
INGENIERÍA CONCURRENTE EN UN ENTORNO SOSTENIBLE

Concurrent engineering in a sustainable environment
Engenharia concorrente em um ambiente sustentável

Carles Riba Romeva¹ , Elena Blanco-Romero¹ 

¹ Centro de Diseño de Equipos Industriales, Universitat Politècnica de Catalunya.
Barcelona-España. Correo: carles.riba@upc.edu, blanco@cdei.upc.edu

Fecha de recepción: 23 de octubre de 2020.

Fecha de aceptación: 28 de octubre de 2020.

RESUMEN

INTRODUCCIÓN. Extensión de la ingeniería concurrente a entornos en los que se considera la sostenibilidad. **OBJETIVO.** Establece el marco conceptual y los cambios metodológicos que deben introducirse para su desarrollo. **MÉTODO.** La investigación se desarrolla bajo un enfoque mixto y bibliográfico. Se basa en el análisis de varios proyectos en entornos donde la sostenibilidad es esencial. **RESULTADOS.** Además de un marco conceptual para estos proyectos, el aspecto metodológico más destacado es la inclusión de una etapa previa en el ciclo de diseño de análisis del entorno. **DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.** Hoy día, la ingeniería concurrente, debe abarcar la sostenibilidad de los recursos naturales y de la propia vida humana.

Palabras claves: ingeniería concurrente, sostenibilidad, energía, recursos naturales.

ABSTRACT

INTRODUCTION. Extension of concurrent engineering to environments where sustainability is considered. **OBJECTIVE.** It establishes the conceptual framework and the methodological changes that must be introduced for its development. **METHOD.** The research is developed under a mixed and bibliographic approach. It is the result of analyzing various projects in environments where sustainability is essential. **RESULTS.** In addition to a conceptual framework for these projects, the most outstanding methodological aspect is the inclusion of a previous stage in the environment analysis design cycle. **DISCUSSION AND CONCLUSIONS.** Today, concurrent engineering must encompass the sustainability of natural resources and human life itself.

Keywords: concurrent engineering, sustainability, energy, natural resources.

RESUMO

INTRODUÇÃO. Extensão da engenharia simultânea para ambientes onde a sustentabilidade é considerada. **OBJETIVO.** Estabelece o quadro conceitual e as mudanças metodológicas que devem ser introduzidas para o seu desenvolvimento. **MÉTODO.** A pesquisa é desenvolvida sob uma abordagem mista e bibliográfica. É o resultado da análise de diversos projetos em ambientes onde a sustentabilidade é fundamental. **RESULTADOS.** Além de um arcabouço conceitual para esses projetos, o aspecto metodológico que mais se destaca é a inclusão de uma etapa prévia no ciclo de



Riba Romeva & Blanco-Romero. Ingeniería concurrente en un entorno sostenible.
Número Especial "IV Encuentro Internacional Ciencia, Tecnología e Innovación
Indoamérica 2020".
Julio-Diciembre de 2020



<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i4.337>

projeto de análise ambiental. **DISCUSSÃO E CONCLUSÕES.** Hoje, a engenharia simultânea deve abranger a sustentabilidade dos recursos naturais e da própria vida humana.

Palavras-chave: engenharia concorrente, sustentabilidade, energia, recursos naturais.

INTRODUCCIÓN

La incorporación progresiva de nuevas funciones en las máquinas ha sido una constante del desarrollo desde la Revolución Industrial. Si bien la primera automatización (denominada rígida) dependía de la estructura física de las máquinas, a partir de 1970 el control y la informática permiten iniciar una nueva automatización en base a programas (denominada flexible), inicialmente a través del control numérico y los robots industriales.

A pesar de algunos resultados espectaculares, pronto se percibió que la principal dificultad para avanzar en la automatización provenía del hecho de que muchos productos y servicios habían sido concebidos para procesos manuales, donde la enorme capacidad humana de adaptación resolvía las incidencias. Ello llevó en la década de 1980 a una nueva estrategia de concebir los productos para hacerlos fabricables. Este es el origen (y el primer paso) de la ingeniería concurrente para la función y la fabricación.

La ingeniería concurrente pronto mostró sus enormes potencialidades: sorprendía constatar logros en las prestaciones del producto o servicio y, a la vez, mejoras en su fabricación o implementación. Esta concurrencia fue extendiéndose a otras etapas del ciclo de vida (distribución, uso, servicio), abarcando nuevos aspectos (calidad, seguridad, usabilidad) y desarrollando nuevas metodologías, herramientas y formas organizativas [1].

Hoy día, la crisis de los fósiles y el cambio climático han puesto en un primer plano los problemas del entorno y de la sostenibilidad y la ingeniería concurrente debe ampliarse nuevamente para abarcarlos. Los apartados siguientes tratan esta relación desde cuatro enfoques distintos: los fósiles y la transición energética; los materiales y la economía circular; el entorno natural y la biodiversidad; y la sostenibilidad y el desarrollo humano.

SOSTENIBILIDAD Y FÓSILES: LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

El sistema energético mundial se basa en un 80% en combustibles fósiles, un 4% en uranio y el 16% restante en energías renovables. La proporción máxima de fuentes no renovables (fósiles y uranio) se produjo en 1973 (87%, prácticamente fósiles); desde entonces este porcentaje ha bajado ligeramente, si bien en valores absolutos el consumo de fósiles ha más que duplicado desde entonces (de 52.500 a 132.000 TWh el 2017).

La sostenibilidad del actual sistema energético está en entredicho a corto plazo por dos razones fundamentales: a) Los combustibles fósiles son recursos finitos; de no mediar cambios, Riba [2] estima que las reservas de petróleo se agotarán hacia 2045 y que las reservas conjuntas de fósiles y uranio lo harán en 2060; b) El uso (quema) de los combustibles fósiles lleva aparejadas indisolublemente emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero causantes del cambio climático.



Está por ver cuál va a ser el aspecto más determinante de esta doble crisis, si la escasez de recursos o los efectos climáticos. Por un lado, llegar simplemente al pico de la capacidad de extracción de un recurso ya tiene efectos determinantes sobre una economía concebida para crecer; por otro lado, limitar el aumento de la temperatura media de la Tierra a 1,5 °C respecto a la era preindustrial (acuerdos del COP21, París 2015), implica renunciar a usar una gran parte de las reservas de combustibles fósiles: según Ch. McGlade i P. Ekins [3], un tercio del petróleo, la mitad del gas y el 80% del carbón.

Las anteriores consideraciones requieren completar una transición energética a escala global hacia fuentes renovables en un horizonte no más allá de 2050. O sea, substituir unas fuentes energéticas concentradas extraídas bajo tierra (los fósiles) por otras fuentes menos concentradas captadas en superficie (hidráulica, solar térmica, solar fotovoltaica, eólica) con unas afectaciones territoriales muy importantes.

Cuando se descende a los requerimientos concretos en proyectos de ingeniería, se evidencia estos impactos territoriales. Transponiendo los resultados de Furró [4] de su estudio sobre la transición energética de Catalunya, el Ecuador requeriría unas 38.000 hectáreas de captación fotovoltaica equivalente para transformar su sistema energético en 100% renovable (algo más que la superficie de la ciudad de Quito o de Guayaquil); de ellas, menos de un 20% cubrirían las necesidades residenciales.

SOSTENIBILIDAD Y MATERIALES: LA ECONOMÍA CIRCULAR

Si bien la Tierra es un sistema abierto en relación a la energía (recibe la radiación solar y emite energía al espacio), es prácticamente un sistema cerrado en relación a la materia, siendo los materiales escasos tanto o más críticos que la energía, ya que no existen alternativas a corto plazo para obtenerlos del exterior de la Tierra.

Los materiales presentan diversas problemáticas: a) Futuro agotamiento: cobre, fosfatos, litio, platino, tierras raras; b) Materiales estratégicos escasos: tierras raras, metales preciosos o tungsteno, esenciales en aplicaciones como telefonía, informática y electrónica; c) Las pérdidas por difusión: plomo, mercurio; d) La contaminación que inducen en los medios: atmosfera, aguas, suelos; y e) Materiales cuya obtención exige un gran consumo de energía (por ejemplo, cada kg de aluminio primario requiere 59 kWh).

En un contexto sostenible, el uso de materiales debe enmarcarse en los siguientes principios: a) Aligerar los productos y alargar sus vidas; b) Desarrollar soluciones con materiales de bajo coste energético; c) Fomentar los segundos usos y el reciclaje; d) Evitar en lo posible las aleaciones, mezclas o amalgamas que dificultan o impiden el reciclaje; y e) Fomentar el concepto de economía circular que, a pesar de haber adquirido últimamente una gran relevancia, su implementación es compleja y aún está en los primeros balbuceos.

SOSTENIBILIDAD Y ENTORNO NATURAL: BIODIVERSIDAD

La vida y las actividades humanas forman parte de la biosfera. Y los seres vivos que formamos la biosfera (ser humano incluido) actuamos en sistemas ecológicos con estrechas interrelaciones en las que la modificación de una especie influye en el resto.



Los progresos científicos y técnicos de los últimos tiempos han dado frutos sin duda interesantes, pero la potencia de los artefactos y el crecimiento de las actividades que han hecho posible los combustibles fósiles han distanciado al ser humano del resto de los sistemas ecológicos, a la vez que han colisionado con la biodiversidad.

La transición energética a unas fuentes renovables –extensas e inagotables, pero menos concentradas– obliga a reconsiderar la relación del ser humano y sus actividades en relación a los sistemas ecológicos de los que forma parte. La ingeniería concurrente en un marco sostenible debe incorporar los siguientes cambios de tendencia: a) Terminar con la externalización de los impactos al medio ambiente (emisiones, contaminaciones); b) Reaprender a colaborar (sobre bases nuevas) con el resto de los seres vivos y los sistemas naturales; c) Evitar las pérdidas de biodiversidad y el agotamiento de recursos.

SOSTENIBILIDAD Y DESARROLLO HUMANO

Desde los inicios de la revolución industrial hasta hoy (de 1750 a 2017), la población mundial ha crecido 9,5 veces (de 790 a 7.530 millones de habitantes) y la energía 46,5 veces (de 3.500 a 162.500 TWh por año) por lo que la energía por cápita se ha multiplicado casi por 5. Además, los crecimientos se aceleran en las últimas décadas: tomando los periodos 1750-1945 (casi dos siglos) y 1745-2017 (72 años, algo más de 1/3 del anterior), en el primero la población crece 2,2 veces y la energía 6,3 mientras que, en el segundo, la población crece 3,0 veces y la energía 7,4.

La ingeniería concurrente en un entorno sostenible debe orientarse a cubrir las necesidades básicas de la población que sostienen la vida humana. Al hallarnos hoy día mucho más cerca del agotamiento de recursos naturales escasos, debe reconsiderar ciertos aspectos habituales del sistema productivo actual, como:

1. *La rapidez.* En general, como nuestra la termodinámica, el aumento de la velocidad conlleva una disminución de la eficiencia. Precisamente, la ingeniería es el arte de ponderar eficiencia y rapidez. En un nuevo contexto donde la captación de energía de fuentes renovables (menos intensivas que los fósiles) va a comportar un mayor esfuerzo y coste relativo, la nueva ingeniería concurrente sostenible deberá desplazar este equilibrio hacia la eficiencia en detrimento del aumento de la rapidez que impera hoy día.

2. *La obsolescencia.* Es la caída en desuso de productos y servicios debido a causas extrínsecas. Debe distinguirse entre: a) Obsolescencia impuesta, debida a leyes o normas que prohíben ciertos usos o materiales; b) Obsolescencia económica, cuando los consumos y los mantenimientos devienen excesivos; c) Obsolescencia técnica, al ser superados por productos y servicios mejores; d) Obsolescencia programada, cuando el fabricante introduce argucias para limitar el uso (en piezas, programas, o actualizaciones). La nueva ingeniería concurrente deberá limitar conceptos como un-solo-uso a casos excepcionales (como el sanitario) y fomentar la reparación y los segundos usos.

3. *La resiliencia.* Es la capacidad de las personas, colectivos u organizaciones para sobreponerse y adaptarse a momentos críticos. La humanidad avanza hacia una época en la que se incrementarán estas situaciones: a) Aumento de episodios climáticos extremos;



b) Encarecimiento del transporte; c) Abastecimientos de las megalópolis. La ingeniería concurrente deberá situar de nuevo la resiliencia en el centro de las decisiones [5].

INGENIERÍA CONCURRENTE Y SOSTENIBILIDAD

La visión integradora clásica de la ingeniería concurrente se centra en el ciclo de vida de los productos y servicios. Sin embargo, la crisis de los fósiles hace insoslayable profundizar en una visión de la ingeniería concurrente centrada en el entorno. La gran densidad energética de los combustibles ha facilitado un transporte de bajo coste y ha permitido soslayar muchas ineficiencias del sistema. Los nuevos recursos energéticos renovables, suficientes e inagotables, pero menos concentrados, inducen a replantear las actividades y los usos del territorio.

En su tesis doctoral sobre proyectos de tecnologías apropiadas (equipos) para comunidades en desarrollo, E. Blanco [6] centra la atención en la necesidad de conocer el entorno (natural y humano) del proyecto antes de definirlo y especificarlo. Para ello, antepone a las etapas tradicionales del ciclo de diseño (definición, concepto, materialización y detalle), una nueva etapa en la que se explora el contexto (natural y humano) donde va a operar el sistema que se diseña (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).



Figura 1. Secuencia básica de etapas de la metodología propuesta para el diseño en ingeniería concurrente

Este análisis previo del contexto contempla el estudio de factores básicos del entorno desde un punto de vista nuevo y crítico. En concreto, en base a los:

- Factores técnicos:** relacionados con el entorno tecnológico, las herramientas y las infraestructuras disponibles para su desarrollo y funcionamiento (suministros de energía y materiales; tecnologías de fabricación, servicios de transporte y mantenimiento, redes de telecomunicación, etc.)
- Factores ambientales:** los condicionantes del clima, la orografía, la fauna y la flora, los recursos naturales o los impactos ambientales que pueda generar el proyecto (emisiones, desperdicios, efectos sobre el paisaje, etc.)
- Factores humanos:** en primer lugar, el marco cultural, social, económico y político donde se inserte el proyecto; también, la formación y las capacidades de los operadores y los usuarios.

La ingeniería concurrente en un entorno sostenible debe incorporar la anterior extensión metodológica a fin de abarcar adecuadamente esta nueva complejidad. En la tesis citada se contempla determinaciones más precisas para su aplicación.

MÉTODO

Las propuestas metodológicas descritas fueron elaboradas por E. Blanco-Romero en su tesis doctoral [6], donde se exponen con mucho mayor detalle y extensión.

RESULTADOS

El resultado principal del presente trabajo es mostrar que la línea de integración propugnada por las sucesivas extensiones de la ingeniería concurrente, hoy día se concreta en la incorporación de los aspectos de entorno ambientales y de sostenibilidad de la vida humana. Esta nueva visión de la ingeniería concurrente debe apoyarse en una metodología y unas herramientas adecuadas como las desarrolladas por E. Blanco-Romero.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La ingeniería concurrente es un concepto integrador que considera los distintos aspectos y etapas del ciclo de vida de los productos y servicios desde el momento de ser concebidos y diseñados. Este fructífero enfoque iniciado en la década de 1980 ha ido ensanchando progresivamente su alcance con nuevos elementos y puntos de vista.

Por otra parte, los aspectos ambientales (especialmente el cambio climático) y de recursos (especialmente la energía y los materiales) son ya preocupaciones esenciales de la sociedad actual. El presente artículo propone incluir los aspectos de sostenibilidad como una nueva extensión de la ingeniería concurrente en base a la transición energética, la gestión de los materiales y la mitigación y los efectos del cambio climático.

Para poder tratar de forma adecuada estos nuevos requerimientos son necesarias nuevas herramientas metodológicas. En este sentido se propone introducir una etapa previa a la metodología tradicional del proceso de diseño donde se analice el contexto para un uso más sostenible de los recursos (físicos y humanos).

APORTE DEL ARTÍCULO EN LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Los aportes de este artículo son dobles: por un lado, la conceptualización de una nueva extensión de la ingeniería concurrente en un entorno sostenible; y por otro lado, proponer la modificación de la metodología de diseño tradicional consistente en la introducción de una etapa inicial de análisis del entorno.

DECLARACIÓN DE CONTRIBUCIÓN DE CADA AUTOR

Carles Riba aportó la visión de conjunto sobre la ingeniería concurrente en un entorno sostenible y Elena Blanco los elementos metodológicos para encauzar los proyectos bajo esta nueva visión, desarrollados en su tesis doctoral.




REFERENCIAS

- [1] C. Riba Romeva, Diseño concurrente. Edicions UPC (Politext 126), Barcelona, abril de 2002. <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.3/36754?locale-attribute=en>
- [2] C. Riba Romeva, Recursos energéticos y crisis. El fin de 200 años irrepetibles. Editorial Octaedro, Barcelona 2012. Original en catalán: Edicions UPC, Barcelona 2011. Disponible (catalán e inglés) en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/12972>;
<file:///C:/Users/user/Documents/Downloads/Energy%20resources%20and%20crisis.pdf>
- [3] Ch. McGlade & P. Ekins. The geographical distribution of fossil fuels unused when limiting global warming to 2 °C. Nature vol. 517, pages187–190, 2015.
<https://www.nature.com/articles/nature14016>.
- [4] E. Furró. Catalunya, aproximació a un model energètic sostenible. Editorial Octaedro, Barcelona, marzo de 2016.
- [5] J. M. Peiró et al. COVID-19: Rumbo a la empresa resiliente. Grupo de Trabajo Business Continuity, Enginyers de Catalunya, abril de 2020.
https://www.eic.cat/sites/default/files/Covid_19_Rumbo_empresa_resiliente_0520_V3.pdf
- [6] E. Blanco-Romero, Metodología de diseño de máquinas apropiadas para contextos de comunidades en desarrollo. Tesis doctoral, UPC, Institut Universitari de Recerca en Ciència i Tecnologies de la Sostenibilitat, 2018. <http://hdl.handle.net/2117/121027>

NOTA BIOGRÁFICA



Carles Riba Romeva. **ORCID iD**  <https://orcid.org/0000-0002-7979-387X>
Doctor Ingeniero (1976) por la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) y profesor emérito de esta universidad. Especializado en el diseño de equipos industriales, entre 1999 a 2017 ha sido el director del Centre de Disseny Industrials de la UPC y ha dirigido el máster Ingeniería Mecánica y Equipamiento Industrial (EMEI). Autor de numerosos artículos y libros, en 2011 escribió *Recursos energéticos y crisis. El fin de 200 años irrepetibles*, punto de partida de su preocupación actual sobre transición energética y cambio climático.





Elena Blanco Romero. **ORCID iD**  <https://orcid.org/0000-0002-0044-6921>
Doctora en Ingeniería Industrial (2018) por la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). Profesora de Ingeniería Mecánica en la misma universidad (desde 2011) y en el máster Ingeniería Mecánica y Equipamiento Industrial (EMEI). Actualmente es directora de proyectos en el Centro de Diseño de Equipos Industriales (CDEI-UPC). Acumula una experiencia de más de 15 años en el desarrollo de proyectos de diseño de máquinas, productos y equipamiento industrial.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

