

INGENIERÍA INVERSA COMO MÉTODO DE APRENDIZAJE Y AUTOGESTION DEL CONOCIMIENTO EN LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA.

M.Sc. Juan Manuel Rodríguez Grasso, M.Sc. Adolfo Torres Valhuerdi.

*Universidad de Matanzas – Sede “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca Km.3, Matanzas, Cuba.
juanm.rodriguez@umcc.cu.*

Resumen

La ingeniería inversa es un método ampliamente utilizado en la industria, que sigue la dirección de ir de lo general a lo particular, lo que no es común en el modo de pensamiento de los ingenieros, esto implica un gran ejercicio de pensamiento, el cual debe ser aplicado en la enseñanza de la ingeniería ya que involucra analizar un objeto profundamente y conocer la función, principio de funcionamiento, geometría, formas e interacciones y revertir lo aprendido para solucionar problemas y crear nuevos objetos que realicen la mismas funciones con más eficiencia, eficacia y racionalidad. Haciendo que el estudiante realice mediante diferentes formas la autogestión del conocimiento. El objetivo del presente trabajo es mostrar algunos de los motivos por lo que debe ser aplicado este método en la enseñanza universitaria en las carreras de ingeniería.

***Palabras claves:** Ingeniería Inversa; Enseñanza Universitaria; Autogestión del Conocimiento.*

La ingeniería inversa es una herramienta que es utilizada en la industria desde hace muchísimo tiempo, la misma ha sido desarrollada en diferentes ramas del conocimiento, Por ejemplo , en el caso de la química el análisis espectrográfico de los componentes que forman una sustancia (digamos un fármaco), puede utilizarse para formar una sustancia similar (Estrada J, Morales E), en computación es ampliamente utilizada la ingeniería inversa y gracias a ella tenemos en la actualidad los llamados software libres, en ingeniería mecánica también es ampliamente utilizado, al igual que en electrónica y mecatrónica. Por lo que sería de gran utilidad enseñar a nuestros estudiantes de estas especialidades los métodos de Ingeniería Inversa durante su formación profesional, máxime cuando en el Modelo del Profesional del nuevo Plan de Estudios E de la carrera de Ingeniería Mecánica se plantea,... El VI Congreso del Partido Comunista de Cuba celebrado en abril de 2011, aprobó los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución. El contenido de estos Lineamientos le exige a la educación superior realizar una revisión profunda de los programas de formación y desarrollo de los profesionales cubanos, en correspondencia con los nuevos escenarios y condiciones complejas que se vislumbran para las próximas décadas del siglo XXI. Estos análisis han traído como resultado el planteamiento de un conjunto de políticas para el perfeccionamiento del proceso de formación continua de los profesionales cubanos, una de las cuales expresa lo siguiente:

“Perfeccionar la formación de pregrado en carreras de perfil amplio, reenfocándolas hacia la solución de los problemas generales y frecuentes de la profesión en el eslabón base. Ello posibilita reducir la duración de las carreras a cuatro años”... (Plan E)

Para logra esta formación profesional en el tiempo establecido se tienen como uno de los componentes fundamentales en la concepción de los mismos la auto gestión del conocimiento por parte del estudiante.

Dentro de los modos de actuación transversales de este profesional cubano entre otras se encuentra (Plan E)

- Gestiona información, documentada o digital, en el ámbito de su especialidad, la organiza y la utiliza eficazmente de forma ética y legal para fines diverso, como base de aprendizaje autónomo a lo largo de la vida.
- Busca soluciones ante una situación, estableciendo un plan de actuación apropiado, mediante la gestión del conocimiento adquirido y de la información disponible.
- Capacidad de proponer y desarrollar soluciones que aporten valor añadido en proceso, productos o servicios.

Dentro de los modos de actuación específico: (Plan E).

- Participa en los procesos de transferencia tecnológica y se inserta en el desarrollo de la ciencia y la tecnología, a partir de una amplia formación en las ciencias naturales, las matemáticas, la informática, las ciencias sociales, las ciencias de la ingeniería y su auto superación.

Dentro de las principales funciones profesionales: (Plan E).

- Participar en los procesos de transferencia de tecnología, asimilando y comunicando eficientemente las propuestas y resultados de los proyectos desarrollados.
- Diseñar, construir e instalar partes y piezas de máquinas, equipos e instalaciones mecánicas.

Dentro de los objetivos generales: (Plan E).

- Desarrollar formas de pensamiento lógico, capacidades cognoscitivas y axiológicas que le permitan la aplicación de un enfoque ingenieril integral en la actividad laboral.
- Desarrollar conocimientos que permitan reconocer los fundamentos mecánicos que rigen la operación y el mantenimiento de máquinas dentro de los procesos generales y frecuentes en la generación de bienes y los servicios.

Teniendo en cuenta, que el 80% de las tareas de ingeniería en la industria aplican de forma directa o indirecta metodologías afines a la ingeniería Inversa y que la formación del ingeniero mecánico está dirigida a resolver problemas de la misma y para lograr cumplimentar todo lo anteriormente expresado en el Plan E en cuanto a la formación de dicho profesional, la aplicación de los Métodos de Ingeniería Inversa en la enseñanza del pregrado en nuestras universidades pueden ser de gran utilidad.

La implementación de la ingeniería inversa como estrategia de enseñanza ya ha sido aplicada en universidades (Torres, 2008), normalmente de ingeniería, para que los estudiantes comprueben todo tipo de teoría aprendida (Jiménez et al., 2010).

Ejemplo de ellos tenemos en cursos de diseño en ingeniería en la Universidad de Texas, el Instituto técnico de Massachusetts MIT, y la Academia de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, mostrando beneficios en cuanto a motivación al diseño y la innovación. (Wood et al 2001), como curso en el primer año de ingeniería (Wanamaker y Miller, 2012) y no solo a nivel universitario si no en el grado 12 a nivel de secundaria en los cursos de introducción a la ingeniería (White, 2011), donde se mostró como una herramienta para integrar conocimientos de Matemáticas, Ciencias y Tecnología.

También la escuela Colombiana de ingeniería ha implementado el uso de los métodos de ingeniería inversa en temas como transferencia de calor (Carrion et al., 2015). Y se han presentado trabajos en eventos sobre la metodología a emplear para la formación en la innovación

La universidad de mejicana en el estado de Sonora ha empleado las técnicas de ingeniería inversa en la enseñanza de la Metrología. Dimensional (Jiménez, E et al 2010), presentando los resultados en simposios y eventos.

En la Universidad de Matanzas también se ha realizado la aplicación de este método en la enseñanza de la asignatura de Dibujo Técnico en la carrera de ingeniería mecánica (Rodríguez J, 2018). Donde también se han presentado trabajos en el campo de la pedagogía.

Dentro de los objetivos fundamentales que se persiguen con el empleo de este método El modelo de educación en ingeniería CDIO en sus estándares de creación plantea que su objetivo es la formación de estudiantes capaces de: (CDIO Initiative, 2010)

1. Dominar un profundo conocimiento operativo de los fundamentos técnicos.
2. Ser líderes en la creación y operación de nuevos productos y sistemas.
3. Conocer la importancia y el valor estratégico de la investigación y del desarrollo tecnológico de la sociedad.

Dentro de las diferentes definiciones dadas a la ingeniería inversa uno de los aspectos a los cuales se le hace más hincapié es al proceso de descubrir los principios tecnológicos de un artículo o sistema mediante el llamado Razonamiento Abductivo.

Razonamiento Abductivo.

Es un tipo de razonamiento que a partir de la descripción de un hecho o fenómeno ofrece o llega a una hipótesis, la cual explica las posibles razones o motivos del hecho mediante las premisas obtenidas. (WIKIPEDIA) Charles Sanders Peirce la llama conjetura. Esta conjetura busca ser a primera vista la mejor explicación, o la más probable. Dicho de otra manera se toma un artículo y se hace un análisis profundo del mismo.

La ingeniería inversa también es considerada un producto de aprendizaje activo (ALP), los cuales son lecciones prácticas, demostraciones, objetos, herramientas multimedia. Proyectos cortos, tareas y actividades que ofrecen enfoques alternativos y material complementario a las clases típicas de libros de textos en las áreas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (Linsey et al., 2009).

La idea fundamental es comenzar a utilizar los métodos de ingeniería inversa en la enseñanza. Lo cual es diferente a la enseñanza tradicional, donde el proceso comienza siempre con la enseñanza de conceptos básicos, los cuales se van entrelazando para luego entender conceptos más complejos.

Mediante la aplicación de los métodos de ingeniería inversa, el estudiante descubre el mismo esos conceptos básicos, los cuales después ira entrelazando con los más complejos. El hecho de ir de lo general a lo particular, lo que no es común en el modo de pensamiento de los ingenieros, implica un gran ejercicio de pensamiento, esto hace que el estudiante desarrolle habilidades para la innovación y durante el desarrollo de la actividad ya sea por curiosidad o por necesidad de dar solución a las tareas propuestas realice una búsqueda del conocimiento.

La aplicación de los métodos de ingeniería inversa en la enseñanza de las ingenierías dan la posibilidad de realizar actividades prácticas de arme y desarme de artículos lo cual permite desarrollar en los estudiantes habilidades manuales muy deseadas después durante el ejercicio de la profesión, también permite aplicar el principio de aprender haciendo.

Entender de manera holística un producto de ingeniería, plantearse hipótesis, revisar los conceptos físicos y realizar experimentación para validar las hipótesis, y proponer nuevas mejoras sobre el diseño, construcción y operación del producto. Estas competencias son fundamentales en los futuros profesionales, para el desarrollo eficaz de las innovaciones requeridas en las empresas. . (Ramos D. 2013).

Existen diferentes propuestas de metodologías para la implementación de la ingeniería inversa en la docencia. Una de las más utilizadas para cursos de diseños es la de Otto y Wood propuestas en el trabajo Reverse Engineering and Redesign Methodology. (Otto y Wood 1998).

Esta metodología representa un proceso de 10 pasos, y es una recopilación de las más extendidas técnicas de diseño de ingeniería. Fig. 1.

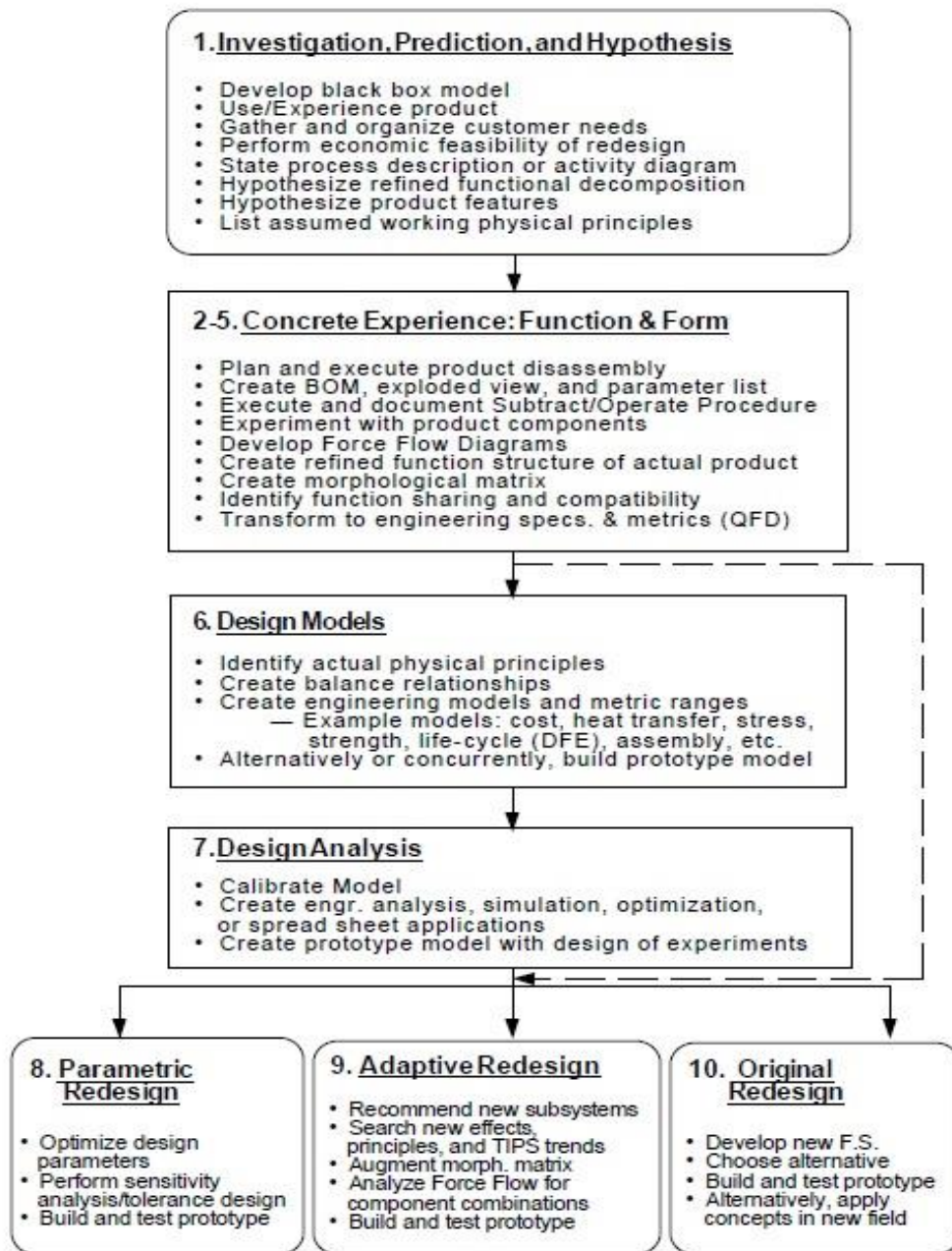


Fig.1 Metodología de ingeniería inversa y rediseño (fuente Leferver D. y Wood K.1996 Design for assembly techniques in reverse engineering and redesign. ASME Design Theory and Methodology Conference).

Esta metodología ha sido aplicada en las diferentes universidades de formas disímiles, modificando los pasos a seguir, o simplificando las acciones a realizar en cada uno de ellos, para adecuarlos a los objetivos que se persiguen en las actividades docentes, ya que no se puede olvidar que esta metodología esta originalmente dirigida al trabajo directo en la industria y no como método de enseñanza.

Esto hace que existan en la actualidad diferentes definiciones para el término de ingeniería inversa.

Como implementar en las universidades los métodos de ingeniería inversa en la enseñanza de las ingenierías.

- Los profesores deben interiorizar la necesidad de implementar esta metodología como una vía para desarrollar en los estudiantes el pensamiento innovador.
- Los estudiantes deben saber que el empleo de esta metodología los va a dotar de recursos y conocimientos que le permitan la autogestión del conocimiento y una mejor formación como profesionales.
- Desarrollar actividades donde se divulgue que es la ingeniería inversa, su alcance, sus objetivos y problemas legales y como ayuda al desarrollo del pensamiento ingenieril, al desarrollo de la industria y del país.
- Preparar actividades curriculares y extracurriculares donde los alumnos aplique los métodos de ingeniería inversa.
- Promover los resultados obtenidos en los fórum de ciencia y técnica a las diferentes instancias.
- Vincular a las empresas con la universidad en el desarrollo y aplicación de esta metodología, donde los estudiantes puedan dar solución a los problemas reales de la industria a corto y largo plazo mediante la realización de tareas extraclase, proyectos de cursos y tesis de grado.
- Desarrollar trabajos de investigación pedagógicos que permitan lograr una definición más exacta del concepto ingeniería inversa como método de enseñanza y definir los pasos a seguir para su aplicación.

Aplicar esta metodología no implica renunciar a lo establecido en los planes de estudio de las diferentes especialidades, sino ampliar el diapasón de posibilidades del ingeniero en formación, ya que el mismo sería capaz de trabajar la ingeniería en dos sentidos, que serían:
Fig. 2.

- De forma directa:

Dados un grupo de requisitos, realizar los cálculos y diseños, para implementar un producto final. Ya que esta es la vía para crear productos inexistentes hasta el momento.

- De forma inversa:

Dado un artículo hacer la disección del mismo, lo cual nos permitiría la recuperación del diseño gráfico y el reanálisis de los requisitos de diseño.

Y una vez realizada la ingeniería inversa realizar reingeniería, que no es más que:

La restructuración de los requisitos de diseño y la restructuración del diseño, para obtener un artículo restructurado, re documentado, con una implementación de resultados con un mínimo de coste y alta competitividad, es decir un producto mejorado e innovado y sin problemas legales. Fig. 1.

Por lo que se puede decir que la reingeniería consta de dos subprocesos la ingeniería de forma directa y la ingeniería inversa. Desarrollar ambas formas de pensamiento en los estudiantes los hará mucho mejor profesionales.

INGENIERÍA DIRECTA

REQUISITOS PREVIOS → DISEÑO → IMPLEMENTACIÓN DEL PRODUCTO

INGENIERÍA INVERSA

ANÁLISIS DE REQUISITOS DE DISEÑO ← RECUPERACION DEL DISEÑO GRAFICO ← PRODUCTO IMPLEMENTADO.

REINGENIERÍA.

REESRUCTURACION DE REQUISITOS DE DISEÑO → REESRUCTURACION DEL DISEÑO → REESTRUCTURACION DEL PRODUCTO REDOCUMENTACION
(IMPLEMENTACIÓN DERESULTADOS CON MÍNIMO COSTE Y ALTA CALIDAD)

Fig. 2.

Conclusiones.

Para cumplimentar lo planteado en los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución y en el documento del Ministerio de Educación Superior Plan E, la

posibilidad de implementar los métodos de ingeniería inversa en la enseñanza de las ingenierías, puede dotar a los estudiantes de modos de pensar diferentes que le permita dar solución a desiguales problemas dentro de su campo de actuación, ampliando considerablemente sus capacidades de análisis y síntesis y otorgándoles herramientas, habilidades manuales y conocimientos que les permitirán un mejor desempeño como futuros profesionales.

Recomendaciones.

Comenzar a desarrollar estudios pedagógicos dirigidos a implementar y generalizar la utilización los métodos de ingeniería inversa en la enseñanza, no solo en las universidades sino también en otros niveles de enseñanza, por las potencialidades del mismo para desarrollar los modos de pensar y las habilidades, ya que se aprende haciendo, lo que también fomenta el desarrollo de la curiosidad en los futuros profesionales.

Bibliografía

CARRION S.; MARTINEZ D; GIOVANNY E; *Aplicación de la Ingeniería Inversa a un problema de curso de transferencia de calor*. Revista Educación en Ingeniería ISSN 1900-8260 Julio a Diciembre de 2015, Vol. 10, N°. 20; PP1-11 © 2015 ACOFI Disponible en: <http://www.educacioneningeneria.org>.

CDIO Initiative. (2010). *Estandares CDIO v.2.0* (con rúbricas personalizadas). Disponible en: <http://www.cdio.org/files/syllabus/CDIOStandardsv2Spanish%202010.pdf> el 30 de mayo 2014.

ESTRADA J, TURRUBIANTE E. *Ingeniería inversa de Código*.

JIMÉNEZ, E. LUNA, A. GARCÍA, A. MARTÍNEZ, V. LUNA, G. DELFÍN, J. ARELLANO, L. *La ingeniería Inversa como metodología para potenciar la enseñanza de la Metrología*. Simposio de Metrología 27 al 29 de octubre México. 2010.

LEFEVER D; WOOD K.. *Design for assembly techniques in reverse engineering and redesign*. 1996. American Society of Mechanical Engineers (ASME), California. Disponible en: http://www.sutd.edu.sg/cmsresource/idc/papers/1996-_Design_for_Assembly_Techniques_in_Reverse_Engineering_and_Redesign-DFA_sop_force_flow.pdf.

LINSEY, J., TALLEY, A., JENSEN, D., Y WOOD, K. From Tootsie Rolls to Broken Bones: An Innovative Approach for Active Learning in Mechanics of Materials. *Advances in Engineering Education*, 1-23. 2009.

OTTO, K y WOOD, K. *Reverse engineering and redesign methodology. Research in Engineering Design*, 1998 p 226-243.

PLAN DE ESTUDIOS “E”. Carrera de Ingeniería Mecánica. Ministerio de Educación Superior 2018.

RAMOS D, *Uso de la ingeniería inversa como metodología de enseñanza en la formación para la innovación* World Engineering Education Forum (WEEF) Cartagena Colombia 2013. Disponible en: <http://www.acofipapers.org/index.php/acofipapers/2013/paper/viewFile/380/189>

RODRIGUEZ J. “*Aplicación de las técnicas de ingeniería inversa a la enseñanza del dibujo Técnico*” CD de Monografías, Universidad de Matanzas 2018.

TORRES G. *Ingeniería inversa: una herramienta para la iniciación al diseño*. V Congreso Bolivariano de Ingeniería Mecánica II Congreso Binacional de Ingeniería Mecánica 17-20 Junio 2008, Cúcuta, Colombia ISBN 978-958-44-3510-1. Disponible en: <http://www.utp.edu.co/~gtorres/VARDOCS/IngenieriaInversa.pdf>

WANAMAKER, T, y MILLER, C. *Implementing reverse Engineering Methodology into First Year Engineering Curricula from a Student Perspective*. 66th EDGED mid-Year Conference Proceedings (pág. 133). Galveston, Texas: Purdue University. 2012.

WHITE, P. *Introduction to Engineering: A Case Study of an Interdisciplinary Course in Mathematics, Science, and Technology*. Ontario: Faculty of Education, Brock University St. Catharines .2011.