

Fecha de recepción: febrero 2023
Fecha de aprobación: marzo 2023
Fecha publicación: abril 2023


El uso de herramientas de fabricación digital para la innovación social y ambiental en tiempos de crisis postpandemia

Luiz Valdo Alves Maciel Filho⁽¹⁾, Antonio Henrique Silva Nogueira⁽²⁾,
Amilton José Vieira de Arruda⁽³⁾ y Thamyres Oliveira Clementino⁽⁴⁾


Resumen: Este artículo propone reflexionar sobre cómo el diseño como ciencia social aplicada y actividad creativa puede potenciar su potencial social cuando es capaz de utilizar herramientas de fabricación digital y aplicar conceptos de industria 4.0 en su forma de actuar, principalmente en lo que se refiere a la descentralización de la producción. Para esta reflexión se discutirán conceptos de diseño social y sus lineamientos, en un contexto postpandemia que aún impone las marcas de su paso en la sociedad, especialmente en las poblaciones más vulnerables. Para esta reflexión sobre el futuro, se analizarán tres casos que tienen características de fabricación digital, innovación social y sostenibilidad que muchas veces son capaces de llegar al triple resultado final, siendo así un proyecto verdaderamente sostenible.


Palabras clave: Fabricación Digital - Innovación Social - Bionspiración - Cultura Maker

[Resúmenes en inglés y en portugués en las páginas 199-200]

⁽¹⁾ **Luiz Valdo Alves Maciel Filho** es Licenciado y está cursando una Maestría en Diseño en la Universidad Federal de Pernambuco (UFPE), investigando la sustentabilidad en proyectos de diseño y últimamente ha centrado sus estudios en la *Cultura Maker*, el DIY y el papel del Diseño como herramienta para el desarrollo social y rentable para la fabricación personal asistida con impresión 3D y métodos de fabricación digital.  ORCID ID 0000-0002-8026-4983. luiz.valdo@live.com

⁽²⁾ **Antonio Henrique Silva Nogueira**, Graduado (2010), Maestro (2014) y Doctorando en Diseño en la Universidad Federal de Pernambuco-UFPE. Actualmente es Investigador del Laboratorio de Biodiseño de la UFPE donde desarrolla su tesis doctoral con enfoque en metadiseño, analogía de métodos, biomimesis, estética ambiental y diseño paramétrico. Tiene experiencia como Docente de educación superior, habiendo ya enseñado en el curso de graduación en Artes Visuales con Énfasis en Digital en la UFRPE, como Tutor Virtual (2013) y Profesor Ejecutor (2015); y en el posgrado de la misma institución como Profesor Titular (2018) de la Especialización en Arte y Tecnología. Tiene experiencia en el área de Diseño Social actuando como profesor instructor. arttoninogueira@gmail.com.

⁽³⁾ **Amilton José Vieira de Arruda**, Licenciado en Diseño Industrial por UFPE (1982), Master en Diseño y Biónica por IED de Milán (1992), Doctorado en *Ricerca in Disegno Industriale* PhD por Universidad Politécnica de Milán (2002). Postdoctorado en Diseño y Biónica por IADE Universidad Europea UNIDCOM Lisboa (2018/2019), y postdoctorado en Biónica en Universidad Luigi Vanvitelli Nápoles-IT (2021/2022). Desde 1985 Profesor del Curso de Diseño de UFPE. Actualmente es Profesor asociado IV. Coordina el Grupo de Investigación en Biodiseño y Artefactos Industriales de UFPE. Organizador junto a Edgard Blucher de la serie [DesignCONTEXTO] ensayos de diseño, cultura y tecnología de los siguientes libros: (2017) *Diseño y Complejidad*; (2017) *Diseño e Innovación Social*; (2018) *Diseño, Artefactos y Sistemas Sostenibles*; (2022) *Narrativas y Lenguajes en el proceso creativo en Modelado y Prototipado*. Siempre con Edgar Blucher organiza la serie [designNATUREZA] ensayos sobre diseño, biónica y biomimética con el siguiente libro: (2018) *Métodos y Procesos en Biónica y Biomimética: la revolución tecnológica por naturaleza*. Con la editorial Insign (2019) lanzó *Temas en Diseño: Biomimética, Sostenibilidad y Nuevos Materiales*; y recientemente con Blucher (2020) el libro: *Diseño y Biónica*. Carmelo Di Bartolo y *Centro Ricerche IED: esperienze memorabili da 30 protagonisti*.  ORCID ID 0000-0003-4551-4497. amilton.arruda@ufpe.br; arruda.amilton@gmail.com.

⁽⁴⁾ **Thamyres Oliveira Clementino** es Diseñadora, Doctora en Diseño por la Universidad Federal de Pernambuco (UFPE), cuenta con una Maestría en Diseño por la Universidad Federal de Campina Grande (UFCG). Impartió las disciplinas de Diseño II y Materiales y Procesos de Fabricación I y II en la carrera de Diseño de la Universidad Federal de Campina Grande (UFCG) y de Diseño Web en el Centro de Ciencia y Tecnología (CTCC). Se desempeña como Investigadora con interés en las áreas de Planificación y contextualización de artefactos.  ORCID ID 0000-0003-1323-2831. thamyres.oliveira.clementino@gmail.com

Introducción

La Fabricación Aditiva (FA) había reservado durante algún tiempo un lugar destacado en el entorno productivo, como una herramienta de alta tecnología para hacer maquetas y prototipos. Hoy en día, esta tecnología ha ampliado mucho su rendimiento y ya se considera un medio de producción final de artefactos (Kellens *et al.*, 2017). Esta tecnología ha actuado cada vez más como complemento de otros métodos de fabricación digital, como el corte por láser y las máquinas CNC, actuando también en conjunto con los métodos de fabricación tradicionales ligados a la metalurgia y la carpintería (Ford & Despeisse, 2016), dotándolos muchas veces de un aspecto más tecnológico y actual. Es posible encontrar máquinas portátiles dentro de los hogares para atender las necesidades productivas de aficionados, curiosos y entusiastas, actividades que se han apropiado cada vez más de tec-

nologías emergentes vinculadas a la robótica y la programación, caracterizándolas como parte de la *Cultura Maker*.

Esta posición de las tecnologías de fabricación digital tuvo sus pilares en la sociedad durante el advenimiento de la pandemia de Covid19, especialmente en los países en desarrollo, donde las impresoras tridimensionales trabajaron juntas en todo el mundo de manera colaborativa (Santos, A. *et al.*, 2020). El objetivo común de ayudar a la humanidad a producir EPP en masa permitió el trabajo colaborativo a escala global y demostró que sí es posible unirse sin importar las diferencias de raza, credo e ideología para resolver problemas reales, en este caso, de brindar condiciones de trabajo a quienes necesitaban mantener en funcionamiento sus servicios esenciales y no podían aislarse.

A pesar de las dificultades, la pandemia iniciada en la segunda mitad de 2019 aceleró los procesos de colaboración, desarrollo y descentralización de la economía creativa y colaborativa que caminaba lentamente en los países en vías de desarrollo, mostrando la posibilidad de iteración entre empresas, públicas y privadas. Fue posible seguir en tiempo real el movimiento de la humanidad para desviar el foco del dinero y el capitalismo por un breve momento, y pasar a la supervivencia de la humanidad y los problemas reales del planeta y la sociedad.

Aunque fuera por poco tiempo, algo se sucedió en las personas, y se cambiaron los hábitos. Se aceleró la descentralización de la producción y se discutieron y desarrollaron más los conceptos de economía creativa y colaborativa. La fabricación digital, y la industria 4.0, se presentó en la “periferia”, y lo que antes era tema de académicos y responsables del sector industrial en países emergentes, se ha vuelto recurrentemente discutido por la gente común que intenta reestablecerse y lograr fuentes de ingresos en el actual escenario de crisis postpandemia. Una situación que se ha visto agravada por la crisis geopolítica, provocada por la guerra entre Rusia y Ucrania.

Contexto pandémico

Las consecuencias de la pandemia de Covid19 produjeron no solo daños humanitarios de “carácter biomédico y epidemiológico a escala global” (Fiocruz, 2021) afectando la salud y provocando la muerte prematura de millones de personas en todo el mundo. De igual manera que trajo repercusiones e impactos negativos en los ámbitos social, económico, político, histórico y cultural, sin precedentes en la historia reciente de las pandemias.

La estimación de infectados y muertos compite directamente con el impacto en los sistemas de salud, con la exposición de poblaciones y colectivos vulnerables, el apoyo económico del sistema financiero y de la población, la salud mental de las personas en tiempos de confinamiento y el miedo al riesgo de enfermedad y muerte acceso a bienes esenciales como alimentos, medicamentos, transporte, entre otros (Fiocruz, 2021).

En Brasil, todo este escenario de incertidumbre, encierro y miedo ha afectado considerablemente la salud mental y los ingresos de una parte importante de la población, especialmente entre los grupos más vulnerables, siendo los más afectados los habitantes de favelas, mujeres, negros e indígenas (Fiocruz, 2021). La crisis humanitaria derivada de los agravamientos provocados por la pandemia tuvo su momento más difícil en los meses de confinamiento de 2020 y 2021, sin embargo, aún hoy, en la postpandemia, se puede percibir el daño en la sociedad.

De acuerdo con un artículo publicado en el sitio web de la revista Galileo por Marília Marasciulo (2021), las actividades informales, como limpieza doméstica, servicios de belleza y venta ambulante, realizadas principalmente por mujeres, fueron las actividades más impactadas por la pandemia, principalmente debido a su interrupción abrupta. Además, las tasas de desempleo, la sobrecarga de trabajo doméstico con hijos sin ir a la escuela y el riesgo de sufrir violencia doméstica también aumentaron significativamente, lo que desfavoreció aún más a las mujeres en este contexto.

Estos factores se reflejaron directamente en la salud mental de la población, la Universidad de São Paulo señaló que las mujeres respondieron el 40,5% por síntomas de depresión, el 34,9% por las manifestaciones de ansiedad y el 37,3% por los signos de estrés, datos identificados entre mayo y junio de 2020 (Jornal da USP, 2021), además del aumento considerable en el consumo de alcohol y otras drogas.

Ante el contexto actual de recuperación económica postpandemia, para combatir al desempleo y los daños sociales provocados por la crisis humanitaria generada por el Covid19, es necesaria una movilización generalizada que involucre a las autoridades y a la sociedad civil, con el fin de impulsar acciones para mitigar estas pérdidas. En este sentido, el diseño, como ciencia social aplicada y actividad creativa y rentable, puede sugerir soluciones a este problema.

Diseño Social

A principios de los 70, Víctor Papanek expresó advertencias, a menudo controvertidas, sobre el papel del Diseño y la sostenibilidad. Sus recomendaciones en el libro *Diseño para el Mundo*, expresaban el mensaje de que la responsabilidad del diseñador no era para el mercado, sino para los individuos y la comunidad (Pazmino, 2007). Papanek también fomentó el trabajo de diseñadores en países subdesarrollados, siendo Gui Bonsiepe uno de estos diseñadores que contribuyó al proceso de industrialización de algunos países periféricos. Algunas de estas naciones ubicadas en América del Sur, con especial énfasis en Brasil a principios de la década de 1980, se creó el Laboratorio Brasileño de Diseño Industrial–LBDI, además de desarrollar cursos en prácticas de diseño que hicieron que los diseñadores se preocuparan por las comunidades y su entorno (Leão, 2020).

Pazmino (2007) organiza cuáles son los factores del Diseño Social que se deben tener en cuenta al momento del proyecto, y la diferencia entre Diseño Formal y Diseño Social como podemos ver a continuación en la *Tabla 1*.

Con esta información en mente, es posible plantear la hipótesis de que la fabricación digital junto con la descentralización de procesos, consumidores y productores pueden brindar a las comunidades globales la oportunidad de acelerar las pautas para lograr los objetivos del diseño social. También sería capaz de eliminar algunas de las propiedades comerciales y, a veces, las debilidades que caracterizan al Diseño Social. Como ejemplo de debilidades podemos hablar de la pequeña escala de producción, y también la limitación a un mercado local, otra limitación es la característica de utilizar solo tecnología adecuada y no tecnología avanzada. Todos estos factores que forman parte del grupo de identificadores del Diseño Social son en realidad problemas a sortear, el diseñador social no los utiliza por falta de oportunidades, limitaciones presupuestarias, negligencia social y gubernamental, entre otros factores que se pueden presentar en el momento de la proyección la fabricación digital y la descentralización, una característica clave de la industria 4.0, pueden sortear estos problemas y hacer que el producto de diseño social sea igualmente competitivo con el producto de diseño formal (Ver *Tabla 2*).

DISEÑO SOCIAL	DISEÑO FORMAL
Producción a pequeña escala	Gran escala de producción
Mercado local	mercado local y mundial
tecnología adecuada	Alta tecnología
Dirigido a poblaciones de bajos ingresos, excluidos, adultos mayores y discapacitados	orientado al mercado
Maximiza la función práctica	Maximiza la función simbólica
Bajo costo	medio y alto costo
Inclusión social	Satisfacer necesidades emocionales.

Tabla 1. Diferencia entre Diseño Social y Diseño Formal (Fuente: adaptado de Pazmino, 2007).

A partir de la información obtenida, Pazmino establece algunos lineamientos para que, al ser atendidos, brinden a sus clientes beneficios sociales y económicos duraderos y justos.

LISTA DE DIRECTRICES DEL DISEÑO SOCIAL	
1	Uso de materiales simples;
2	Uso de materiales de calidad compatibles con las necesidades del producto;
3	Uso de materiales de fácil obtención y bajo costo;
4	Uso de materiales nativos;
5	Uso de materiales adecuados para los productos de los procesos de fabricación disponibles;
6	Utilización de mano de obra capaz de absorber conocimientos;
7	Uso de procesos de fabricación disponibles y tecnología dominada localmente;
8	Adecuación del producto al contexto sociocultural;
9	autoestima proporcional del grupo social;
10	Conocer las características biomecánicas del grupo;
11	Valorar los aspectos sociales, culturales y ambientales de la localidad;
12	Atendió al estilo y simbolismo del grupo social;
13	Lenguaje del producto adecuado al estilo de vida del grupo social;
14	Uso racional y optimizado de materias primas y componentes;
15	Fácil fabricación; asamblea; mantenimiento; desventaja; reciclaje;

Tabla 2. Lista de lineamientos de Diseño Social encontrados por Pazmino, 2007 (Fuente: adaptado de Pazmino, 2007).

Aportes del diseño de producto y manufactura digital aliados a la descentralización de la información

La característica clave de la cuarta revolución industrial se encuentra en el concepto de descentralización, aplicado principalmente a los procesos e información durante el proceso productivo. Este concepto fue fuertemente posible con la creación de Internet en 1957, durante la Guerra Fría, con el objetivo de ser descentralizado y así permitir que todas las partes trabajaran juntas e independientemente. De esta forma si una de las partes fallaba, las otras podían seguir funcionando. En ese escenario, la intención era proteger la información del gobierno y tener un canal de comunicación activo en caso de que alguna de las partes fuera destruida como resultado de los ataques (Ercilia; Graeff, 2008).

Hoy en día, la industria 4.0 utiliza este mismo concepto para producir y generar riqueza, la descentralización y las diversas herramientas de fabricación digital permiten que cualquier cosa se produzca en cualquier lugar, aquí se usó el término “cualquier lugar”, porque esto es lo que proporciona la descentralización, solo es necesario conectarse a la red y a una estructura mínima de instalaciones físicas. Incluso con una estructura precaria, es posible ser parte de la producción descentralizada, en algunos casos solo cuatro paredes, acceso a internet y equipos de baja inversión.

Con esta información presentada, es posible imaginar cuánto más fácil es la entrada de pequeños empresarios y cooperativas a este universo de posibilidades. Podemos ejemplificar que una cooperativa de recolectores puede ir más allá de seleccionar y recolectar ma-

teriales reciclables, luego de una breve capacitación sus cooperativas pueden comenzar a procesar los materiales recolectados. Al asociarse con diseñadores e instituciones docentes o gubernamentales, pueden ir más allá y producir sus propios artefactos que sean capaces de alimentar un mercado sediento de los más diferenciados tipos de productos.

Así, la fabricación se distribuye junto con la fabricación digital, lo que permite que los microempresarios y las cooperativas sean parte de algo más grande. Una característica muy común en los países emergentes y en vías de desarrollo es la presencia de este tipo de emprendimiento en la producción de artefactos artesanales de bajo valor agregado que alimentan los mercados artesanales y ferias callejeras en las más diversas localidades, que muchas veces no valoran adecuadamente a estos trabajadores y sus culturas. Este tipo de productos están enfocados en servir a economías de nicho y no a economías de escala, pero la fabricación digital junto con la fabricación distribuida puede cambiar este escenario, pudiendo hacer esta transición de una economía de nicho a una economía de escala. Maciel 2022 nos dice que esta dinámica de fabricación ha incluido a los legos en este tipo de producción, especialmente cuando utilizan herramientas de producción 3D.

Es posible percibir que existen muchas posibilidades para que el diseñador de productos actúe, principalmente debido al uso de nuevos métodos de producción resultantes de una mayor accesibilidad a las tecnologías que permiten el uso de CAD (*Computer Aided Design*), CAE (*Computer Aided Engineering*) y CAM (*Fabricación Asistida por Ordenador*).

En CAD podemos mencionar el software de diseño 2D y 3D y el software SLICER que preparan el archivo para la impresión, en CAE se destacan las simulaciones para evaluar la estructura y estática de artefactos, entre otros, y en CAM son más conocidas las máquinas de fabricación, ya sean de fabricación aditiva como impresoras 3D en FDM o resina, o fabricación sustractiva como cortadoras y fresadoras CNC (*Computer Numeric Control*) (Ver Tabla 3).

PROCESO ADITIVO	PROCESO SUSTRACTIVO (CNC)
Modelado de deposición fundida (FDM)	corta el cuchillo
Sintetización láser selectiva (SLS)	Corte con laser
Estereolitografía (SLA)	Corte por chorro de agua
Impresión 3D de inyección de tinta (3DP)	Molienda
Laminación de láminas de plástico (PSL)	

Tabla 3. Procesos Aditivos y Sustractivos (Fuente: Autores).

Toda esta maquinaria se inserta en el contexto de la producción automatizada, que según Campolongo (2012) se subdivide en prototipado rápido y fabricación digital, ambas se refieren al método de trabajo que transforma el modelo digital en una pieza física, la principal diferencia entre ellas es que el prototipado rápido genera un *mockup* o maqueta 1:1, y la fabricación digital se orienta hacia el producto final.

Tales características otorgan al producto elaborado por microempresarios individuales, estudiantes y curiosos, la posibilidad de producir artefactos capaces de satisfacer necesidades ergonómicas y legislaciones diversas, pudiendo así competir de igual a igual por un lugar dominado por la industria.

Impresión 3D: tecnología más asequible

Entre las tecnologías de Fabricación Digital disponibles, la impresión 3D es cada vez más accesible, las impresoras para uso doméstico, ya sea en FDM o Resina, permiten una nueva forma de interacción entre diseñadores, usuarios y productos, permitiendo que el propio diseñador o incluso el usuario final imprima el artefacto deseado en su propia casa. La tecnología de impresión 3D permite multitud de aplicaciones y se puede utilizar en los más diversos ámbitos, ya sea en el educativo, médico, complementos de mujer, piezas decorativas o piezas estructurales para su uso en ingeniería, etc. Sin embargo, todo este proceso forma parte del concepto de industria 4.0 ya que implica un flujo digital en la producción.

La industria 4.0 y las impresoras 3D, como tecnología accesible, también fomentan la proactividad. Empoderan a las personas en el flujo de trabajo para que sus procesos sean más eficientes. Si las personas pueden imprimir en 3D internamente, no hay necesidad de subcontratar, completar formularios, convencer a un jefe, esperar pedidos de prototipos, piezas de uso final o moldes, sin mencionar el pago de esos pedidos. En otras palabras, las impresoras 3D juegan en la economía bajo demanda, lo que permite a los usuarios crear lo que quieren, cuando lo quieren o lo necesitan (Wishbox, 2019).

Maciel, Arruda y Oliveira (2022) presentan una encuesta realizada en Pernambuco, estado de Brasil con un área de 98.132 km², que mapea la presencia de PYMES (pequeñas y medianas empresas) que trabajan con la impresión 3D. En este estudio se logró identificar la presencia de personas del común que intentan escapar de la crisis económica agravada por la situación de pandemia, a pesar de no identificar la presencia de una rama tecnológica activa en esta zona, se visualiza el gran potencial de este acontecer, principalmente en los grandes centros urbanos del estado donde hay mayor presencia y concentración de estos emprendedores.

Otro factor interesante es la compatibilidad de estos proyectos con la economía circular y la *Cultura Maker*. La compatibilidad es tal que casi la mitad de las Empresas tienen características de la clasificación incremental abierta definida por Savolainen y Collan (2020) como una categoría empresarial que se enfoca en empoderar a las personas, promover la

economía creativa y usar licencias *Creative Commons* mientras producen sus artefactos, o simplemente ayudar a otros emprendedores, estudiantes, aficionados y curiosos a realizar sus producciones.

Impresión 3D por causas sociales MÃO3D y e-Nable

El Sistema Único de Salud (SUS) es uno de los mayores sistemas públicos de salud del mundo que garantiza el acceso universal a todos en el territorio brasileño, transformando el acceso a la salud en un derecho de todos (Ministério da Saúde, 2022). A pesar de toda su capacidad y alcance en Brasil, el Sistema Único de Salud no es capaz de proporcionar prótesis superiores para los niños, esto se debe principalmente a los costos involucrados, el peso de las prótesis y la necesidad constante de actualizar estas prótesis por la incapacidad para acompañar el crecimiento de los niños.

De esta manera, el gobierno brasileño se exime de la responsabilidad de brindar este tipo de servicio, siendo que solo en São Paulo nacen alrededor de 18.000 niños con malformaciones en los dedos, junto a este problema aún existen casos de amputación que ocurren a lo largo de la vida, que pueden elevar considerablemente estos números.

A partir de esta premisa, en 2015, se inició en el Instituto de Tecnología de la UNIFESP en São José dos Campos, un programa orientado a la impresión 3D dedicado a atender a los niños de todo Brasil, inspirado en otro gran proyecto a escala mundial, el e-Nable.

El e-Nable aparece en 2011 cuando Ivan Owen creó una mano de títere para un disfraz y compartió el video en línea. Seguidamente Richard Van As, un carpintero sudafricano que había perdido los dedos en un accidente de trabajo, lo contacta y le propone a Owen que le fabriquen una prótesis. Al finalizar su proyecto –que hasta ese momento había sido muy publicitado en internet– pone a disposición el archivo y todo el proyecto de manera gratuita bajo licencia *Open Source*. Esta actitud hace que este proyecto comience a crecer en torno a toda una comunidad global. La gente simplemente se ofrecía a imprimir los archivos que ya existían y pronto comenzaron a hacer pequeñas modificaciones, personalizando las prótesis de forma ergonómica y estética (*Ver Figura 1*).



Figura 1.
Niño asistido por
el proyecto Mão3D
(Fuente: Mão3D,
2019).

Con esta actitud, los empleados de e-Nable han aumentado la autoestima de los niños a nivel mundial, convirtiendo la dificultad que solía ser motivo de vergüenza, tristeza y timidez en alegría, orgullo y confianza. También podemos ver que las comunidades locales pueden influir en la personalización de los artefactos. En Yemen, por ejemplo, la comunidad se ha dedicado a desarrollar prótesis para las víctimas de la guerra, mientras que en Canadá el proyecto se destaca por la búsqueda y utilización de material reciclado.

La comunidad e-Nable ganó rápidamente su posición como una comunidad global y nunca ha dejado de crecer, incluyendo cada día más grupos de personas, entidades y voluntarios en su Red, alcanzando la increíble cantidad de 40 mil voluntarios que trabajan en más de 100 países que ya han ayudado a unas 15.000 personas (futuro.org, 2022).

Otra característica importante fue la forma en que este proyecto surgió y creció de manera totalmente orgánica, comenzando su producto “social” basado en prueba y error, aunque alcanzó varios de los puntos necesarios del Diseño Social que señala Pazmino (2007) así como sus lineamientos.

Dentro de las características señaladas por Pazmino (2007) está la pequeña escala de producción que se realiza a nivel mundial, por lo que pasa a tener la característica de un producto elaborado con diseño formal y no social, esto es posible gracias a la descentralización de la producción que proporciona la fabricación digital y el uso de materiales simples compatibles con las necesidades del producto y su bajo costo.

Cambio de paradigma: Wikihouses

Las innovaciones tecnológicas permiten cambios sustanciales en el método de construcción, posibilitando nuevos patrones morfológicos de mayor complejidad, eficiencia de recursos y optimización del tiempo de fabricación. Un ejemplo interesante es **Wikihouses**, un proyecto de código abierto iniciado en 2011 por Alastair Parvin y Nick Lerodiconou

en Londres, que tiene como objetivo democratizar la fabricación de viviendas populares mediante el diseño y construcción de casas de una manera simple y sostenible. La principal innovación del proyecto es que las casas están compuestas por módulos de madera contrachapada que se cortan con fresadoras CNC y se ensamblan fácilmente mediante accesorios tipo rompecabezas. Los diseños de las casas están disponibles en la web oficial del proyecto con todas las instrucciones necesarias para la fabricación de las piezas y el montaje, y se pueden descargar libremente, ya que la licencia es *Creative Commons* (Ver Figura 2).

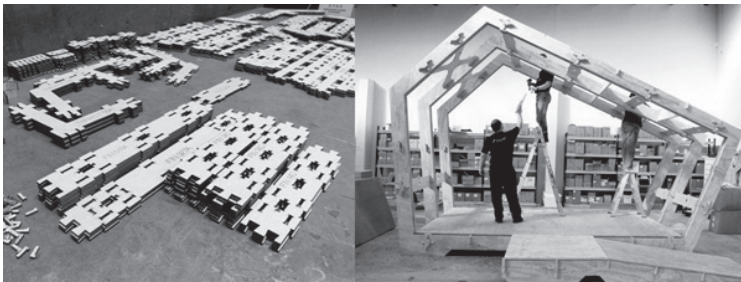


Figura 2. Proyecto WikiHouse de piezas y ensamblajes (Fuente: Space Craft, está siendo desarrollado por WikiHouse en Nueva Zelanda).

Reciclaje de plástico: Precious Plastic

El reciclaje de plástico puede ser una posibilidad que permita enormes beneficios, no solo desde el punto de vista de la sostenibilidad, desde el medio ambiente al reutilizar un material que dañaría a la naturaleza, sino desde el punto de vista social y económico, fomentando la inclusión de diversos agentes sociales de una forma diferente, ya que la reutilización de este material en grandes cantidades tiene un alto valor económico cuando en realidad sería desechado. Un ejemplo interesante de cómo el reciclaje de plástico puede tener un gran impacto social es **Precious Plastic**.

Precious Plastic es un proyecto colectivo global iniciado en 2012 por Dave Hakkens en la ciudad de Eindhoven, en el sur de los Países Bajos, que tiene como objetivo combatir el problema de los desechos plásticos, ya sea mediante la adopción de materiales biodegradables, estilos de vida libres de desechos y especialmente el reciclaje de plástico que sería desechado en vertederos y en el medio ambiente. La solución que propone el proyecto es incluir a personas de todo tipo, clase, edad y género en el proceso de reciclaje, contribuyendo de las más variadas formas –pues creen que– con pequeños pasos multiplicados

por millones de participantes a escala global, la solución a los residuos plásticos podría ser hallada.

En la práctica, el proyecto desarrolló unas máquinas de trituración, extrusión, inyección y compresión de residuos plásticos, todas ellas de “código abierto”, es decir, el proyecto de montaje está disponible para su descarga gratuita en la web oficial, posibilitando así la difusión de este conocimiento a todas las personas interesadas.

Hay varios proyectos de máquinas distribuidos en 3 categorías: *Máquinas Básicas*: perfectas para iniciarse, orientadas hacia un bajo costo de montaje; *Máquinas Pro*: diseñadas para demandas comerciales y un uso diario continuo; *Comunidad*: para proyectos compartidos por la comunidad en todo el mundo. Además, las máquinas son modulares, lo que permite futuras mejoras y ampliaciones. En resumen “Precious Plastic es una combinación de personas, máquinas, plataformas y conocimientos para crear un sistema de reciclaje global alternativo” (Precious Plastic, 2012) (Ver Figura 3).

Además de la tecnología y los conocimientos técnicos compartidos en el sitio web de *Precious Plastic*, también hay instrucciones muy detalladas para crear diferentes tipos de espacios con propósitos específicos que juntos forman un universo de *Precious Plastic*, en el que cada parte se integra en un sistema interconectado.

- *Miembros de Precious Plastic*: estas son personas que impulsan el movimiento, difunden el mensaje y fabrican productos reciclados.
- *Precious Plastic Workspace*: El lugar donde los desechos plásticos se transforman en materia prima o productos valiosos, en total hay 5 tipos de espacios de trabajo con máquinas específicas: Trituradora, Extrusora, Prensa, Inyectora y Mezcladora.
- *Puntos de Acopio*: Recolectan plásticos del barrio, empresas y organizaciones para ser procesados en los espacios de trabajo, inicialmente por la trituradora.
- *Puntos de la comunidad*: conectan a la comunidad y aumentan la red de reciclaje involucrando a más y más personas.
- *Talleres de Máquinas*: Produce máquinas, partes de máquinas, moldes para ser utilizados por toda la red de reciclaje local (Ver Figura 4).

Como resultado final de todo este proceso de reciclaje, se obtienen los más variados productos, ya sean estructurales o decorativos, con diferentes formas, colores y texturas en función de la creatividad de los diseñadores (Ver Figura 5).

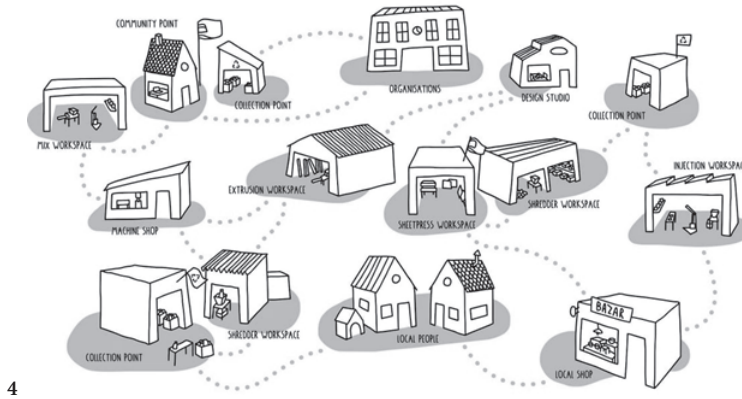
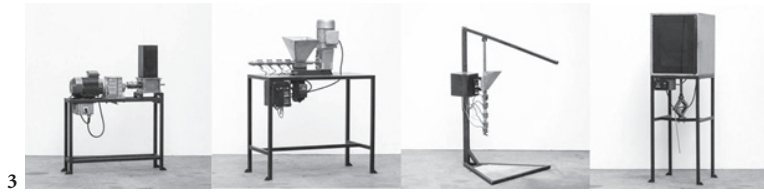


Figura 3. Máquinas Básicas (trituradora, extrusora, inyectora y compresora) (Fuente: Precious Plastic, 2012). **Figura 4.** Universo Plástico Precioso (Fuente: Precious Plastic). **Figura 5.** Productos varios (Fuente: Precious Plastic).

Metodología

En un breve análisis de lo disponible en internet en la información presentada, podemos realizar el estudio de caso en paralelo con la información presentada en forma de lineamientos de Diseño Social presentado por Pazmiño (2007), y verificar si es o no digital la fabricación puede mejorar el alcance de los beneficios buscados en cada Directriz.

Caso 1. E-Nable

- *Directriz 1:* podemos ver que se mejora el cumplimiento de la pauta número 1 de usar materiales simples. Si bien el plástico no es un material natural, tiene la cualidad de ser reciclable o de origen reciclado, la obtención de material virgen es un proceso complicado, pero el proceso de reciclaje de la materia prima que se puede utilizar en este proyecto se ve facilitado por el uso de herramientas digitales de fabricación y la naturaleza descentralizada de la licencia de código abierto puesta a disposición de la comunidad. De esta forma, la materia prima utilizada puede ser procesada en los hogares, utilizando equipos de bajo costo, cuya construcción se ve facilitada por estas características, lo que puede generar empleos a nivel local.
- *Directriz 2:* se puede observar que cumple con la pauta de utilizar materiales de calidad compatibles con las necesidades del producto, ya que utiliza termoplásticos y tornillos en su construcción que son necesarios para darle al producto las propiedades de resistencia, firmeza y movilidad necesarias para llevar a cabo sus funciones, todo ello acelerado y potenciado por la fabricación digital.
- *Directriz 3:* debido a la descentralización de la producción de maquinaria y la naturaleza de código abierto, es posible cumplir con la pauta de manera potente, ya que el reciclaje puede reducir el costo de los plásticos que son fáciles de obtener, de hecho, son un problema para el medio ambiente, ya que este proceso de reprocesamiento de plásticos reciclados no necesita ser realizado por grandes industrias, además elimina la necesidad de comprar materia prima virgen.
- *Directriz 5:* las mismas características que permiten cumplir las directrices 1, 2 y 3 se pueden aplicar a la directriz 5.
- *Directriz 6:* la directriz de utilizar una fuerza de trabajo que sea capaz de absorber conocimiento es facilitada por la descentralización del conocimiento y la tutoría proporcionada por comunidades activas de simpatizantes presentes en foros de Internet y redes sociales, con solo interés y acceso a Internet para comenzar a actuar.
- *Directriz 7:* las mismas características que cumplen con la pauta número 3 se aplican a la pauta 7.
- *Directriz 8:* la fabricación digital, con el uso de herramientas CAD y CAM junto con la descentralización, permite la personalización local de los artefactos. Este proceso de adaptación e inserción de elementos estéticos está influenciado por diseñadores y voluntarios que forman parte del contexto sociocultural local. Podemos decir que este proceso es limitado a la industria común o incluso inviable, principalmente debido a su escala de

producción centralizada que pretende satisfacer las necesidades de la práctica de marketing para vender prótesis convencionales y estandarizadas a gran escala.

- *Directriz 9*: en este caso específico, la fabricación digital junto con el cumplimiento de la pauta número 8 termina por aumentar la autoestima de su público objetivo, ya que hasta ese momento no era posible que fueran atendidos por la práctica de marketing de los vendedores de prótesis convencionales.
- *Directriz 10*: la directriz 10 es el objetivo principal del proyecto, y solo porque la fabricación digital trabaja junto con la descentralización de información, métodos, procesos de fabricación y servicio al público objetivo, que ha tenido tanto éxito.
- *Directriz 12*: la misma característica que permite el cumplimiento de la directriz número 8 se puede aplicar a la directriz número 12.
- *Directriz 13*: la misma característica que permite el cumplimiento de la directriz número 8 se puede aplicar a la directriz número 13.
- *Directriz 14*: la fabricación digital, junto con el proceso de fabricación aditiva, optimiza el uso de materiales, como ya señalaron varios autores: Peeters (2019), Zhong y Pearce (2018).
- *Directriz 15*: todos los puntos de la pauta número 14 se encuentran en la presentación del caso y corroborados por el cumplimiento de las pautas cumplidas anteriormente, todo facilitado por el proceso de fabricación digital.

Caso 2. Wikihouse

Al aplicar el mismo proceso de reflexión que se utilizó en el caso de e-Nable, podemos identificar qué pautas se cumplieron en el caso de Wikihouse.

- *Directriz 1*: Esta pauta se cumplió porque utiliza la madera como material principal para la obtención del producto Wikihouse, el proceso de fabricación digital facilita y acelera la construcción de los productos de este proyecto. La descentralización también es un factor potencial, ya que sus características de código abierto facilitan una agrupación de personas en torno al proyecto para su construcción.
- *Directriz 2*: se cumple la pauta número 2 por las mismas razones que cumplió el caso anterior.
- *Directriz 3*: se cumple la pauta número 3 por las mismas razones que cumplió el caso anterior.
- *Directriz 5*: se cumple la pauta número 5 por las mismas razones que cumplió el caso anterior.
- *Directriz 6*: se cumple la directriz número 6 por las mismas razones que cumplió el caso anterior.
- *Directriz 9*: esta directriz se cumple garantizando al público objetivo el derecho a la vivienda propia que es un derecho fundamental. Para lograr el cumplimiento de esta directriz, la fabricación digital es parte esencial de los procesos utilizados en el proyecto Wikihouse.

- *Directriz 15*: la fabricación digital, que tiene en su espectro herramientas como máquinas CNC y fresadoras operadas por comandos computacionales, son capaces de optimizar el proceso de fabricación del producto, su transporte y montaje de artefactos, siendo estas máquinas herramientas esenciales para el transporte el proyecto y para la potencialización de esta directriz.

Caso 3. Plástico precioso

A partir de la reflexión utilizada en los casos anteriores, podemos identificar las pautas de diseño social que se cumplieron según las peculiaridades del proyecto *Precious Plastic*.

- *Directriz 1*: Podemos considerar que el producto de Precious Plastic es el reciclaje de plástico, ya que este puede ser utilizado de infinitas maneras por sus clientes, por lo que al analizar la primera directriz podemos decir que este plástico y su obtención se realiza en el acto de recolectar y la fabricación digital no facilita la selección. Pero la construcción de la maquinaria utilizada para reprocesar el plástico recolectado tiene características de construcción que requieren de fabricación digital, así como la descentralización de la información ubicada en las licencias *Open Source* de la maquinaria que cumplen con las necesidades de este proyecto. Por tanto, llegamos a la conclusión de que sí, se potencia la directriz 1.
- *Directriz 2*: la segunda pauta se cumple cuando el plástico procesado pasa por máquinas de fabricación digital, principalmente CNC, para ensamblar objetos complejos desarrollados por la comunidad.
- *Directriz 6*: esta pauta se cumple de la misma manera que en el primer caso (e-Nable).
- *Directriz 7*: la descentralización y las características de las licencias de código abierto mejoran el cumplimiento de esta directriz.
- *Directriz 8*: esta pauta se cumple de la misma manera que en el primer caso (e-Nable).
- *Directriz 9*: ya ha sido probado por otros autores, que el trabajo relacionado con el bricolaje y la *Cultura Maker* proporciona bienestar, tanto a través de la interacción de un grupo de personas que tienen los mismos objetivos como a través de la sensación hedónica de participar en un grupo y/o asociación con fines nobles que causan admiración (Khademi-Vidra y Bujdosó, 2020; Vessal *et al.*, 2021). Debemos recordar que el principal producto de Precious Plastic no son los artefactos que se crean y venden, sino el reciclaje del plástico, la preservación del medio ambiente, la inserción social y de muchos de sus colaboradores que tienen sueños y metas personales.
- *Directriz 14*: al obtener moldes y utilizar planos de corte en máquinas CNC, las herramientas de fabricación digital mejoran el cumplimiento de esta directriz.

A partir de los análisis realizados entre los lineamientos acelerados y potenciados por la fabricación digital y la descentralización de la información y los procesos productivos, podemos generar un cuadro resumen que facilitará la visualización de los puntos que fueron potenciados (*Ver Tabla 4*).

CUADRO RESUMEN DE LINEAMIENTOS QUE SE VEN POTENCIADOS POR LA FABRICACIÓN DIGITAL Y LA DESCENTRALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN Y LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN			
Directrices para el diseño social	e-Nable	Wikihouse	Precious Plastic
1	Sí	Sí	Sí
2	Sí	Sí	Sí
3	Sí	Sí	
4			
5	Sí	Sí	
6	Sí	Sí	
7	Sí		Sí
8	Sí		Sí
9	Sí	Sí	Sí
10	Sí		
11			
12	Sí		
13	Sí		
14	Sí		Sí
15	Sí	Sí	

Tabla 4. Cuadro resumen de lineamientos que pueden acelerarse y mejorarse mediante la fabricación digital y la descentralización de la información y los procesos de producción (Fuente: Autores).

Conclusión

Es evidente que, en un contexto de crisis humanitaria y necesidad de recuperación económica, el diseño, junto con la fabricación digital y la cultura de descentralización de la información y los procesos de fabricación, pueden hacer enormes aportes que posibiliten la innovación creativa y social de las personas involucradas, ya sean empleados o el público objetivo. Los beneficiarios de los servicios de cada proyecto, las personas y el medio ambiente, dos pilares del triple resultado, cuando se persigue influir sobre la economía local (tercer pilar), porque sólo aquellos que tienen sus necesidades básicas satisfechas son capaces de soñar, crear, trabajar y desarrollarse. Además, los casos de e-Nable y Precious Plastic sugieren que se pueden lograr cambios estructurales en la sociedad a partir de pequeñas acciones multiplicadas por una multitud de personas conectadas por internet y por un sentimiento de comunidad de manera coordinada y colaborativa, compartiendo conocimientos, ideas y soluciones.

Entre los ejemplos citados en este artículo, tres casos utilizan licencias de código abierto en sus proyectos, e-Nable compartiendo proyectos para impresión 3D de prótesis superiores, Precious Plastic compartiendo proyectos de máquinas de reciclaje y WikiHouse propor-

cionando proyectos para viviendas de interés social eficaces y sostenibles, que pueden ser ensamblados por cualquier persona. Toda esta democratización del conocimiento permite una mayor viabilidad en los cambios estructurales y fortalece el sentimiento comunitario entre los participantes.

Finalmente, este artículo concluye su objetivo de identificar la influencia positiva que tienen la fabricación digital y la descentralización de los procesos de información y producción, que actúan positivamente acelerando el cumplimiento de los lineamientos del Diseño Social. De esta manera, también se concluye que estas prometedoras tendencias productivas inspirarán un escenario futuro donde la creatividad pueda ser utilizada como política pública de inclusión social, principalmente para personas en vulnerabilidad social, ya sea en la creación de FAB-LABS comunitarios, en las diversas posibilidades de producción e inclusión derivadas de la fabricación de prótesis, el reciclaje de plásticos o la construcción de viviendas populares. Siempre y cuando todo esto esté pensado para incluir a las personas que forman parte de los colectivos más afectados por las crisis sociales.

Referencias

- Campolongo, Eduardo Luisi; Mackhaus, Paixão Silva (2019) *Fabricação Digital Subtrativa Aplicada à Produção de Habitações por Meio de Encaixes em Madeira*. Orientador: Professor Dr. Charles de Castro Vicent, 2019. p. 217. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo.
- Coffito (2023) Projeto leva próteses feitas em impressoras 3D a crianças. Disponible en: <https://www.coffito.gov.br/nsite/?p=2563>. Acceso 4 de enero de 2023.
- Despeisse, M. *et al.* Unlocking value for a circular economy through 3D printing: A research agenda. *Technological Forecasting and Social Change*, [s. l.], v. 115, p. 75–84, 2017.
- E-Nable (2014) Sobre nós. Disponible en: <https://enablingthefuture.org/about/>. Acceso 04 de enero de 2023.
- E-Nable (2023) 3D Printing Center for Health. 3D Printing Center for Health. Disponible en: <https://3dprinting.pt/pt/e-nable-3d-printing-center-for-health>. Acceso 4 de enero de 2023.
- E-Nable Brasil (2023) Perguntas Frequentes. Disponible en: <http://e-nablebrasil.org/wp/faq/>. Acceso 4 de enero de 2023.
- Ferreira, Ivanir (2021) *Jornal da USP*. Mulheres foram mais afetadas emocionalmente pela pandemia, 2021. Disponible en: <https://jornal.usp.br/ciencias/mulheres-foram-mais-afetadas-emocionalmente-pela-pandemia/>. Acceso 9 de febrero de 2023.
- Fiocruz (2021) *Fundação Oswaldo Cruz*. Impactos sociais, econômicos, culturais e políticos da pandemia, 2021. Disponible en: <https://portal.fiocruz.br/impactos-sociais-economicos-culturais-e-politicos-da-pandemia>. Acceso 9 de febrero de 2023.
- Kellens, Karel *et al.* (2017) Environmental Impact of Additive Manufacturing Processes: Does AM Contribute to a More Sustainable Way of Part Manufacturing?. *Procedia CIRP*, [s. l.], v. 61, p. 582–587.

- MÃO3D (2019) Entregas. Disponible en: <https://www.mao3d.com.br/entregas-2019>. Acceso 16 de febrero de 2023.
- Marasciulo, Marília (2022) Revista Galileu. Como (e por que) a pandemia afetou de forma desproporcional as mulheres, 2022. Disponible en: <https://revistagalileu.globo.com/Sociedade/noticia/2021/03/como-e-por-que-pandemia-afetou-de-forma-desproporcional-mulheres.html>. Acceso 9 de febrero de 2023.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE (2023) Sistema Único de Saúde. Disponible en: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/s/sus/sistema-unico-de-saude>. Acceso 4 de enero de 2023.
- Pazmino, Ana Verónica (2007) Uma reflexão sobre Design social, Eco Design e Design Sustentável. International Symposium on Sustainable Design, Setembro de 2007. ISBN 978-85-60168-01.3
- Pietro, Gabriel (2020) Projeto “Mão 3D” busca fornecer 100 próteses para crianças carentes do Vale do Paraíba (SP), 2020. Disponible en: <https://razoesparaacreditar.com/projeto-mao-3d-protese-criancas-carentes>. Acceso 16 de febrero de 2023.
- Precious Plastic (2023) A Big Bang for Plastic Recycling, 2023. Disponible en: <https://preciousplastic.com/>. Acceso 9 de febrero de 2023.
- Savolainen, J.; Collan, M. (2020) Como a tecnologia de manufatura aditiva muda os modelos de negócios? Revisão de literatura. Elsevier, nº32, p. 1-13, jan 2020.
- Silva, F (2023) Apresentação. Disponible en: <https://www.unifesp.br/campus/sjc/mao3d.html>. Acceso 4 de enero de 2023.
- Space Craft System (2023) Disponible en: <http://spacecraft.co.nz/>. Acceso 09 de febrero de 2023.
- Refaee Vessal, S., Partouche-Sebban, J., Scuotto, V., & Maalaoui, A. (2021). Overcoming stressful life events at do-it-yourself (DIY) laboratories. A new trailblazing career for disadvantaged entrepreneurs. *Technological Forecasting and Social Change*, 164(120506), 120506. doi:10.1016/j.techfore.2020.120506
- WikiHouse (2023) Simple, beautiful, zero-carbon building, for everyone, 2011. Disponible en: <https://www.wikihouse.cc/>. Acceso 9 de febrero de 2023.
- Wishbox Technologies (2019) Tecnologia Acessível: Impressão 3D Desktop na Era da Indústria 4.0. Disponible en: <https://www.wishbox.net.br/blog/impressao-3d-desktop-na-Era-da-Industria-4-0> . Acceso 9 de febrero de 2023.
- Zhong, S., & Pearce, J. M. (2018). Tightening the loop on the circular economy: Coupled Distributed recycling and manufacturing with recyclebot and RepRap 3-D printing. *Resources, conservation, and recycling*, 128, 48–58. doi:10.1016/j.resconrec.2017.09.023.

Abstract: This article proposes to reflect on how design as an applied social science and creative activity can enhance its social potential when it is able to use digital fabrication tools and apply Industry 4.0 concepts in its way of acting, mainly in terms of the decentralisation of production. For this reflection, concepts of social design and its guidelines will be discussed, in a post-pandemic context that still imposes the marks of its passage on

society, especially on the most vulnerable populations. For this reflection on the future, three cases will be analysed that have characteristics of digital fabrication, social innovation and sustainability that are often able to reach the triple bottom line, thus being a truly sustainable project.

Keywords: Digital Fabrication - Social Innovation - Bionspiration - Maker Culture

Resumo: Este artigo propõe refletir sobre como o design como ciência social aplicada e atividade criativa pode aumentar seu potencial social quando é capaz de usar ferramentas de fabricação digital e aplicar conceitos da Indústria 4.0 em sua maneira de agir, principalmente em termos de descentralização da produção. Para esta reflexão, serão discutidos conceitos de design social e suas diretrizes, num contexto pós-pandêmico que ainda impõe as marcas de sua passagem sobre a sociedade, especialmente sobre as populações mais vulneráveis. Para esta reflexão sobre o futuro, serão analisados três casos que têm características de fabricação digital, inovação social e sustentabilidade que muitas vezes são capazes de alcançar o triplo resultado, sendo assim um projeto verdadeiramente sustentável.

Palavras-chave: Fabricação digital - Inovação social - Bionspiração - Cultura do fabricante
