía cabe una prevención adicional, a como muy bien lo detallan Ashby – Johnson: Los libros sobre selección de materiales- y hay muchos- se enfocan en encontrar la confluencia entre las propiedades del material, los requisitos técnicos de un diseño y la ciencia de los materiales. Actualmente hay métodos bien desarrollados para hacer esto, asistidos por sofisticadas herramientas de software (Granta Design, CES). En conjunto forman la base en la que se apoya la enseñanza de la selección de materiales en los programas de Ingeniería en todo el mundo. Pero esos programas frecuentemente ignoran o en el mejor de los casos le prestan poca atención a lo que podría llamarse el Arte de los materiales – el rol que juegan en el Diseño Industrial. Esto puede deberse a que los múltiples aspectos técnicos de ingeniería conforman un campo estructurado, analítico que puede ser registrado y enseñado como un conjunto

---

<sup>1</sup> **Ashby, Michael F.** – (2009) *Materials and the Environment: eco-informed material Choice* – Butterworth – Heinemann – Londres – NY – p vii

<sup>2</sup> Ver **Haihong Huang, Lei Zhang, Zhifeng Liu and John Sutherland** - (Feb. 2011) *Multi-criteria decision making and uncertainty analysis for materials selection in environmentally conscious design* – The International Journal of Advanced Manufacturing Technology– 52: 421-432 – Springer Verlag

de procedimientos formales. El Diseño no puede enunciarse tan fácilmente como un método. Antes bien, se basa en el pensamiento, bocetado y modelado “visual”, una exploración de la estética y la percepción, comportamientos y relatos<sup>3</sup>.

La inclusión de consideraciones ambientales en el diseño de productos o servicios se engloba en la disciplina conocida como Ecodiseño. Cuando buscamos atender al triple presupuesto de cuestiones ambientales, económicas y sociales en la Sustentabilidad, es una referencia común hablar de Diseño para la Sustentabilidad o D4S<sup>4</sup>. Como el D4S focaliza mayormente en esta triple articulación, su aplicación en el área de Proyectos requiere una especificidad que va más allá de la sola materialidad de los objetos. En la medida de lo posible hemos procurado aportar información sobre las cuestiones económicas y/o sociales vinculadas a la producción y uso de los distintos materiales tratados.

Cada materia prima que usemos tiene su impronta ambiental. La idea es conocerla. El desafío para los desarrolladores de *eco-productos* es cubrir una necesidad o brindar un beneficio al cliente / usuario al más bajo “costo” ambiental, social y económico. El conocimiento de lo ambiental debe implementarse desde los pasos iniciales de un proyecto, caso contrario las demandas ambientales no serán atendidas adecuadamente<sup>5</sup> y luego habrá que remediarlas. Se puede presumir que todos estamos alertas acerca del valor económico relevante de la mayoría de las funciones que nos rodean pero estamos totalmente desprevenidos de los correspondientes costos/ impactos / valores ambientales<sup>6</sup>. Esta información, entonces, resulta necesaria sea que comparemos materiales entre sí a la hora de elegir el más adecuado, como para desaconsejar el uso de ciertos procesos o recubrimientos.

En esto, aplica la historia de una mujer que lleva a su hijo pequeño a una granja educativa. Y en un momento dado viene el niño con los ojos desorbitados y le dice “¡Mamá, mamá, hay un pollo con patas y plumas!”

La criatura pensaba que el pollo venía en la bandeja de poliestireno expandido, envuelta en film plástico, porque así lo había visto siempre en las góndolas de supermercado. Y uno piensa “*qué encantadora la visión ingenua de la criatura*”.

Pero más de un proyectista actúa como si el cobre saliera de las bobinas, o el Polipropileno en *pellets*.

En Chuquicamata está la principal mina de cobre de Chile. Al atardecer se ve desde lejos el cielo como en una historieta de Ciencia Ficción, donde en planetas con atmósferas hostiles constrúan cúpulas y adentro había aire respirable. Allí es al revés, circundando el yacimiento se ve como si hubiera una cúpula. Adentro el aire está oscurecido por contaminantes. El cobre sale de la tierra, no de las bobinas de cable.

---

<sup>3</sup> **Ashby, M. & Johnson, K.** – (2014) *Materials and Design - The Art and Science of Material Selection in Product Design* - Third Edition – Butterworth – Heinemann – (Elsevier) – Oxford p. iv

<sup>4</sup> Es una sigla que deriva del Inglés *Design for Sustainability*. Como la palabra *for* y el número 4 se pronuncian parecido, resulta **D4S**. Nomenclatura instalada por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

<sup>5</sup> **Lagerstedt, J.** – (2003) *Functional and environmental factors in early phases of product development. Eco functional matrix*. PhD thesis, KTH Machine Design

<sup>6</sup> **Lutthropp, Conrad ; Lagerstedt, Jessica** – (2006) *EcoDesign and the Ten Golden Rules: generic advise for merging environmental aspects into product development-* Journal of Cleaner Production 14 p.1397

En Argentina se construyó Futaleufú, una presa hidroeléctrica planteada casi exclusivamente para cumplir con las necesidades energéticas de Aluar, en Puerto Madryn, la única planta de Aluminio del país.

No es casual que Coca-Cola comprara Reynolds que es la principal recicladora de latitas de aluminio. Al elegir aluminio tiene una diferencia importante si es reciclado o virgen. Porque la cantidad de energía requerida para fundir una latita es setenta veces menor que la que hace falta para hacer aluminio a partir de bauxita. Que, además, en la Argentina no hay. Por lo que en el cómputo económico y ambiental también hay que tener en cuenta el transporte del mineral<sup>7</sup> desde Australia o Brasil hasta Puerto Madryn.

En ámbitos ecologistas es común encontrar adjetivaciones alarmistas, que, a fuerza de serlo, terminan por producir parálisis y miedo. Hace mucho daño mencionar “residuos tóxicos” “contaminación”, “grandes cantidades de residuos” sin acotar de lo que se habla.

En estos capítulos intentamos evitar tanto la desinformación como la simplificación.

En la raíz del entendimiento de los problemas ambientales contemporáneos, está la noción de impacto<sup>8</sup>, en tanto efecto de cierta actividad o cosa sobre su entorno. Por el solo hecho de vivir, vestirnos, alimentarnos y habitar, individual y colectivamente, los humanos producimos una variedad de impactos de diversa naturaleza y magnitud. Este concepto es muy importante, ya que al leer las páginas que siguen, se debe abandonar toda pretensión de impacto cero. Vivir produce impactos. Se trata entonces de comparar impactos **relativos** y adoptar elecciones siguiendo el objetivo de reducir su magnitud, teniendo en cuenta que estamos comparando impactos no nulos.

En el escenario de la toma de decisiones proyectuales trabajamos considerando múltiples variables, algunas de ellas, entre muchas, se asocian a la materialidad del objeto / producto.

Yendo al punto de los aspectos ambientales que se desprenden del modo en que usamos los materiales, pareciera que “usar” es una palabra muy débil, suena como si tuviéramos la opción de usar o quizás elegir no usarlos. Sin embargo, no “usamos” simplemente los materiales, somos totalmente dependientes de ellos<sup>9</sup>.

Asumiendo que somos dependientes de los materiales, la opción de no usarlos ocurre en escasísimas oportunidades. Las alternativas en términos de proyecto se reducen entonces a usar menos cantidad, de fuentes renovables, obtenidas de fuentes o mediante procesos más “limpios”, con menores impactos en las diversas fases de su ciclo de vida, etc. Así, poder acotar en qué consiste el impacto ambiental producido en las etapas del ciclo de vida de diversos materiales, podría ayudar a la toma de decisiones de los proyectistas con mayor conocimiento de causa.

Corresponde aquí una pequeña digresión sobre el término *impacto ambiental* que en la inmensa mayoría de los textos aparece como autodefinido.

Comencemos con el término Impacto, al que se define como la huella o el efecto que algo (cosa o actividad) deja sobre personas, animales (entorno *biótico*) o, el entorno en general, incluyendo aspectos no vinculados con la vida de manera directa, cual fueran aguas, rocas, aire (entorno *abiótico*).

---

<sup>7</sup> Por simple economía de recursos, es más barato y conveniente transportar la bauxita hasta algún lugar cercano donde se la transforme en Alúmina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). De hecho, lo que importa Argentina es Alúmina y no bauxita, el mineral base. Ver más detalle en el capítulo correspondiente.

<sup>8</sup> Del latín tardío *impactus*, choque, colisión

<sup>9</sup> **Ashby, Michael F.** - *Op. Cit.* P. 6

Actualmente en gran cantidad de países, es requisito legal la presentación anticipada de una Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) de una obra / planta industrial como condición para autorizar su ejecución. Sintéticamente se busca allí evaluar cuatro tipos de impactos<sup>10</sup>:

- Impacto del consumo de recursos
- Impacto ambiental
- Impacto social
- Impacto económico

Aunque desgraciadamente en la mayoría de los casos los impactos a ponderar son negativos (deterioro del hábitat natural, consumo de recursos) debe tenerse en cuenta que también han de considerarse los impactos **positivos**.<sup>11</sup>

Hay varias maneras de expresar y sintetizar el tipo y magnitud de los impactos, siendo los más usados: Huella de Carbono, Huella Hídrica, Puntaje ponderado (Ecoindicadores), Huella Ecológica, Análisis de Ciclo de Vida<sup>12</sup> (ACV), etc. Está fuera del alcance de este texto desarrollar estos conceptos, pero debemos subrayar que están subyacentes en la evaluación de los materiales. Sintéticamente:

### Huella de Carbono<sup>13</sup>

Es la medida de la cantidad (masa) de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) y otros Gases de Efecto Invernadero (GEI), emitida por un producto / actividad humana a lo largo de todo su ciclo de vida<sup>14</sup> por unidad funcional establecida.

Es un recorte muy estrecho de los impactos reales, pero se ha popularizado porque es muy sencillo de comprender y se calcula con Planillas electrónicas sencillas<sup>15</sup>.

Se realiza un Análisis de Ciclo de Vida (ACV) considerando sólo el inventario y la evaluación de impactos para el Cambio Climático. El indicador es el Potencial de Calentamiento Global y se expresa en kg de CO<sub>2</sub> equivalente.

### Huella Hídrica<sup>16</sup>

La Huella Hídrica de un producto es el Volumen de agua dulce requerida para producirlo, teniendo en cuenta los volúmenes de agua consumida y contaminada en las diferentes etapas de la cadena de suministro.

---

<sup>10</sup> **Edward, Brian** – (2009) *Guía básica de la sostenibilidad – 2a Ed.* Gustavo Gili – Barcelona p. 115-116

<sup>11</sup> Construir una escuela, por ejemplo, supone el uso de recursos, ocupación del suelo, etc. pero también un impacto social positivo que valida los negativos.

<sup>12</sup> Para desarrollar este concepto, referir a **Canale, Guillermo** – (2013) – *Ciclo de Vida de Productos – Aportes para su uso en Diseño Industrial* – Edición del Autor – Buenos Aires.

<sup>13</sup> Para más información referir a [www.carbonfootprint.com](http://www.carbonfootprint.com), **ISO 14067** Huella de Carbono de los Productos – Partes I y II; **PAS 2050:11** *Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services* (es gratuita).

<sup>14</sup> Esto es, desde la cuna (obtención de las materias primas) hasta su fin de vida (descarte en un basural, por ejemplo).

<sup>15</sup> *Sorprendentemente, hoy en día hay por ahí mucha gente que cree que la Huella de Carbono es algo nuevo. Obviamente no están al tanto que es algo que ha estado allí por décadas, sólo que con otro nombre. Por ejemplo, es el resultado del Indicador de Potencial de Calentamiento Global (GWP) durante el Ciclo de Vida.*

*Sin embargo, la Huella de Carbono está de moda por estos días. Como con toda moda, no todo lo que brilla es oro - Finkbeiner M., 2009. Carbon footprinting - opportunities and threats. Int. J. Life Cycle Ass. 14:91-94*

<sup>16</sup> Para más información referir a [www.waterfootprint.org](http://www.waterfootprint.org), o bien en **Arjen Y. Hoekstra, Chapagain, Ashok K., Aldaya, Maite M. and Mekonnen, Mesfin M.** (2011) *The Water Footprint Assessment Manual - Setting the Global Standard* – Earthscan - London

## Puntaje ponderado (Ecoindicadores)<sup>17</sup>

El método busca poder comparar, dentro de cada categoría de impacto ambiental, diversos protagonistas, refiriéndolos a un “representante” del impacto<sup>18</sup>.

Los Eco-Indicadores normalizados son números que expresan la carga ambiental total de un producto o proceso. Con ellos cualquier diseñador o gerente de producto puede analizar las cargas ambientales de los productos y a continuación compararla con procesos / productos / materiales alternativos. Cuanto más alto el indicador, mayor es el impacto ambiental<sup>19</sup>.

## Huella Ecológica<sup>20</sup>

La huella ecológica mide la cantidad de tierra biológicamente productiva y de agua que son necesarias para sustentar las demandas de una población o de las actividades económicas y para absorber los desperdicios (biológicos, aquellos que se envían a los basurales, los tóxicos y los contaminantes).

Se mide en Hectáreas / por habitante (ha/hab.).

Simplifica cuestiones complejas y es bastante imprecisa en su ponderación.

## Análisis de Ciclo de Vida (ACV)<sup>21</sup>

El término **Análisis del Ciclo de Vida** (ACV<sup>22</sup>) de productos, es también conocido como **Evaluación del Ciclo de Vida** (ECV<sup>23</sup>) o más comúnmente en la bibliografía internacional como **Life Cycle Assessment** (LCA)<sup>24</sup>.

Cualquier producto, servicio o actividad tiene un impacto sobre el ambiente. La idea del ACV es inventariar y evaluar dichos impactos, lo cual da como resultado un informe utilizado para tomar decisiones o usado para comunicar información a consumidores, al Estado, a proveedores, etc.<sup>25</sup>. El resultado del estudio muestra cuáles etapas del ciclo de vida son las más impactantes y en qué consiste ese impacto.

---

<sup>17</sup> **Canale, Guillermo** – (2013) – *Ciclo de Vida de Productos – Aportes para su uso en Diseño Industrial* – Universidad Nacional de Lanús – Buenos Aires. P. 19

<sup>18</sup> Esto es la **caracterización**, etapa presente en varios de los métodos de evaluación

<sup>19</sup> Para más información referir a **Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment** – *Eco-indicator 99: A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment* – *Manual for designers* - Netherland – October 2000

<sup>20</sup> **Canale, Guillermo** – (2013) *Construcción Sustentable – Una Introducción* – Presentación para el Instituto de la Construcción en Seco (INCOSE)- Buenos Aires

<sup>21</sup> **Canale, Guillermo** – (2013) – *Ciclo de Vida de Productos...* p. 10

<sup>22</sup> El uso de siglas y acrónimos lleva, a veces, a confusiones y deben leerse en su contexto de enunciación. Para la mayoría de las personas no vinculadas al Diseño, ACV resulta ser la sigla que describe un Accidente Cerebro Vascular, conocido comúnmente como “*derrame cerebral*”.

<sup>23</sup> Algunos países latinoamericanos como Chile, por ejemplo, usan este término con preferencia.

<sup>24</sup> Hay incluso más nombres en uso para este método, asociados a su similitud con un Balance contable. Así, aparecen **Ecobilan** (Francia) y **Ökobilanz** (Alemania). El término en Inglés *Assessment* se traduce más ajustadamente como Evaluación (usado en Chile, por ejemplo), pero la práctica local ha decantado el término Análisis, en cambio.

<sup>25</sup> La generación o provisión de cualquier producto, servicio o actividad provoca un impacto sobre el ambiente. La idea del ACV es inventariar todas las entradas y salidas de los procesos, y evaluar los impactos ambientales asociados.

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV)<sup>26</sup> es una técnica para evaluar los aspectos y potenciales impactos ambientales asociados a un producto mediante:

- Compilación de un Inventario de las Entradas / Salidas relevantes de un sistema de producto
- Evaluación de los impactos potenciales asociados a esas Entradas y Salidas
- Interpretación de los resultados del Análisis de Inventario y de Impacto en relación con los objetivos del estudio

A menudo nos enfrentamos con la pregunta (propia o ajena): *¿Cuál material es el mejor?* Claramente es casi imposible establecer una clasificación universal que funcione como una guía sencilla. Aun cuando pongamos información concisa y pertinente en juego. Por caso, la madera de pino tiene un perfil mucho mejor que un compuesto de resinas con fibra de carbono. La Huella de Carbono, consumo de agua por kg de producto, uso de energía necesaria para producirlo son notablemente menores, y desde ya su costo es extraordinariamente más ventajoso. Pero ningún ingeniero aeronáutico pondría piezas de pino en la estructura de los alerones de un avión comercial en lugar del compuesto con fibra de carbono por eso. Simétricamente, considerar un compuesto resina – fibra de carbono en una cuna para bebés puede llegar a ser una mala decisión. Finalmente, deberíamos hablar de **uso sustentable** de materiales en lugar de **materiales sustentables**.

El contexto es, en los ejemplos anteriores, el que define en qué caso aplicar uno u otro material. El uso es lo que define la sustentabilidad.

Pasa lo mismo con las materias del Diseño: saber en qué medida afectan al ambiente puede orientarnos a usar con prudencia un material aun sabiendo que tiene algunos aspectos negativos. Sólo que comparativamente, las ventajas superen los inconvenientes.

Los criterios son, aquí<sup>27</sup>:

- Minimizar los impactos ambientales del producto a lo largo de todo su ciclo de vida.
- Cumplir restricciones legales o comerciales respecto del uso de ciertas sustancias / materiales<sup>28</sup>.
- Consideración de disponibilidad de suministro del material durante el tiempo que el producto esté en el mercado.
- Cumplir con los requisitos técnicos y funcionales y de desempeño estipulados (*Brief* o Especificación técnica inicial).
- Ajustarse a las restricciones de presupuesto económico definidas.

Está también bajo análisis y discusión cuáles son los grados de libertad que los Diseñadores tienen respecto a los materiales empleados en un producto dado. Hay por consiguiente una temprana creencia que las decisiones relativas a la especificación de materiales pueden tener una influencia considerable en el desempeño ambiental del producto que resulta del trabajo de los diseñadores. Aunque esto es en cierta medida verdad, el grado de flexibilidad en la selección de materiales

---

<sup>26</sup> IRAM ISO 14040:2008 *Gestión ambiental. Análisis de Ciclo de vida. Principios y marco de Referencia*

<sup>27</sup> Adaptado de O'Hare, Jamie – (2011) *ECO Design: How can software tool support engineers in meeting the sustainability challenge?*- Granta Design – Material Intelligence en [www.grantadesign.com](http://www.grantadesign.com) consultado 5/3/2014

<sup>28</sup> Listas de sustancias permitidas y prohibidas en la Industria Automotriz, Políticas de Compras verdes, Legislación Europea de Restricción de Sustancias Peligrosas (RoHS)

depende de la naturaleza de los productos diseñados y las industrias para la que se los diseña<sup>29</sup>.

Finalmente, la lentitud de los avances de las políticas estatales a nivel mundial en materia de cumplimiento de las expectativas de reducción de impactos ambientales, lejos de disminuir la importancia de estos estudios, la agiganta, habida cuenta de las decisiones estratégicas que están en juego.

### Una prevención<sup>30</sup>

Las propiedades *ingenieriles* de los materiales, sus atributos mecánicos, térmicos y eléctricos, están bien caracterizados. Se miden con equipamiento sofisticado de acuerdo con Normas internacionalmente aceptadas y se informan en Manuales y Bases de Datos ampliamente accesibles. No son *exactos*, pero su precisión, cuando interesa, se informa, a veces con cifras de tres o más decimales.

**Las propiedades ambientales de los materiales no son de ese tipo<sup>31</sup>.** No hay maquinaria sofisticada que permita medir los consumos energéticos implícitos o la huella de carbono. Normas Internacionales como la ISO 14040 describen procedimientos a menudo vagos y difíciles de aplicar. Las diferencias en las vías de proceso por la que se fabrican los materiales en diferentes puntos de manufactura, la dificultan en establecer los límites de sistemas y los problemas en estimar la energía, Dióxido de Carbono (anhídrido carbónico)<sup>32</sup> (CO<sub>2</sub>) y otros *eco-atributos*, todos ellos aportan a la imprecisión.

Sin embargo, lo ya avanzado en su conocimiento y en la medición de los impactos permite tomar decisiones de proyecto mucho mejor argumentadas y medidas, lo que hace presumir que se avanzará aún más en la precisión de los datos y en la facilidad para operar con ellos.

### Sobre la organización de la Información

Aunque se han incluido algunos datos básicos que se suelen enseñar en materias de Tecnología, la idea es brindar información sustentada sobre el material en particular, su origen (¿se consigue en el país, hay que importarlo?), su condición de Recurso Renovable o No Renovable, junto con datos asociados al Impacto ambiental resultante de su producción, el consumo de Energía, agua y otros insumos, si aplicaran. Esto es, una especie de “**Legajo verde**” para el material, al que se han agregado hasta donde fue posible, información específica “*desde este lugar del mundo*”.

La intención de algunas materialotecas internacionales es propiciar un muestrario sobre los distintos materiales, algunas con atención específica a lo ambiental, otras

---

<sup>29</sup> **Bahmra, Tracy and Lofthouse, Vicky** – (2007) – *Design for Sustainability: A Practical Approach (Design for Social Responsibility)* – Gower Publishing Ltd. – Hampshire – UK. Los diseñadores de dispositivos médicos o farmacéuticos, por ejemplo, a menudo están limitados a usar grados específicos de un cierto tipo de polímero a causa de requisitos regulatorios impuestos a la industria. De manera similar, diseñadores que se enfocan en rediseñar productos de línea para grandes fabricantes como Electrolux, se encuentran limitados respecto del tipo de materiales que pueden especificar. Por ejemplo, la política de Electrolux especifica que las cocinas deben hacerse en cierto tipo particular de acero.

<sup>30</sup> Adaptado de **Ashby, Michael F** – *Op Cit* – p. 266

<sup>31</sup> Negritas son mías - GC

<sup>32</sup> El Dióxido de Carbono – también llamado Dióxido de Carbono, CO<sub>2</sub>, es el más relevante de los gases conocidos como los Gases del Efecto Invernadero (GEI), responsables por el fenómeno conocido como Cambio Climático Global o también Calentamiento Global.

solamente se plantean ser repositorio de piezas / productos que sirvan de inspiración en el uso creativo del material en cuestión<sup>33</sup>.

En los últimos años hemos presenciado una suerte de explosión en cantidad y diversidad de materiales nuevos. Se habla de invención, programación o aún de *materiales diseñados* a la medida de un uso particular. Hay en este tropel una importante cantidad de materiales compuestos (*composites* en inglés) que combinan propiedades de dos o más materiales “puros” para dar lugar a otro que se beneficia con algunas propiedades de uno u otro<sup>34</sup>. El reconocimiento de la finitud de los recursos hidrocarburíferos y la inercia química de la mayoría de los polímeros (plásticos) que ha derivado en fuertes impactos en los residuos en basurales, ríos y océanos han impulsado la investigación y desarrollo de polímeros no basados en recursos fósiles y/o fácilmente degradables. Un conjunto muy interesante y en significativo crecimiento es el de los *biopolímeros*, sobre los que hay gran cantidad de referencias<sup>35</sup>.

Nuestro objetivo es brindar información que resuma cuestiones técnicas ambientales específicas sumando aspectos sociales como reciclabilidad o disponibilidad local de ciertos insumos.

La enormidad de materiales disponibles vuelve impensable la tarea de catalogarlos a todos. Se ha seleccionado un conjunto que procura cubrir los más usados en las especialidades de Diseño Industrial, privilegiando el contexto argentino. En Bibliografía específica se refiere a información de un espectro más amplio.

Los materiales tratados han sido agrupados en **Metales, Cerámicos-Vidrios técnicos, Materiales naturales y Plásticos**, como es clasificación usual en Ingeniería de Materiales.

Los temas desarrollados para cada uno de los materiales son:

1. Nombre(s) del material
2. Síntesis de perfil ambiental
3. Origen de Producción
4. Disponibilidad en la Naturaleza
5. Proceso de obtención
6. Usos industriales
7. Impacto ambiental estimado
8. Consumo energético / agua
9. Toxicidad a seres vivos
10. Reciclabilidad, Fin de Vida e Incompatibilidades
11. Datos adicionales sobre Impacto social o específicos
12. Propiedades
13. Comentarios / recomendaciones

---

<sup>33</sup> Pueden consultarse al respecto la norteamericana Material Connexion ([www.materialconnexion.com](http://www.materialconnexion.com)), la italiana MaTech ([www.matech.it](http://www.matech.it)), la israelí IMATTER ([www.israelidesign-imater.org.il](http://www.israelidesign-imater.org.il)) o la iniciativa francesa matériO ([www.materio.com](http://www.materio.com)) con ramificaciones en París, Bruselas, República Checa y Eslovaquia.

<sup>34</sup> Este recurso es antiquísimo, al punto que uno de los materiales compuestos es el adobe, especie de ladrillo fabricado con paja y barro. Otro muy popular es el hormigón armado. Lo novedoso actualmente no es que los materiales compuestos existan, sino la enorme variedad y el despliegue de propiedades obtenidas ex profeso.

<sup>35</sup> **Stevens, E.S.** – (2002) *Green Plastics. An Introduction to the New Science of Biodegradable Plastics*. Princeton.

**Walton, Alan and Blackwell, John** – (2012) *Biopolymers* – Academic Press – USA

**Byrom, Davis** – (1991) *Biomaterials: novel materials from biological sources* – MacMillan – NY

**Mohanty, Amar K.; Misra, Manjusri and Drzal, Lawrence T.** –(2005) –*Natural Fibers, Biopolymers and Biocomposites* – Taylor & Francis – Florida - USA



En general, existe mucha información de este tipo en otros países, la mayoría en inglés y otros idiomas, a menudo dispersa. También se encuentra disponible en paquetes de Software orientados a Arquitectura y Diseño, embebida en las Bases de Datos<sup>36</sup>.

Aunque esas fuentes se han consultado, nos pareció importante expresarlo a la manera de Fichas, para ayudar a su accesibilidad y comprensión, y no en su reemplazo, como introducción al uso de tales herramientas.

El contexto general de estos estudios sobre materiales es el Análisis de Ciclo de Vida (ACV)<sup>37</sup>. Muchas herramientas de Software para asistir en Análisis de Ciclo de Vida se apoyan en Bases de Datos relacionales del tipo de EcoInvent (Suiza - UE), Idemat 2001 (Holanda - UE), Franklin (EE.UU.). Pese a los esfuerzos normativos (ISO 14040 y 14044) no es sencillo establecer bases universales para uniformar los datos de impactos. Las bases de Datos, al ser muy extensas (cientos de miles de datos), recogen sólo las situaciones de impacto ambiental más habituales<sup>38</sup>. Resulta entonces que los datos a menudo están dados en el contexto del país en que se lo calculó. Así, por ejemplo, el dato de Impactos ambientales para 1 kg de Acero al Carbono a como figura en la Base IDEMAT, tiene embebido el impacto del transporte de insumos conforme la matriz holandesa de 1986: Carbón (65% Canadá, 23% de Australia, 12% de UE), Mineral de Hierro (37% Brasil, 21% Australia, 31% UE, 11% resto del mundo) y la Cal de Bélgica. Mientras que la energía necesaria para fundir Acero en un Horno eléctrico tipo es más o menos igual en cualquier lugar del mundo, otras cuestiones que involucran transporte (y sus emisiones) seguramente serán diferentes de un lugar a otro.

En particular, sobre los datos generales, hemos enmarcado nuestros criterios siguiendo los lineamientos adoptados por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). En asociación con la Universidad Tecnológica de Delft<sup>39</sup> - Holanda y la consultora Pré Consultants, especializada en cuestiones ambientales, se ha desarrollado un sistema simplificado de ponderación de Impacto ambiental de Productos y Procesos denominado **Eco It**<sup>40</sup>. En gran medida, hemos consultado este software para nuestros datos.

En un ámbito de esta índole, a veces el problema no es la falta de información, sino la sobreabundancia de ella. Hemos aplicado nuestro mejor criterio para acotar y

---

<sup>36</sup> Así, por ejemplo, AutoCAD ha decantado un acuerdo con Granta Design para incorporar como módulo embebido, la orientación de Ecoaudit de esa empresa británica.

<sup>37</sup> **Canale, Guillermo** - (2013) *Ciclo de Vida de Productos - Aportes para su uso en Diseño Industrial* - UNLa - Buenos Aires

<sup>38</sup> **Capuz Rizo, Salvador y Gómez Navarro, Tomás** - (2004) *Ecodiseño - Ingeniería del Ciclo de Vida para el desarrollo de productos sostenibles* Alfaomega Grupo Editor - Mexico -p.129

<sup>39</sup> La TÚ Delft ha desarrollado una base de datos muy completa llamada **IDEMAT** que ofrece datos para la selección de materiales y procesos en dos versiones: para estudiantes y para empresas. Ver en <http://www.idemat.nl/>. La Base de Datos es un producto del **Programa de Diseño para la Sustentabilidad** de la Facultad de Diseño, Ingeniería y Producción de la Universidad de Tecnología de Delft.

<sup>40</sup> Este software es una herramienta particularmente adecuada para diseño de productos de mediana complejidad y envases (*packaging*). Se basa en un desarrollo de indicadores por puntaje, adimensionales Eco Indicadores - 99. También ofrecen un producto más complejo, denominado **SimaPro**, basada en las bases de datos EcoInvent 3.0 y otras. Para más información, consultar en [www.pre.nl](http://www.pre.nl)

simplificar los hallazgos de nuestra búsqueda<sup>41</sup>. Sin embargo, estamos seguros que la retroalimentación constructiva de Profesionales del Diseño, Ingeniería, Arquitectura, Docentes y Alumnos ayudará a mejorar la aplicabilidad y los contenidos que aquí ponemos a su disposición.

Finalmente, cabe hacer una aclaración sobre los diversos estilos de escritura a lo largo del libro. En vez de propiciar una forzada normalización entre un capítulo y otro, hemos preferido respetar la visión individual de los autores y la modalidad personal de escritura. Creemos que esto favorece la multivisión, como una muestra más de la multiplicidad en los enfoques posibles.

**Ing. Guillermo Canale**  
**Lanús, Buenos Aires – Julio de 2014**

---

<sup>41</sup> La Unión Europea desarrolla 9 EcoIndicadores clave: Gases de Efecto Invernadero; Adelgazamiento de la Capa de Ozono; Acidificación (Lluvia ácida); Eutroficación; Metales Pesados; Carcinogenicidad; Smog Invernal; Smog estival y Pesticidas. Orientarse en un concepto unificador en esa dispersión no es sencillo y por eso recurrimos a los Indicadores globales de Impacto Ambiental del tipo de Eco Indicadores – 99.