

Diseñar materiales para la transición, valorizando residuos del sector manufacturas de madera

Javiera Brañes Alarcón^(*), Josefina Brañes Alarcón^(**)
y Jimena Alarcón Castro^(***)

Resumen: Las tendencias de reciclaje y reutilización asociadas al diseño de materiales sugieren un cambio de pensamiento en el campo de la ideación. Las proyecciones de datos sobre el tratamiento de residuos en Chile indican un incremento en su valorización de hasta un 30% entre 2018 y 2030. Específicamente, la diversa naturaleza, morfología variable, posibles transformaciones y combinaciones de los residuos derivados de los procesos productivos en el sector maderero en Chile, brindan potencial para integrar valor a su uso, posibilitando dinámicas más eficientes y sustentables. El artículo presenta resultados preliminares de un proyecto de investigación realizado por la Universidad del Bío-Bío con MASISA S.A. como caso de estudio, una de las industrias de fabricación de tableros de madera más importantes de Latinoamérica. El proyecto integra la participación de estudiantes de pregrado, que trabajan en el diseño experimental de materiales elaborados con residuos como el aserrín de *Pinus radiata* de los procesos de producción de tableros de madera. El objetivo de la investigación es diseñar una nueva arquitectura de materiales, proponiendo prototipos que agreguen valor a los residuos sólidos industriales del sector maderero chileno, prospectando alternativas para reemplazar materiales de alta demanda que incorporen materias primas contaminantes.

Palabras clave: diseño de materiales - industria - residuos - sostenibilidad

[Resúmenes en inglés y portugués en la página 153]

^(*) Ingeniera Civil Industrial, Universidad de Concepción, Chile. Project Manager en Agencia de Sostenibilidad Energética, Chile. Estudiante de Master en Engineering Management, Politecnico Di Milano, Italia. Colaboradora de investigación del Laboratorio de Investigación en Diseño, proyecto FONDECYT Regular N°1221361, Universidad del Bío-Bío, Chile.

^(**) Colaboradora de investigación del Laboratorio de Investigación en Diseño, área Ingeniería Comercial, proyecto FONDECYT Regular N°1221361, Universidad del Bío-Bío, Chile. Estudiante de último año de la carrera de Ingeniería Comercial, Universidad de Concepción, Chile y programa Erasmus Universidad de Sevilla, España, 2022.

(***) Diseñadora Industrial, Universidad de Valparaíso, Chile; Magíster en Construcción en Madera, UBio-Bío, Chile en colaboración con DesignInnovation, Italia. Doctora en Gestión del Diseño, Universidad Politécnica de Valencia, España. Académica del Departamento de Arte y Tecnologías del Diseño y Directora Laboratorio de Investigación en Diseño, UBio-Bío, Chile. Vicepresidenta Red Iberoamericana de Investigación en Diseño, España.

Introducción

Las tendencias de reciclaje y reutilización asociadas al diseño de materiales sugieren un cambio de pensamiento en el campo de la ideación. Las proyecciones de datos sobre el tratamiento de residuos en Chile indican un incremento en su valorización de hasta un 30% entre 2018 y 2030. La diversa naturaleza, morfología variable, posibles transformaciones y combinaciones de los residuos derivados de los procesos productivos en el sector maderero, brindan potencial para integrar valor a su uso, posibilitando dinámicas más sustentables. En la última década, se ha observado un aumento en el número de proyectos en los que participan los diseñadores de productos para el desarrollo colaborativo de nuevos materiales. Resulta muy interesantes para los investigadores integrar a los diseñadores en la definición de las propiedades de los materiales, en la etapa de diseño estratégico y diseño conceptual (Sanjuán, 2011; Bergström, 2010). La contribución de los diseñadores puede estar en el ámbito de las prestaciones de los nuevos materiales, así como en la definición de las consideraciones del mercado y el consumidor (Ashby, 2016). Los actuales enfoques referidos a diseño de nuevos materiales, están relacionados con la existencia de una mayor conciencia mundial sobre la dependencia energética y las consecuencias desfavorables a la economía y estilo de vida (Alarcón et al., 2017; Alarcón et al., 2015; Happaerts, 2014; Barati et al., 2019). El panorama del diseño se amplía con el enfoque de materiales activos, vivos y adaptativos, los que, de origen biológico, químico o algorítmico, constituyen una forma diferente de comprensión y uso de los materiales en diseño. Los materiales activos son capaces de reaccionar a estímulos externos; los vivos, pueden tener comportamientos autónomos, transformarse, crecer; y, los adaptativos, poseen capacidades para reinterpretar, reinventar y reutilizar recursos, definiendo una nueva condición de la materia. Proponen una relación con el conocimiento experiencial en que diseño e ingeniería se compatibilizan, permitiendo un marco referencial para la concepción de una nueva generación de materiales (Riikka&Mikkonen, 2017; Höök et al., 2011). Diseñar experiencias materiales significativas requiere de competencias ligadas a los tres componentes experienciales básicos: estética, significados y emociones (Parisi et al., 2018; Nathan et al., 2012). Resulta indispensable comprender los posibles efectos de aspectos del diseño, tales como forma, proceso, acabado; características del usuario, como, por ejemplo, género, cultura, edad; y, contexto de uso de la experiencia de materiales resultante (Chen&Kikuchi, 2001). El diseño, debe dedicar tiempo a abordar diferentes aspectos de los materiales, generando

una comprensión experiencial, fomentando una nueva generación de materiales y formas de pensar relativas a su naturaleza y concepción (Thackara, 2013). Las tendencias de reciclado y reutilización asociadas al desarrollo de materiales, dan cuenta de un cambio de pensamiento cada vez más generalizado. La sustentabilidad, el uso eficiente de los recursos y de residuos integrados al diseño de materiales, constituyen un motor importante para la investigación aplicada en este ámbito (Alarcón et al., 2020; López, et al., 2014; Beylerian&Quinn, 2008). Generar ventajas competitivas impulsadas por acciones que reinterpreten y revaloricen los residuos aprovechables, es una tarea urgente a favor de la cadena de valor productiva y del medioambiente. Es necesario satisfacer estándares de sostenibilidad, debido al aumento de normativas ambientales y la conciencia de los consumidores (Blanpain et al., 2016; Yoon, 2020). El desarrollo de la industria manufacturera de materiales, tiene amplia incidencia en el progreso de diversos sectores de la producción, impactando en los niveles de sofisticación de entornos construidos y componentes del mundo artificial (Briede& Alarcón, 2012).

Tradicionalmente, el diseño de nuevos productos suele ser enseñado determinando las consideraciones materiales al final del proceso de diseño y los diseñadores actúan como receptores pasivos de materiales existentes en el mercado. En los últimos años este enfoque ha estado cambiando y el diseño de materiales se ha integrado como un aspecto relevante del proceso de diseño de un producto y de la enseñanza de metodologías de diseño implementada en diversas escuelas (Arróyave, 2019).

En este contexto, el presente proyecto pretende desarrollar un trabajo interdisciplinar de diseño e ingeniería, que permita proyectar nuevos materiales con enfoque sustentable con residuos sólidos de la industria de manufacturas de tableros de maderera. La investigación y el desarrollo en entornos interdisciplinarios han aumentado notablemente en importancia en los últimos años, ya que permite el encuentro de diferentes formas de pensamiento, enfoques metodológicos y lenguajes científicos con sus propias definiciones de términos técnicos. El impacto potencial de la investigación en el campo de la educación de estudiantes universitarios es amplio, ya que proporciona un enfoque sostenible en la toma de decisiones sobre los materiales que componen equipamientos y espacios habitacionales. La experiencia brinda la oportunidad de repensar la estrategia de optimización y eficiencia de los formatos comerciales de alta demanda en Chile.

Metodología

La metodología utilizada en el proyecto contempla las siguientes etapas: 1. Determinación de acciones, herramientas y resultados para identificar tipos de residuos y sus compatibilidades técnicas para el diseño de una nueva arquitectura de materiales. Caracterización técnica y perceptual de los residuos; 2. Definición de desafíos a partir del estudio de fortalezas y debilidades de materiales de alta demanda en el mercado que incorporan materias primas contaminantes en Chile. Mediante la revisión de bases de datos nacionales que aportan en la búsqueda de empresas manufactureras, con enfoque en la gestión y produc-

ción de residuos sólidos industriales aprovechables. Complementado con un análisis de fortalezas y debilidades de los materiales seleccionados, relacionando atributos técnicos, emocionales y aplicativos. 3. Desarrollar prototipos de los nuevos materiales. Mediante el diseño y posterior elaboración de prototipos de Baja Fidelidad (Low-Fidelity o low-fi) y sus respectivas fichas técnicas, para la experimentación de principios biomiméticos para el diseño de una nueva arquitectura de materiales activos, vivos y adaptativos, que entreguen valor a residuos sólidos industriales del sector manufacturas de madera de Chile. 4. Validación emocional y experiencia del usuario para determinar aspectos de la calidad percibida del material. Se realizarán pruebas táctiles y visuales para que los participantes respondan encuestas auto-aplicadas, basadas en métodos de la ingeniería *Kanseiy* atributos asociados a la experiencia positiva de los usuarios. Se consideró una muestra no probabilística intencionada seleccionando a expertos de Chile, que estuvieran cursando pregrado y posgrado con enfoque en diseño de materiales sustentables. Este perfil de entrevistado se consideró adecuado para la investigación de carácter exploratorio. Participaron 28 mujeres y 14 varones con promedio de edad de 25 años. Este método de selección permitió procurar apreciaciones con una perspectiva técnica-emocional. Los datos se cuantificaron haciendo uso de Microsoft Excel. Consideró frecuencias de respuestas, proporcionando resultados útiles para organizar valores en orden jerárquico y realizar conclusiones en relación con las emociones seleccionadas.

Resultados

Resultados de prototipo de nuevo material

Resultados de las pruebas técnicas de los residuos.

A las muestras de Polvo de aserrín, ceniza, escoria y melamina (Tabla 1), se le realizó análisis por fluorescencia de rayos X (FRX) y Fluorescencia de rayos X. Los análisis por FRX, se realizaron utilizando un equipo Rigaku ZSX Primus II (WDS), operado con radiación de Rh (sin estandarización). Los resultados están expresados como porcentaje de óxidos normalizados. Estos datos técnicos permitirán definir compatibilidades entre los residuos. Los estudios perceptuales referidos a los residuos se realizaron mediante una encuesta autoaplicada. Se diseñó un cuestionario de levantamiento de información que consideró tres apartados. 1 Datos demográficos del encuestado; 2. Percepción y valoración de materiales en distintas aplicaciones; 3. Calidad percibida de la materia presentada basado en estudio Kanseiempleando diferencial semántico.

Residuos Industriales Sólidos (RIS)			
			
Polvo de aserrín (Residuo 1)	Escoria (Residuo 2)	Melamina (Residuo 3)	Ceniza (Residuo 4)

Tabla 1. RIS. Fuente: Archivo proyecto.

Resultados validación emocional

Una síntesis de resultados porcentuales para los dos residuos con mayor aceptación, relativos a una priorización de emociones identificadas como más relevantes en el ámbito aplicativo de materiales sustentables. Los resultados muestran que el aspecto “Atractivo” evidencia la mayor puntuación con un 89% (residuo 1) y 83% (residuo 2). Seguido del aspecto “Placentero”, observando una notoria diferencia de aceptación entre los residuos, obteniendo un 83% en el caso del residuo 1, y un 57% en el caso del polvo de aserrín. Similar al aspecto “Confiable”, la escoria un mayor porcentaje de aceptación en comparación con el residuo 2, siendo 70%, contra 59%. Los siguientes dos aspectos, “Confortable” y “Valioso” obtuvieron menor puntuación en ambos residuos. El residuo 1 fue considerado “Confortable” por el 67%, mientras que el residuo 2, tan solo un 61%. Finalmente, el aspecto “Valioso” evaluado con menor aceptación evidencio con tan solo un 62% en el caso del residuo 1, y un 63% en el caso del residuo 2.

Aspecto	Residuo 1: Escoria(%)	Residuo 2: Pólvo de aserrín(%)
Atractivo	89	83
Confortable	67	61
Confiable	70	59
Placentero	83	57
Valorable	62	63

Tabla 2. Porcentaje de aceptación por criterio considerando las valoraciones según residuo

Adicionalmente, las valoraciones fueron referidas a aspectos estéticos, asociativos, instrumentalidad y emociones, identificados en el marco de la experiencia del usuario. La Tabla 3 describe las definiciones y ejemplos de los atributos. Estos atributos fueron adaptados y enfocados en el ámbito de los materiales. La encuesta auto-aplicada contiene tablas con Diferencial Semántico con conceptos antagónicos lineales que los entrevistados deben seleccionar acorde a la escala Likert sobre parámetros sugeridos emocionales y sobre los atributos de experiencia de usuario. El tratamiento de datos se realiza con IBM SPSS® software, mediante procedimientos estadísticos de análisis descriptivos, valoración global, frecuencias y determinación del orden de importancia y perfiles semánticos.

Atributos	Definición	Cita de ejemplo
Estética	La experiencia se trata de las cualidades materiales percibidas de un producto, incluyendo sentidos visual, auditivo, táctil, olfativo y gustativo.	“Me encanta mi computador HP por la forma y textura de la pluma estilográfica.”
Instrumentalidad	La experiencia se trata de cuán útil y eficiente es un producto para lograr metas orientadas a la tarea. La instrumentalidad está estrechamente asociada con la usabilidad, comodidad, funcionalidad y practicidad.	“Mi cafetera Nestlé me gusta, porque es fácil preparar café y usabilidad simple.”
Asociación	La experiencia se atribuye a algo (o alguien) que se representa por el producto. Un producto juega un papel mediador que estimula la interpretación, recuperación de la memoria y asociación (por ejemplo, un sentido de logro retratado por un trofeo).	“Aprecio esta camisa que recibí de mi hija, porque representa su amor por mí”.

Tabla 3. La definición y cita de ejemplo de tres atributos UserExperience (UX).Fuente: Yoon, JungKyoon, Chajoong Kim, and JungKyoon Yoon. “Positive user experience over product usage life cycle and the influence of demographic factors.” (2020).

Acorde a las valoraciones perceptuales expresadas respecto de los RIS y las conclusiones extraídas de los ensayos de laboratorio, se realizaron diversas mezclas para buscar compatibilidades de manera experiencial (Fig. 2 y 3). Estas muestran deben ser sometidas a estudios de tiempo, que implica observar su comportamiento a temperatura ambiente y, posteriormente, a estudios físico mecánicos en el laboratorio.



Fig. 2. Proceso de elaboración de muestras de mezclas de componentes con RIS de MASISA y otros compuestos.

Conclusiones

El artículo presenta aspectos preliminares de un proyecto de investigación que se está por la Universidad del Bío-Bío con MASISA S.A. como caso de estudio. Como resultado al actual estado de avance, se tiene la caracterización técnica y de calidad percibida de los residuos identificados, mediante un levantamiento de información sobre quince empresas del sector manufacturas de madera de Chile. Los resultados de los nuevos procesos de aprendizaje que vinculan la universidad y la empresa consisten en la ideación de prototipos de materiales que integren los residuos sólidos industriales como parte de su composición. Un proceso experimental que permite repensar la forma en que elegimos los materiales que construyen la cultura material. Esta nueva generación de materiales ofrece soluciones al problema del tratamiento de residuos e integra los conocimientos actuales en la formación de los profesionales. El impacto potencial de la investigación es amplio, ya que proporciona un enfoque sostenible en la toma de decisiones sobre los materiales que componen equipamientos y espacios habitacionales.

Agradecimientos

A la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID), proyecto FONDECYT Regular código 1221361, 2022-25. A las memoristas Camila Jara y Florencia Alarcón, al profesor Gino Ormeño.

Referencias

- Alarcón, J., Parra, X., & Droguett, C. (2017). Tableros en base a residuos de cebada de la industria agroalimentaria y adhesivos naturales: experiencia de una calidad percibida. *Interciencia*, 42(6), 364-369.
- Alarcón, J., Briede, J., Di Bartolo, C., & Droguett, C. (2015). Valorización de cuero de vacuno residual de manufactura de calzado, como estrategia sustentable para elaboración de tableros De Pinus radiata en Bío-Bío, Chile. *Interciencia*, 40(2), 138-144.
- Alarcón, J., Rognoli, V., & Llorens, A. (2020). Diseñar para un escenario social incierto. el valor del enfoque materiales do-it-yourself y economía circular. *Interciencia*, 45(6), 279-285.
- Arróyave, R., & McDowell, D. L. (2019). Systems approaches to materials design: past, present, and future. *Annual Review of Materials Research*, 49, 103-126.
- Ashby, M. F. (2016). Chapter 1—Background: Materials, Energy and Sustainability. *Materials and Sustainable Development*; Ashby, MF, Ed.; Butterworth-Heinemann: Boston, MA, USA, 1-25.
- Barati, B., Karana, E., & Hekkert, P. (2019). Prototyping materials experience: Towards a shared understanding of underdeveloped smart material composites. *International Journal of Design*, 13(2), 21-38.
- Bergström, Jenny, et al. "Becoming materials: material forms and forms of practice." *Digital Creativity* 21.3 (2010): 155-172.
- Beylerian, G. M., Dent, A., & Quinn, B. (2008). Ultramateriales: formas en que la innovación en los materiales cambia el mundo. Blume.
- Blanpain, B., Meskers, C. E., Olivetti, E., Apelian, D., Howarter, J., Kvithyld, A., & Spangenberg, J. S. (2016). *REWAS 2016: Towards materials resource sustainability*. John Wiley & Sons.
- Briede, J., & Alarcón C, J. (2012). Sustainable strategies applied to regional context: design of wooden and unconventional raw materials boards for decorative finishing. *Interciencia*, 37(12), 927-933.
- Chen, B. C., Silva, E. C., & Kikuchi, N. (2001). Advances in computational design and optimization with application to MEMS. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 52(1-2), 23-62.
- García, J. E., & Galán, T. R. (1998). La medida de las actitudes usando las técnicas de Likert y de diferencial semántico. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 16(3), 477-484.
- Happaerts, S. (2014). *International Discourses and Practices of Sustainable Materials Management*, Policy Research Centre for Sustainable Materials Management, Report number: n° 5, Leuven. 12-13 pp.
- Höök, K., Isbister, K., Westerman, S., Gardner, P., Sutherland, E., Vasalou, A., & Laaksoaho, J. (2011). Evaluation of affective interactive applications. *Emotion-Oriented Systems: The Humaine Handbook*, 687-703.
- Karana, E., Nimkulrat, N., Giaccardi, E., Niedderer, K., & Fan, J. N. (2019). Alive. Active. Adaptive: Experiential knowledge and emerging materials. *International Journal of Design*, 13(2), 1-5.

- López, Y. M., González, M. G., & Rodríguez, E. M. (2014). Impacto ambiental de residuos industriales de aserrín y plástico. Usos para la industria de tablero en Cuba. *Avances*, 16(2), 91-99.
- Nathan, A., Ahnood, A., Cole, M. T., Lee, S., Suzuki, Y., Hiralal, P. & Milne, W. I. (2012). Flexible electronics: the next ubiquitous platform. *Proceedings of the IEEE*, 100(Special Centennial Issue), 1486-1517.
- Parisi, S., Rognoli, V., Spallazzo, D., & Petrelli, D. (2018). ICS Materials. Towards a re-Interpretation of material qualities through interactive, connected, and smart materials. In *Proceedings of DRS 2018-Design as a catalyst for change* (Vol. 1, pp. 1747-1761). The Design Research Society.
- Riikka, T., & Mikkonen, J. (2017). Signals as Material: From Knitting Sensors to Sensory Knits. In *Alive. Active. Adaptive: International Conference on Experiential Knowledge and Emerging Materials, EKSIG 2017* (pp. 338-358). TU Delft Open.
- Sanjuán, B. A. C. (2011). La gestión del Diseño según la Guía metodológica PREDICA. I+ Diseño: revista internacional de investigación, innovación y desarrollo endiseño, 5(5), 119-126.
- Thackara, J. (2013). Diseñando para un mundo complejo: acciones para lograr la sustentabilidad.
- Vergara, M., & Mondragón Donés, S. (2008). Ingeniería Kansei. Una potente metodología aplicada al diseño emocional.
- Yoon, J., Kim, C., & Yoon, J. (2020). Positive user experience over product usage life cycle and the influence of demographic factors.

Abstract: Recycling and reuse trends associated with material design suggest a change in thinking in the field of ideation. Data projections on waste treatment in Chile indicate an increase in its recovery of up to 30% between 2018 and 2030. Specifically, the diverse nature, variable morphology, possible transformations and combinations of waste derived from production processes in the timber sector in Chile, offer potential to integrate value to its use, enabling more efficient and sustainable dynamics. The article presents preliminary results of a research project carried out by the Universidad delBío-Bío with MASISA S.A. As a case study, one of the most important wood panel manufacturing industries in Latin America. The project integrates the participation of undergraduate students, who work on the experimental design of materials made with residues such as *Pinusradiata* sawdust from the production processes of wood boards. The objective of the research is to design a new materials architecture, proposing prototypes that add value to industrial solid waste from the Chilean timber sector, prospecting for alternatives to replace high-demand materials that incorporate polluting raw materials.

Keywords: material design - industry - waste - sustainability

Resumo: As tendências de reciclagem e reutilização associadas ao design de materiais sugerem uma mudança de pensamento no campo da ideação. As projeções de dados sobre tratamento de resíduos no Chile indicam um aumento em sua recuperação de até 30% entre 2018 e 2030. Especificamente, a natureza diversa, morfologia variável, possíveis transformações e combinações de resíduos derivados de processos produtivos no setor madeireiro no Chile, oferecem potencial para agregar valor ao seu uso, possibilitando dinâmicas mais eficientes e sustentáveis. O artigo apresenta os resultados preliminares de um projeto de pesquisa realizado pela Universidad del Bío-Bío com a MASISA S.A. Como estudo de caso, uma das mais importantes indústrias de fabricação de painéis de madeira da América Latina. O projeto conta com a participação de alunos de graduação, que trabalham no desenho experimental de materiais feitos com resíduos como a serragem de *Pinus radiata* dos processos de produção de tábuas de madeira. O objetivo da pesquisa é projetar uma nova arquitetura de materiais, propondo protótipos que agreguem valor aos resíduos sólidos industriais do setor madeireiro chileno, prospectando alternativas para substituir materiais de alta demanda que incorporam matérias-primas poluentes.

Palavras-chave: design de materiais - indústria - resíduos - sustentabilidade.

[Las traducciones de los abstracts fueron supervisadas por su autor]
