

Fecha de recepción: diciembre 2017
Fecha de aceptación: marzo 2018
Versión final: julio 2019

Economía Circular. Implantación en Ingeniería, Fabricación y Diseño Industrial

Santiago Geywitz Bernal *

Resumen: la formación de Ingenieros en “Fabricación y Diseño Industrial” de nuestra Universidad se ha propuesto implantar los preceptos de la Economía Circular, en su malla de estudios y modelo de enseñanza, en la lógica de las oportunidades y desafíos que se presentan con las nuevas tendencias y tecnologías, por ejemplo, producciones a escalas limitadas, tecnología 4.0, la aplicación del Eco Diseño, entre otras, evidenciando necesario asumir a la Economía Circular, desde la formación inicial en especialidades de Diseño y Fabricación, orientado hacia estudiantes que se convertirán en los agentes de cambio para la sustentabilidad, y la urgente evolución del consumidor a usuario.

Palabras clave: Bio-economía - Economía Circular - Diseño - Eco-Diseño - Sistemas regenerativos - Educación.

[Resúmenes en inglés y portugués en la página 306]

(*) Santiago Geywitz Bernal es Jefe de Carrera, Ingeniería en Fabricación y Diseño Industrial. Coordinador de Investigación e Innovación, Universidad Técnica Federico Santa María, Sede Viña del Mar, Chile. Ingeniero Ejecución Industrial (IPAV). Licenciado en Ciencias de la Ingeniería (PUCV). Ingeniero Mecánico (PUCV). Diploma en Gestión Universitaria, Facultad de Economía (UCH). Diploma en Docencia Universitaria (UTFSM-LASPAU). Diploma en Innovación en Ingeniería (UTFSM). Diploma en Innovación y Transferencia Tecnológica (UTFSM). Director del Proyecto FIC denominado EHE (Eficiencia hídrica energética) (2014-18). Director del Proyecto de Investigación Docente Elaboración de un Modelo de Regresión Lineal Múltiple para la determinación de pérdidas de agua en la conducción en canales (Nº proyecto docente 316.33.1 - 2016-18). Director del Proyecto de Investigación en Docencia Aprendizaje activo en Mecánica de los Fluidos (2017-18). Coordinador del Proyecto Electromovilidad Experimental, Sede Villa del Mar, Universidad Técnica Federico Santa María, Chile (2018). santiago.geywitz@usm.cl

Contenido

La Economía Circular, nos involucra en la urgencia de los sistemas regenerativos (Fundación Ellen Mc Arthur, 2013) donde el concepto de materia prima, producto y proceso deben estar inmersos en los preceptos que van más allá de las 3R de la ecología (Reducir-Reutilizar-Reciclar) en lo que hoy es denominado como “Múltiple R”, donde se sistematizan los procesos de: repensar - rediseñar - refabricar - reparar - redistribuir - reducir - reutilizar - reciclar - recuperar energía; como elementos base de la Economía Circular.

En esto la visión del Diseño más el apoyo de las nuevas tecnologías disponibles, se validan como imprescindibles para la concepción de los productos y procesos procíclicos, implementados por sistemas pertinentes de manufactura, en función de la disponibilidad de estos y flexibles a la capacidad inherente y diferenciada de una célula productiva tipo (Braungart y McDonough, 2002). La presencia actual de, por ejemplo, la manufactura integrada (Bernard, 1989), manufactura flexible (Groover, 1990) y manufactura aditiva (Wohlers, 2010), solo por nombrar algunas, generan una sobre-expectativa de una solución final pensada desde la óptica de la manufactura convencional, creyendo que estas podrían no solo modernizar el proceso productivo, sino también ayudar en conjunto con el Diseño a proponer un sistema industrial restaurador-regenerativo (Fundación Ellen Mc Arthur, 2013), donde (1) la limitación de residuos (*La basura es un error de diseño*, Muñoz, 2008), (2) el fomentar la producción limpia y (3) el reemplazo del concepto de consumidor por el de usuario, den paso a un desarrollo positivo desde la perspectiva de la Economía Circular.

Favoreciendo así un Diseño Circular (Brown & IDEO, 2016), estos elementos ya son desarrollados dentro de nuestra formación, pero a la luz de la aparición de las nuevas tecnologías, las habilidades requeridas para el siglo XXI, y las competencias a exigir a las nuevas generaciones, nos hacen reforzar la incorporación de la Economía Circular como un importante pilar de desarrollo de nuestros ejes formativos.

Introducción

La Economía Circular, nos involucra en la urgencia de los sistemas regenerativos (Fundación Ellen Mc Arthur, 2013) donde el concepto de materia prima, producto y proceso, deben estar inmersos en los preceptos que van más allá de las 3R de la ecología (Reducir-Reutilizar-Reciclar) en lo que hoy es denominado como “Múltiple R”, donde se sistematizan los procesos de: repensar - rediseñar - refabricar - reparar - redistribuir - reducir - reutilizar - reciclar - recuperar energía; como elementos base de la Economía Circular. En esto la visión del Diseño, más el apoyo de las nuevas tecnologías disponibles, se validan como imprescindibles para la concepción de los productos y procesos procíclicos, implementados por sistemas pertinentes de manufactura, en función de la disponibilidad de estos y flexibles a la capacidad inherente y diferenciada de una célula productiva tipo (Braungart y McDonough, 2002). La presencia actual de, por ejemplo, la manufactura integrada (Bernard, 1989), la manufactura flexible (Groover, 1990), la manufactura aditiva (Wohlers, 2010), solo por nombrar algunas, generan la sobre-expectativa de una solución final pen-

sada desde la óptica de la manufactura convencional, considerando que estas podrían no solo modernizar el proceso productivo, sino también ayudar en conjunto con el Diseño a proponer un sistema industrial restaurador- regenerativo (Fundación Ellen Mc Arthur, 2013); donde la (1) limitación de residuos (*La basura es un error de diseño*, Muñoz, 2008), (2) el fomentar la producción limpia y (3) el reemplazo del concepto de consumidor por el de usuario, den paso a un desarrollo positivo desde la perspectiva de la Economía Circular, favoreciendo así un Diseño Circular (Brown & IDEO, 2016).

Se da por entendido que este cambio de paradigma requiere de una serie de condiciones principalmente culturales, por lo tanto debemos desde las entidades e instituciones de desarrollo del conocimiento y la tecnología (*como lo es en particular nuestra Universidad Técnica Federico Santa María que declara esto en su Misión y específica en sus valores*), la decisión de formar profesionales con responsabilidad social y solidarios. Es que nos atrevemos a desarrollar este trabajo, primero con un abordaje desde la lógica del “Perfil de Egreso” de nuestro Ingeniero en Fabricación y Diseño Industrial, que se declara como un profesional capaz de liderar equipos de trabajo, impulsando proyectos para el desarrollo del diseño y los procesos de manufactura asociados, integrando la cadena valor, con los conocimientos y dominios tecnológicos de las distintas actividades de los procesos productivos. Este perfil se desarrolla dentro de nuestra carrera e integrando además los elementos de nuestra cadena de valor definida a partir de lo enunciado por Michael Porter (1986); y adaptado a la declaración de principios de nuestro quehacer como: Materias primas; Diseño de Productos; Ingeniería de Productos; Fabricación/Montaje; Comercialización/Embalaje; Servicio y Reciclado.

Esto también reflejado desde la perspectiva del Diseño, en concordancia con lo especificado en la norma ISO14006, que desarrolla la tríada, (1) Medio Ambiente, (2) Sistemas de Gestión y (3) Diseño. En el ejercicio de este proceso por lo tanto conjugamos no solo los conceptos iniciales-finales de materialidades y reciclaje, aptas para ello, sino más bien una mirada sistémica que nos permite entender la necesidad de que el diseño aborde no solo el concepto de creatividad sino que además se apoye y apoye a las otras disciplinas que lo contienen y sostienen, entendiendo que sus concepciones y resultados -frutos de diferentes metodologías y tecnologías- permitan a nuestros estudiantes aplicar las lógicas antes descritas.

Marco referencial

Esta decisión la debemos entender dentro del caso particular de nuestro país y su economía, junto con la creciente tecnologización de diferentes procesos y el abandono de las tecnologías tradicionales, cuestión que puede enfocarse como una oportunidad, a pesar de las miradas reticentes y opiniones como la siguiente: *Chile en el carro de la cuarta revolución industrial: ¿Hay trabajos amenazados? De la mano con el desarrollo tecnológico, una serie de labores han podido ser automatizadas por máquinas* (emol.com, 2017)¹.

No obstante nosotros entendemos esto más como una oportunidad, aún no explorada, una suerte de ventaja competitiva que nos permite reimpulsar desarrollo a través de –por ejemplo– la *Manufactura bajo Demanda*, que para nuestra economía y tamaño de merca-

do, normalmente se considera una restricción, y que contrariamente nos permitiría abordar soluciones de pequeña y mediana escala, aprovechando la flexibilidad de los sistemas de manufactura moderna, tanto de manufactura aditiva, la integrada y también la flexible. Como elementos de una Industria 4.0, deberían ser considerados en la concepción de procesos y productos, que integren estas tecnologías y se desarrollen a partir de ellas propiciando la creación de células de producción que permitan el desarrollo y fabricación de múltiples productos, sin que por ello, se vean mermadas las características individuales, sino por el contrario, se conciban bajo la máxima de la *ecoefectividad*. Esto último basado en las premisas descriptas para la Industria 4.0 desde las diversas ópticas, como, en las que describe que camino al desarrollo de las economías exitosas en sustentabilidad, bajo la concepción de la *bioeconomía*.

La industria 4.0 adopta tecnologías como las nanotecnologías, las neurotecnologías, la robótica, la inteligencia artificial, la biotecnología y la biogenética, sistemas de almacenamiento de energía, drones e impresoras 3D, que basados en Moguillansky y Echeverría siguen estas premisas (1) el uso sustentable de los recursos, (2) la cultura de la circularidad, (3) el fomento del desarrollo tecnológico y la innovación, (4) la educación de calidad consistente con el mundo del futuro, (5) la creación y actualización de las capacidades a lo largo de toda la vida².

Otros autores detallan los conceptos de la industria 4.0, y los relacionan directamente con la Economía Circular, la cuarta revolución industrial y las oportunidades que esto representa, no solo para la industria, el desarrollo sostenible, sino principalmente para los emprendedores digitales:

Así como la economía circular incentiva el uso y la creación de nuevas tecnologías que permitan la transformación de modelos de negocios propios de la cuarta revolución industrial, como el *On-Demand Products* y *Sharing Economy*, también ayuda a enfrentar una de sus mayores amenazas: la potencial “destrucción” de empleos (Ostojic, 2016)³.

Entonces debemos primero entender que estamos en tiempos de cambio, y reconocer las distintas etapas de la industrialización, desde la 1° revolución industrial con el telar mecánico y la máquina de vapor de principios del siglo 19, pasando por la cadena de producción y la energía eléctrica de principios del siglo 20, a la 3° revolución generada en los años 80, donde la electrónica y la automatización fueron las protagonistas, y por último, ya recientemente, los avances de las tecnologías como el internet de las cosas, el *big data*, el *cloud computing*, la realidad virtual y aumentada, la impresión 3D, la inteligencia artificial y la robótica, estarían en lo que se puede denominar la 4° Revolución Industrial. No obstante hay quienes sostienen que esto es más bien la revolución de los átomos, pues convergen, en la nanotecnología, la neurociencia, la robótica, la biotecnología, las tecnologías de información y comunicación y la inteligencia artificial. Por lo tanto, pueden identificarse oportunidades

“La impresión 3D es un buen ejemplo de cómo el modelo de autofabricación podría dar el relevo al modelo industrial, que ha predominado en los últimos 200 años” (futurizable.com, 2016)⁴.

Estas oportunidades y desafíos que se deben abordar primero desde la cultura, y luego desde allí ingresarlas a las instituciones de educación. Nos toca la primera responsabilidad, y que nosotros asumimos y formalizamos con nuestra formación de Ingenieros en Fabricación y Diseño Industrial.

Marco conceptual

Todo lo dicho refuerza nuestra urgencia de incorporar estas realidades a la formación de nuestros profesionales, más aún cuando por una parte, las definiciones de los empleos del futuro según la consulta a diversos autores declara que debe tratarse de “Captar nuevos talentos, crear mejores líderes y crear una organización competitiva” (Badia, E., 2015)⁵.

Entonces podemos avizorar que aparecerán *nuevas profesiones*, por lo tanto habrá mayor *competencia profesional*, la movilidad dirá *adiós al trabajo para toda la vida*, por lo que se desprende que personas con menor cualificación tendrán menores oportunidades, y esto exigirá *una mayor preparación* pues se requerirá una rápida adaptación a los cambios y avances tecnológicos, siendo que el teletrabajo u *online* llevo para quedarse, es decir que un conjunto de situaciones apuntan a que los nuevos profesionales deben responsabilizarse de las nuevas competencias que deben desarrollar como estudiantes.

Por otra parte, la brecha entre las habilidades que las personas aprenden y las habilidades que las personas necesitan es cada vez más obvia, ya que el aprendizaje tradicional no les proporciona a los estudiantes el conocimiento necesario, según el informe del Foro Económico Mundial. Este Informe enfatiza que los candidatos de hoy deben ser capaces de colaborar, comunicarse y resolver problemas, habilidades desarrolladas principalmente a través del aprendizaje social y emocional, las que combinadas con las habilidades tradicionales, cabe preguntarse *¿Qué nuevas habilidades se necesitarán?*: Se indica que los estudiantes requerirán de al menos 16 habilidades-competencias, todas englobadas en un necesario y continuo aprendizaje a lo largo de la vida *Lifelong Learning* de acuerdo a 3 categorías:

1. Alfabetización base: alfabetismo, aritmética, alfabetismo científico, alfabetismo en tics, alfabetismo financiero, alfabetismo cívico cultural.
2. Competencias: pensamiento crítico, creatividad, comunicación, colaboración.
3. Carácter: curiosidad, iniciativa, persistencia, adaptabilidad, liderazgo, conciencia social y cultural (Soffel, J., 2016)⁶.

En paralelo un segundo informe del Foro, *The Future of Jobs* (presentado durante la Reunión Anual 2016 en Davos), examinó la estrategia de empleo, habilidades y fuerza de trabajo para el futuro. Para ello preguntó a los principales jefes de recursos humanos y estrategia, de los principales empleadores mundiales *¿qué significan los cambios actuales?* específicamente para el empleo, las habilidades y el reclutamiento en las industrias. Este informe determinó que las principales habilidades-competencias que se requerirán para el año 2020 estarán relacionadas con los siguientes aspectos *“Resolución de problemas complejos, Pensamiento crítico, Creatividad, Gestión de personas, Coordinación con otros,*

Inteligencia Emocional, Juzgar y tomar de decisiones, Servicio de Orientación, Negociación y Flexibilidad cognitiva” (Soffel, J., 2016)⁷.

Dadas estas consideraciones, corresponde explicar los alcances de los elementos ya mostrados sobre industria 4.0, ya que apuntamos a relacionarla con las diferentes actividades de nuestros profesionales, y como estas nuevas tecnologías, deben estar dirigidas hacia el logro de esta conciencia ecológica que subyace en la Economía Circular. Primero el avance de la tecnología nos permite cada vez con mayor precisión validar proyectos, prototipos, productos, etc. a través del análisis computacional, el modelado y la virtualización de los procesos, con lo que sin dudas permite primero asegurar resultados por una parte, junto con la tan evidente disminución de recursos materiales y energéticos que conllevan. Esto es posible dada la cada vez mayor integración de *software* y el uso de los servicios de almacenamiento de nubes, que permiten la interacción de múltiples actores y tecnologías en pos del mejor resultado de lo propuesto.

Método

Esto es difícil de investigar, siendo que existe ausencia de datos y literatura específica en la región, de hecho, la mayor fuente de datos de referencia proviene de estudios internacionales, como el *Listado de publicaciones de Industria 4.0 por regiones Liao, Yongxin 2018* (Liao *et al.*, 2018). Más allá de esta circunstancia y dando por hecho que el desarrollo de estas tecnologías está democratizando cada vez más el acceso a nuevas tecnologías y por tanto manufactura aditiva, automatización de maquinaria, robotización de procesos, son cada vez también más reconocibles en la industria emergente, sin olvidar que los preceptos de la Economía Circular apuntan hacia una sustentabilidad y regenerabilidad del modelo. Si lo contrastamos con el tamaño de mercado en el que estamos inmersos, genera ventajas interesantes para considerar manufactura bajo demanda, con procesos de producción que no se alojen necesariamente en los tradicionales mecanismos de fabricación, sino que consideren las ventajas y características de por ejemplo manufactura aditiva, para prototipos o producción de baja escala, o por el diseño de módulos de fabricación robotizadas, que permitan flexibilidad de producción difícilmente entregadas por los sistemas tradicionales, el uso de materias primas sustentables, valorización de residuos, y reincorporación de estos a la cadena productiva, por definir algunos de los ejes temáticos a declarar para nuestro proceso formativo.

Si bien esto está basado en la experiencia profesional y la interpretación de las características de la Economía Circular, otros ya han desarrollado políticas y estrategias, que permiten caracterizar cada uno de los aspectos de la economía circular y sin duda sirven de partida para desarrollos locales. Por nuestra parte estamos comprometidos en un modelo que subyace en el principio rector de nuestra formación desarrollada hace ya 6 años que indicaba que nuestra cadena de valor va desde los materiales a los procesos de reciclado. Por esta nueva concepción de formación que integra todos los saberes y conocimientos en la espiral de la Economía Circular, y aprovechando los espacios que nos ofrecen hoy las nuevas tecnologías, desafíos tecnológicos impuestos y auto impuestos, es que delineamos para incorporar, asumir la Economía Circular en la formación de “Ingeniería en Fabri-

cación y Diseño Industrial” en un modelo enseñanza aprendizaje en constante cambio e implantación. Reforzamos nuestra convicción de que primero tenemos mucho para desarrollar en economía circular, en cada uno de los aspectos, más cuando economías como la nuestra tienen consideraciones competitivas diferentes, primero en la enseñanza de los diferentes tópicos alojados en nuevo paradigma de la industria 4.0. Esto ya está insinuado en la literatura sobre formación en ingeniería, pero aún está en fase de implantación y es nuestro deber a la luz de estos nuevos preceptos, colocarlos como pilares principales de formación.

Notas

1. Disponible en Chile en el carro de la cuarta revolución industrial. www.emol.com (29/11/17)
2. Disponible en Moguillansky y Echeverría, Alternativas de desarrollo para Chile desde la bioeconomía. Recuperado de <http://www.ecosistemasenred.com>
3. Disponible en Ostojic, 2016 “Industria 4.0, economía circular y la cuarta revolución industrial”. Recuperado de <http://circulatenews.org>.
4. Disponible en La Industria 4.0 será el final de la industria. Recuperado de <https://futuraizable.com/industria> (18/11/2016)
5. Disponible en Eraf Badía ¿Cómo será el empleo del futuro? <http://erafbadia.blogspot.cl> (15/3/2015)
6. Recuperado de Jenny Soffel World Economic Forum. What are the 21st-century skills every student needs? www.weforum.org (10/3/2016)
7. Recuperado de Jenny Soffel World Economic Forum. What are the 21st-century skills every student needs? www.weforum.org (10/3/2016)

Referencias*

- Ayala Riquelme, E.; Llanos Ortiz, M. & Oyarzun Cristi, A. (2018). Laboratorio de innovación como apoyo a la formación emprendedora estudiantes UNAP, Caso Práctico Economía Circular-Laboratory of Innovation as support for entrepreneurial training students of engineering UNAP, Practical case Circular Economy. *Revista Universitaria Ruta*, 19(2), 48-57. doi:<http://dx.doi.org/10.15433/ruta.v19i2.915>
- Liao, Y.; Loures, E. R.; Deschamps, F.; Brezinski, G. & Venâncio, A. (2018). The impact of the fourth industrial revolution: a cross- country/region comparison. *Production*, 28, e20180061. Epub January 15, 2018. <https://dx.doi.org/10.1590/0103-6513.20180061>
- Ramírez Hernández, V. (2014). *Integración del diseño para remanufactura en el ecodiseño* Integración del Diseño para Remanufactura en el Ecodiseño. 10.13140/RG.2.1.2595.3049.
- La calidad en la enseñanza de la ingeniería ante el siglo XXI. <https://books.google.cl/books?isbn=9681861329>
- Cradle to Cradle Product Design Challenge <https://www.c2ccertified.org/connect/design-challenge>

Desde la REP a la Economía Circular <http://www.chileresiduos.cl/articulos/desde-la-rep-a-la-economia-circular/ley-REP> <http://chilerecicla.gob.cl/>

Que es la economía y 28 ejemplos de uso circular. <http://www.decoopchile.cl/que-es-la-economia-circular-y-28-ejemplos-de-uso/>

La Remanufactura y la Economía Circular <http://www.remanufacturing.fr/es/paginas/principios-remanufactura.html>

(*) Las referencias incluyen algunos datos bibliográficos y links de consulta que no se han referenciado en el texto pero fueron parte del material consultado para el desarrollo del artículo.

Abstract: The formation of Engineers in *Manufacturing and Industrial Design* of our university has proposed to implement the precepts of the Circular Economy, in its network of studies and teaching model, in the logic of the opportunities and challenges that arise with the new trends and technologies, for example, production at limited scales, technology 4.0, the application of Eco Design, among others, evidencing the need to assume the Circular Economy, from the initial training in Design and Manufacturing specializations, oriented towards students that will become the change agents for sustainability, and the urgent evolution from consumer to user.

Keywords: Bioeconomics - Circular Economy - Design - Eco-Design - Regenerative Systems - Education.

Resumo: A formação de engenheiros em Fabricação e Design Industrial de nossa universidade propôs implantar os preceitos da Economia Circular, em seu currículo acadêmico, e modelo de ensino, na lógica das oportunidades e desafios que se apresentam com as novas tendências e tecnologias, por exemplo, produções a escalas limitadas, tecnologia 4.0, a aplicação do Eco Design, entre outras, evidenciando a necessidade de assumir à Economia Circular, desde a formação inicial em especialidades de Design e Fabricação, orientada até estudantes que serão os agentes de mudança para a sustentabilidade e a urgente evolução do consumidor a usuário.

Palavras chave: bioeconomia - economia circular - design - eco design - sistemas regenerativos - educação.
