

A Newton's cradle with five spheres. One sphere on the left is in motion, having just struck the others, as indicated by its blurred position and the motion lines. The other four spheres are stationary. The background is a solid orange color.

Física:

Produção de conhecimento
relevante e qualificado

Sabrina Passoni Maravieski
(Organizadora)

A Newton's cradle with five silver spheres hanging from thin wires against a dark grey background. The spheres are arranged in a line, with one on the left and two on the right. The lighting creates highlights and shadows on the spheres, giving them a three-dimensional appearance.

Física:

Produção de conhecimento
relevante e qualificado

Sabrina Passoni Maravieski
(Organizadora)

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Física: produção de conhecimento relevante e qualificado

Diagramação: Daphynny Pamplona
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadora: Sabrina Passoni Maravieski

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F537 Física: produção de conhecimento relevante e qualificado / Organizadora Sabrina Passoni Maravieski. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-924-7

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.247222402>

1. Física. I. Maravieski, Sabrina Passoni (Organizadora).
II. Título.

CDD 530

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

O presente livro “Física: Produção de conhecimento relevante e qualificado?” é uma obra que tem como foco principal a discussão científica por intermédio de trabalhos diversos que compõe seus capítulos. O volume aborda de forma categorizada algumas pesquisas que aplicam conceitos, teorias e equações da física tecnologias atuais e situações do cotidiano a fim de mostrar a importância da física nas diversas áreas.

Ao final da leitura, mesmo que aqui estejam reunidos apenas alguns temas, o leitor poderá concluir que de fato, estudos que envolvam tecnologias, são extremamente importantes para o entendimento de como as “coisas” funcionam. E que, é impossível não nos envolvermos com estudos científicos, caso nosso objetivo seja a compreensão daquilo que nos cerca e usamos diariamente.

O objetivo desta obra é apresentar ao leitor que as aulas de física para a geração atual podem se tornar mais interessantes, ou atrativas para os estudantes, com a introdução de metodologias de aprendizagem baseada em projetos, games e também, a engenharia reversa, a qual consiste em saber como as tecnologias funcionam. Desta forma, além de relevante, é possível contribuir para um ensino-aprendizagem mais fascinante tanto para o estudante, como para o docente; independentemente da idade do aluno e área de conhecimento.

Por outro lado, a qualidade dos artigos aqui publicados depende da maturidade intelecto científica individual do leitor, ou seja, se está habituado a fazer leitura e correções de artigos científicos de forma crítica, mas imparcial. Neste sentido, em 2009, Ulysses Paulino de Albuquerque publicou na revista *botânica.org* um artigo de opinião intitulado: “A qualidade das publicações científicas – considerações de um Editor de Área ao final do mandato”, no qual, o autor, faz uma reflexão em torno dos principais problemas técnicos e éticos observados durante a sua carreira como Editor. Logo, para melhor avaliar-se a qualidade dos artigos publicados, sugiro ao leitor, a leitura deste artigo, pois sabe-se que a ideia em um artigo pode ser boa, porém a forma como esta é colocada no papel, seguindo as normas científicas, é bem diferente.

No primeiro capítulo são apresentados dois artigos que abordam conceitos da física aplicados em áreas técnicas distintas como a de Radiodiagnóstico via Tomografia Computadorizada (TC) Transferência de Calor em fluidos. O primeiro tem como objetivo encontrar uma metodologia unificada para o controle de qualidade semanal em TC utilizando fantoma independente. Já o segundo artigo, trata-se de implementação e aperfeiçoamento do padrão nacional de condutividade térmica para fluidos simples. Como pode-se observar são artigos que tem a física como base na resolução ou melhoria de problemas reais tecnológicos e de engenharia.

No segundo capítulo são apresentados três artigos voltados para a área de ensino, nos quais trazem abordagens diferentes para se trabalhar com diferentes conteúdos da

base curricular nacional. No primeiro artigo trata do conteúdo de astronomia para o ensino fundamental em um estudo de caso, cujo objetivo foi identificar juntos aos discentes as suas análises e dificuldade quanto a esse conhecimento. No segundo artigo, os autores apresentam conceitos básicos de física nuclear, trabalhando-os de forma integrada através de um jogo de tabuleiro no estilo Super Ludo, em que o jogo tem como objetivo simular um acidente nuclear em uma usina onde um dos reatores entrou em colapso.

E finalmente, no terceiro artigo, os autores propõem que os estudantes de engenharia devem conhecer e gerenciar a trajetória das informações do produto que são produzidos por diversas ferramentas e métodos. Para isso, colocam em prática a metodologia Baseada em Projetos (ABP), pois acreditam que essa, é uma metodologia ativa que pode ser utilizada para que o aprendizado de engenharia, principalmente para conhecer e aplicar o conhecimento de Engenharia Reversa dentro da área de Metrologia Dimensional promove o trabalho em equipamentos e resolução de problemas reais.

Deste modo, esta obra visa contribuir para o docente de Física e demais áreas tecnológicas e de engenharia para o enriquecimento da sua prática, pois sabemos o quão importante é a divulgação científica, por isso evidenciamos também a estrutura da Atena Editora capaz de oferecer uma plataforma consolidada e confiável para estes pesquisadores exporem e divulguem seus resultados.

Sabrina Passoni Maravieski

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
APLICABILIDADE DE UMA METODOLOGIA PARA TESTES SEMANAIS DE CONTROLE DE QUALIDADE EM TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA	
Laura Larré Godolfim	
Maurício Anés	
Janine Hastenteufel Dias	
Mirko Salomón Alva Sánchez	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.2472224021	
CAPÍTULO 2	14
PATRÓN NACIONAL DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA PARA FLUIDOS SIMPLES CNM-PNE-20-2015	
Leonel Lira Cortés	
Saúl García Duarte	
Jesús Arce Landa	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.2472224022	
CAPÍTULO 3	29
ASTRONOMIA NO ENSINO FUNDAMENTAL: UM ESTUDO DE CASO NO INTERIOR DO PARÁ	
Bruno Medeiros Quaresma	
Rafael Costa Araújo	
Fernanda Carla Lima Ferreira	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.2472224023	
CAPÍTULO 4	38
GAME DE TABULEIRO PARA O ENSINO DE FÍSICA NUCLEAR	
Eduardo Toniolo Campos	
Marcelo Augusto Leigui de Oliveira	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.2472224024	
CAPÍTULO 5	47
LA INGENIERÍA INVERSA Y EL ABP COMO MEDIOS AUXILIARES PARA EL ESTUDIO Y EL APRENDIZAJE DE LA METROLOGÍA Y LA GENERACIÓN DE DUPLICADOS DE PARTES Y COMPONENTES	
Eusebio Jiménez López	
Gabriel Luna-Sandoval	
Mario Acosta Flores	
Juan José Delfín Vázquez	
Lilia Zulema Gaytán Martínez	
Baldomero Lucero Velázquez	
Luis Andrés García Velásquez	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.2472224025	
SOBRE A ORGANIZADORA	58
ÍNDICE REMISSIVO	59

LA INGENIERÍA INVERSA Y EL ABP COMO MEDIOS AUXILIARES PARA EL ESTUDIO Y EL APRENDIZAJE DE LA METROLOGÍA Y LA GENERACIÓN DE DUPLICADOS DE PARTES Y COMPONENTES

Data de aceite: 01/02/2022

Eusebio Jiménez López

Universidad Tecnológica del Sur de Sonora-
ULSA Noroeste- IIMM

Gabriel Luna-Sandoval

Universidad Estatal de Sonora

Mario Acosta Flores

Universidad Autónoma del Estado de Morelos

Juan José Delfín Vázquez

Instituto Tecnológico Superior de Cajeme

Lilia Zulema Gaytán Martínez

Universidad Tecnológica del Sur de Sonora

Baldomero Lucero Velázquez

Instituto Tecnológico Superior de Cajeme

Luis Andrés García Velásquez

Universidad La Salle Noroeste

RESUMEN: En este trabajo se presentan algunas consideraciones sobre la enseñanza de la Metrología Dimensional de partes y componentes tomando como eje los programas y procedimientos de la Ingeniería Inversa. La calidad de los diseños, rediseños y duplicados de productos está en función de la calidad con que se genera, procesa y utiliza la información geométrica, dimensional y de materiales. Por tal motivo, los alumnos de ingeniería deben conocer y manejar la trayectoria de la información de los productos que se genera por diversas herramientas y métodos, como es el caso de

la Ingeniería Inversa. El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) resulta ser una metodología activa que se puede usar para los aprendizajes de la ingeniería, en especial para conocer y aplicar conocimientos de la Ingeniería Inversa dentro del campo de la Metrología Dimensional, debido a que promueve el trabajo en equipo, el autoaprendizaje y la solución de problemas.

PALABRAS CLAVE: Aprendizaje, proyectos, metrología.

ABSTRACT: In this paper some considerations on the teaching of Dimensional Metrology of parts and components are presented, taking as an axis the programs and procedures of Reverse Engineering. The quality of product designs, redesigns, and duplicates is a function of the quality with which geometric, dimensional, and material information is generated, processed, and used. For this reason, engineering students must know and handle the trajectory of product information that is generated by various tools and methods, such as Reverse Engineering. Project Based Learning (PBL) turns out to be an active methodology that can be used for engineering learning, especially to know and apply knowledge of Reverse Engineering within the field of Dimensional Metrology, because it promotes work in team, self-study and problem solving.

KEYWORDS: Learning, projects, metrology.

1 | INTRODUCCIÓN

La enseñanza tradicional de la Metrología en general parte del uso de herramientas de medición tomando en consideración los

conceptos y las definiciones descritos en los libros de texto. Gran parte de su enseñanza se basa en las prácticas del buen medir y no en el proceso global en el que están inmersas las operaciones de medir. Esto hace que los alumnos desconozcan las trayectorias que recorre la información geométrica, dimensional y de manufactura y la importancia que tiene esta información en el diseño, rediseño y en los duplicados de partes, piezas, componentes y máquinas. Del mismo modo, la enseñanza de la Metrología ha seguido los pasos de un proceso centrado en el profesor, por lo que se promueve más su enseñanza que su aprendizaje activo. Debido a que durante décadas la Educación Basada en Competencias (EBC) se ha establecido en Latinoamérica como un enfoque moderno que promueve aquellas estrategias didácticas centradas en el alumno, se han establecido las metodologías activas como un medio auxiliar para impulsar los aprendizajes en los alumnos de ingeniería.

Para poder potenciar la enseñanza de la Metrología es necesario proponer nuevos métodos de estudio que permitan el análisis de las trayectorias de la información, como es el caso la Ingeniería Inversa (Jiménez et al. 2019) y acoplar metodologías activas (Isabel et al. 2018) como por ejemplo el Aprendizaje Basado en Proyectos (Alamri, 2021). Esta unión de métodos permitiría, por un lado, que los alumnos pueden conocer todo el contexto de la información que se extrae y se aplica de componentes físicos o virtuales (Planos de Fabricación) y no solo el uso de las herramientas de medición y, por otro lado, el APB promovería que los alumnos tomen los aprendizajes por sí mismos y que el profesor sea un facilitador y no el centro del conocimiento. De esta forma se lograría formar un ingeniero competente que pueda asimilar conocimientos (saber) y aplicarlos (saber hacer) mediante el trabajo en equipo (ser).

La Ingeniería Inversa se ha usado como método para motivar la enseñanza de la Metrología (Pinto, Ahrens y Schroeter, 2018), (Radharamanan 2004) y (Edinbarough 2020) y el diseño (Wood, Jensen, Bezdek y Otto, 2001). Sin embargo, los trabajos no presentan una sistematización que permita conocer la trayectoria de la información que se genera por medio de las mediciones. Jiménez et al. (2016) presentó una serie de métodos que se usan precisamente para determinar la trayectoria de las mediciones desde un contexto de la Ingeniería Inversa. En este trabajo se presentan una descripción más detallada de dichos métodos y una breve justificación para poder implementar el ABP en la enseñanza de la Metrología.

2 | ASPECTOS GENERALES DE LA INGENIERÍA INVERSA

En este apartado se describen algunas definiciones de la Ingeniería Inversa con el propósito de tener un marco de referencia. En general, no hay una única definición de la Ingeniería Inversa. Para Li et al., (2002) la Ingeniería Inversa es el proceso de medición, análisis y prueba con el cual se crea un modelo digital a partir de un objeto real que es idéntico al original. Para Eilam (2005), la Ingeniería Inversa es el proceso por medio del

cual se destruye una tecnología ya existente para extraer conocimiento de ella. Jiménez et al. (2019) define a la ingeniería inversa como sigue:

“La Ingeniería Inversa es la aplicación sistemática de un proceso analítico-sintético guiado con el que se pretende determinar las características, propiedades y/o funciones de un sistema una máquina o un producto o una parte de un componente o un subsistema. Su objetivo principal es determinar al menos un modelo o característica de un objeto o producto o sistema de referencia cuya información es limitada, incompleta o no existe”.

La definición descrita de la Ingeniería Inversa descrita por Jiménez et al. (2019), permite sistematizar dos tipos de estudios: los analíticos que buscan descomponer el objeto de estudio y los sintéticos que buscan conocerlo. Esto hace posible entonces el diseño de programas y procedimientos con dos enfoques: un conjunto de procedimientos que sean capaces de descomponer analíticamente al producto para conocer sus elementos primitivos y un conjunto de procedimientos relacionados con la síntesis y la guía de la información obtenida.

Por otro lado, existen diversas propuestas de aplicación de la Ingeniería Inversa de partes y componentes. Por ejemplo, Traband, Tillotson y Martin (1996) mencionan que las técnicas de la Ingeniería Inversa pueden utilizarse para crear modelos CAD (Computer Aided Design) de una pieza a partir de los datos detectados adquiridos mediante técnicas de digitalización de posición tridimensional (3-D). En el mismo esquema de la digitalización, Dúbravpík y Kender (2012) describen el clásico proceso de tomar el objeto de referencia, digitalizarlo y pasarlo a un modelo CAD, para posteriormente usar esa información y modelo en aplicaciones de impresión 3D. Jiménez et al. (2013) propone las siguientes fases a seguir en el proceso de la Ingeniería Inversa:

Fase 1: Conocimiento preliminar del objeto de referencia (A).

Fase 2: Diseño de un plan de investigación (P).

Fase 3: Aplicación del plan al objeto de referencia (P(A)).

Fase 4: Síntesis de la información generada por el plan, construir el modelo B y demostrar que B es equivalente a A.

Fase 5: Caracterización del modelo B.

Fase 6: Utilizar B para diversos fines.

La propuesta de fases de La ingeniería Inversa descrita por Jiménez et al. (2013), permite sistematizar en dos grandes procedimientos todo el proceso: 1) Uno general que implica las seis fases y 2) Uno particular: el diseño del plan de investigación. Se puede afirmar que las fases mencionadas anteriormente son generales, es decir, en todo proceso de la Ingeniería Inversa, debido a que no se conoce total o parcialmente el objeto de referencia A (pieza física, sistema, parte o componente de estudio), se requiere extraer la información ya sea manual o por un medio automatizado (por ejemplo, una Máquina de

Medición por Coordenadas), para posteriormente procesarla y representarla, y finalmente darle una aplicación. Sin embargo, la mayor parte de los procesos de la Ingeniería Inversa solo aplican hasta la fase 4), esto es, hasta que demuestran que el modelo B es equivalente al objeto A. Se debe aclarar que el modelo B no necesariamente es digital o información en hojas, este puede ser un producto físico, una pieza impresa o un sistema físico si se trata de una máquina. La caracterización del modelo B después de haberse probado la equivalencia con A es fundamental, ya que, que una vez que B haya cumplido su misión de representar al objeto A según la planeación de la fase 2), este puede ser posteriormente valorado y estudiado con más profundidad debido a que es más valioso que el propio A, para finalmente darle otra utilidad.

La fase 2) debe ser llevada a cabo con sumo cuidado debido a que los programas de investigación que se le van aplicar al objeto de referencia A deben ser cuidadosamente estudiados y seleccionados. Se deben responder las preguntas siguientes: ¿Cuántos programas se requieren? ¿Qué tipo de programas se necesitan? ¿Se cuentan con las herramientas y los instrumentos para los estudios? ¿Qué información se ocupa para decidir cuándo B es equivalente a A? ¿Qué tipo de conocimientos se requieren y con qué personal se cuenta para aplicar el programa de investigación? ¿Cuál es el tiempo de ejecución de los programas? ¿Qué costos se generarán por los estudios?, etc.

3 I PROCEDIMIENTOS DE LA INGENIERÍA INVERSA EN EL ANÁLISIS DIMENSIONAL, GEOMÉTRICO Y DE MATERIALES DE PARTES Y COMPONENTES

La definición y el proceso de la Ingeniería Inversa propuestas por Jiménez et al. (2019), se pueden utilizar para definir las trayectorias de la información geométrica y de manufactura de partes y componentes. El contexto en donde se aplica la Ingeniería Inversa es muy importante, ya que no es lo mismo una necesidad industrial que una académica o una necesidad de investigación. Jiménez et al. (2012) propusieron cinco procedimientos para extraer la información geométrica y dimensional de un objeto de referencia físico. Estos son:

- 1) Del análisis preliminar a la generación de primitivas.
- 2) De la selección de los aparatos de medición al proceso de calibración de los instrumentos.
- 3) Operación de medición.
- 4) Del análisis de los datos a la representación de la información (representación de datos estadísticos).
- 5) Validación de la información.

El primer procedimiento tiene como objetivo estudiar al objeto A de manera general

y contextual (procedencia, estado de la pieza, etc) y realizar un análisis preliminar las geometrías representadas por primitivas. El segundo procedimiento está relacionado con él o los aparatos de medición con los cuales se van a medir las primitivas y sobre todo con la verificación de la calibración del instrumento (describiendo las normas de calibración). El tercer procedimiento está relacionado con la operación de medir, esto es, con la secuencia de acciones que deben realizarse y las repeticiones (de acuerdo con una norma) que deben realizarse entre el instrumento de medición (calibrado) y la pieza (generación de la información dimensional). El cuarto procedimiento se refiere al proceso estadístico de la información obtenida (se procesan los estadísticos más elementales, como las medias o las dispersiones). Finalmente, el quinto procedimiento tiene por objetivo demostrar la validez de la información por medios lógicos o con métodos y estadísticos más especializados.

Los cinco procedimientos descritos anteriormente pueden ser aplicados en términos generales, tanto a procedimientos manuales (uso de vernieres, micrómetros, etc.), como a procedimientos automatizados en donde se usen Scanner o Máquinas de Medición por Coordenadas. Cada procedimiento tiene sus propios pasos y se aplican en forma secuencial. En este sentido la información geométrica (cualitativa) y dimensional (cuantitativa) obtenida al aplicar los procedimientos debe recibir un tratamiento metodológico, de contexto, normativo y estadístico. En el estudio de partes y componentes la Ingeniería Inversa debe de (Delfín et al. 2012):

- Obtener las propiedades geométricas y dimensionales de los componentes y,
- Determinar las propiedades (mecánicas, eléctricas, térmicas, durabilidad, resistencia a la corrosión, entre otras), así como las características micro estructurales de los materiales.

El requerimiento de esta información implica la propuesta de nuevos procedimientos orientados al estudio de los materiales y a la caracterización de los procesos de manufactura del objeto de referencia A:

- 6) Procedimiento para la identificación y caracterización de los materiales.
- 7) Procedimiento para identificación y caracterización de las operaciones de manufactura.

Para el procedimiento 6) se requiere definir qué tipo de propiedades se deben identificar de manera directa o de manera indirecta, esto es, por pruebas de laboratorio o por consulta de manuales. Las pruebas de dureza, la metalografía y la generación de las curvas esfuerzo-deformación son utilizadas generalmente para identificar propiedades mecánicas de los materiales de los que está constituido el objeto de referencia (generalmente son pruebas cualitativas). Delfín et al. (2012), realizaron un estudio mecánico a una pieza didáctica, en donde se obtuvieron: La dureza promedio en Brinell, la gráfica esfuerzo-deformación y el módulo de elasticidad, y una fotografía para hacer análisis metalográfico. El procedimiento 7) se refiere a la identificación de los procesos de manufactura en la pieza

origen, el cual se realiza generalmente de forma cualitativa bajo a la experiencia o bien por métodos de análisis superficiales. Este procedimiento da como resultado los tipos de operaciones de manufactura que se le hicieron a la pieza y las secuencias de operación, entre otra información.

Los cinco procedimientos usados para obtener la información geométrica y dimensional y los dos usados para tener la información de los materiales y procesos de manufactura, representan en general a dos familias generadoras de información en el diseño y la manufactura de partes y componentes. Esta información puede utilizarse para diversos propósitos que definen su trayectoria, por ejemplo, para generar modelos de primitivas de manufactura, planos de fabricación, información que alimenta a sistemas convencionales de maquinado o a sistemas automatizados como el CAD, CAM (Computer Aided Manufacturing), CAE (Computer Aided Engineering), RP (Rapid Prototype) CAPP (Computer Aided Process Planning). De hecho, la información geométrica, dimensional y de materiales es la base de los sistemas altamente automatizados como CIM (Computer Integrated Manufacturing).

Para el caso de la generación de planos de fabricación Jiménez et al. (2016), proponen dos procedimientos:

- 8) De la interpretación de la información validada a la generación de primitivas geométricas.
- 9) De las primitivas geométricas a la normalización de la información en planos de fabricación.

El procedimiento 8) parte del hecho de que la información geométrica, dimensional y de manufactura ya fue obtenida y validada, y su objetivo es generar primitivas geométricas de valor y primitivas de manufactura (representaciones combinan información geométrica y de manufactura). Este procedimiento une la información obtenida del objeto de referencia para generar representaciones funcionales con las cuales se pueden construir diversos modelos, como los planos de fabricación, modelos del producto, etc. El procedimiento 9) básicamente se refiere a generar planos de fabricación de la información sistematizada considerando todas las normatividades de dibujo y representación. Los planos de fabricación representan el corazón del diseño en términos de manufactura y debe ser generados tomando las consideraciones siguientes (Jiménez et al. 2019):

- 1) La información geométrica y no geométrica (de manufactura, costos, etc), debe ser clara y lo más explícita posible.
- 2) La información debe ser objetiva (Esencialidad, grado de importancia de la información, otros).
- 3) La información debe estar completa, finita y bien definida.
- 4) La información debe estar normada.
- 5) La información debe estar libre de vaguedades y ambigüedades.

Los planos de fabricación pueden representar un modelo B, ya que muchos proyectos de ingeniería requieren de los dibujos técnicos. Sin embargo, en general lo que se busca es generar un duplicado del objeto de referencia A y los planos de fabricación sirven para generarlos, por lo que es posible definir dos procedimientos más (Jiménez et al. 2016);

10) De la interpretación de los planos de fabricación a la generación del duplicado.

11) De la interpretación del duplicado a las pruebas de equivalencia.

El procedimiento 10) implica un proceso de interpretación de los planos de fabricación, el cual representa un desafío si es que no se tiene la experiencia de hacerlo. La información geométrica, dimensional, de materiales y de manufactura impresa en los planos de fabricación deben ser suficientes para generar un duplicado funcional el cual puede ser realizado mediante un proceso convencional (plano-máquinas convencionales) desarrollado una hoja de proceso o un proceso automatizado, esto es, usando una integración CAD/CAM o CAD/FP. Este procedimiento debe dar como resultado un duplicado real o virtual (B) del objeto de referencia (A). El procedimiento 11) implica probar si el duplicado cumple con las referencias, es decir, si B es un modelo representativo de A, o bien si B es equivalente a A. Definir las referencias para diseñar las equivalencias (de forma, de manufactura, de tolerancias, etc.) que determinan cuando B es un modelo representativo de A, es crucial para poder ponerle límites a la Ingeniería Inversa.

4 | ASPECTOS IMPORTANTES DE LA ENSEÑANZA DE LA METROLOGÍA

En la actualidad las áreas del conocimiento de la ingeniería se han especializado, en particular la Metrología Dimensional, por lo que es necesario discutir la pertinencia de seguir con los modelos de la enseñanza tradicionales o bien analizar si es necesario proponer un nuevo enfoque para estar acorde con las exigencias del mundo actual. Como bien se describió en la sección 3 de este trabajo, la información geométrica, dimensional, de materiales y de manufactura de piezas, partes y componentes sigue diversas trayectorias y toca muchas áreas del conocimiento, por lo que es necesario el trabajo en equipo en los alumnos, la promoción de competencias de investigación, un pensamiento crítico, capacidad de manejar información relevante y resolver problemas prácticos.

De acuerdo con Pinto, Ahrens y Schroeter (2018), la enseñanza de la ingeniería debe incluir un conjunto de experiencias de aprendizaje que permitan a los estudiantes construir un conocimiento conceptual profundo, desarrollar la capacidad de aplicar las habilidades técnicas y profesionales, y participar en auténticos proyectos de ingeniería. La Metrología Dimensional y sus aplicaciones trabaja verdaderos proyectos de ingeniería, tanto en las universidades, como en las industrias, por lo que es necesario promover el desarrollo de competencias. La Educación Basada en Competencias (EBC) es una metodología que se centra en dotar a los estudiantes de las habilidades que exigen las industrias y los evalúa en cuanto a lo que son capaces de hacer (Hernández de Menéndez y Morales,

2016). De acuerdo con (Sushchenko et al. 2020) la capacidad de utilizar la información y los conocimientos en la práctica debe formarse en los futuros especialistas durante el período de formación, por lo que la cuestión de la aplicación de la Educación Basada en la Competencia para los estudiantes como futuros especialistas es pertinente y oportuna.

La EBC utiliza diversos métodos para lograr sus objetivos, como por ejemplo las metodologías activas. La metodología activa es un concepto educativo que fomenta procesos de enseñanza-aprendizaje críticos-reflexivos, en los que los alumnos participan y se comprometen con su aprendizaje. El método propone la elaboración de situaciones didácticas que promuevan el pensamiento crítico de los alumnos respecto a la realidad; una reflexión sobre problemas que generen curiosidad y planteen retos; la provisión de recursos para la investigación de problemas y soluciones; la identificación y organización de las soluciones hipotéticas más adecuadas a la situación dada, y la aplicación de dichas soluciones (Díaz y Pereira, 2007). Las metodologías activas potencian el trabajo autónomo del estudiante, favoreciendo un mayor nivel de compromiso y responsabilidad, así como propicia el desarrollo de competencias para aprender a aprender (Rué, 2007). Se consideran dentro de estas metodologías las siguientes: Análisis de casos, Aprendizaje basado en problemas (ABPr), Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), Aula Invertida, Aprendizaje basado en equipos, Aprendizaje y Servicio (A+S), juego de roles, debates, entre otras (Silva y Maturana, 2017).

El ABP es una metodología activa que por sus características se apega más a la ingeniería y sus aplicaciones. El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) es un método de enseñanza basado en la indagación que involucra a los alumnos en la construcción de conocimientos haciendo que realicen proyectos significativos y desarrollen productos del mundo real (Krajcik y Shin, 2014). De hecho, el ABP se ha utilizado en la enseñanza de la Metrología y la Ingeniería Inversa (Pinto, Ahrens y Schroeter, 2018), Jiménez et al. (2019) promueve el uso del APB para la enseñanza de la Ingeniería Inversa, el diseño y la Metrología. Harris (2013) usa el ABP para la enseñanza práctica de la Metrología.

5 | DISCUSIÓN

La Metrología Dimensional juega un papel muy importante en el diseño, re-diseño de componentes y en la generación de duplicados. La asistencia de la ingeniería inversa a la Metrología permitió generar 11 procedimientos que, aplicados de manera sistemática, dan como resultado información confiable y duplicados reales y virtuales representativos útiles para las aplicaciones. Los primeros cinco procedimientos son claves en todo el proceso, debido a que se obtiene con ellos la información geométrica y dimensional de las piezas de referencia. Los procedimientos relacionados con la caracterización de materiales y operaciones de manufactura complementan la información no geométrica y, junto con los cinco primeros procedimientos, conforman la base para la generación de los planos de

fabricación y, estos a su vez, son usados para generar modelos de primitivas y duplicados. Aunque los 11 procedimientos no agotan toda la trayectoria de la información, si muestran a groso modo la cantidad de métodos, herramientas, teorías y procesos que deben aplicarse para el duplicado de partes y componentes.

Por otro lado, el reto, la complejidad, la multidisciplinaridad, el manejo y la administración de la información geométrica y de manufactura de partes y componentes, y la necesidad de dar formar un ingeniero actualizado acorde a las exigencias del mundo productivo, hace que deba considerarse un cambio en el enfoque educativo de la ingeniería, particularmente en aquellas ingenierías que están asociadas en el diseño, la manufactura y la producción de piezas. Este enfoque debe ser adecuado a los actuales enfoques como es la EBC y con estrategias didácticas activas como es el caso de ABP. El diseño y el re-diseño de partes y componentes requieren de la creación de conocimiento, investigación, reflexión, autoaprendizaje, trabajo en equipo, administración, contexto y aplicaciones prácticas, y dar soluciones reales, por lo que es necesaria la formación de competencias en los alumnos que les permitan dominar aquellos campos del saber necesarios para su desempeño profesional.

6 | CONCLUSIONES

En este trabajo se ha descrito la importancia que tiene el uso de la Ingeniería Inversa como método para conocer y sistematizar las trayectorias que sigue la información geométrica, dimensional, de materiales y de procesos de manufactura extraída y caracterizada de objetos de referencia, y al mismo tiempo, se ha discutido la necesidad de implementar las metodologías activas en la enseñanza de la Metrología. Las principales conclusiones se resumen a continuación:

El estudio de las trayectorias que sigue la información geométrica y no geométrica (de manufactura) obtenida mediante la aplicación de la Ingeniería Inversa de piezas, partes y componentes, es de suma importancia para las aplicaciones en diseño, re-diseño y la generación de duplicados, pues muestra que desde la recolección de la información hasta la generación de modelos representativos o duplicados existen diversas metodologías y procedimientos que se tienen que aplicar para lograr los objetivos deseados. Esta diversidad de métodos aplicados y la cantidad de información que se genera, producto de los procedimientos de la Ingeniería Inversa, exige que la formación de los ingenieros tome en cuenta métodos didácticos activos, como es el caso del Aprendizaje Basado en Proyectos, en el contexto de la Educación Basada en Competencias. Los 11 procedimientos descritos en este trabajo muestran tal solo uno de los muchos caminos que sigue la información obtenida de los procedimientos metrologógicos aplicados a piezas y componentes. Entre más sistematización exista en el estudio de la Metrología en términos de procedimientos, como los presentados en este trabajo, mayor será la oportunidad de aprendizaje de los

alumnos, pues podrán seguir paso a paso todo el proceso de la extracción, documentación y procesamiento de la información geométrica y no geométrica de partes y componentes. Se puede concluir que la Ingeniería Inversa es una metodología que auxilia a la Metrología y que es fundamental para el aprendizaje activo de la ingeniería.

REFERENCIAS

Alamri, M.M. (2021). Using Blended Project-Based Learning for Students' Behavioral Intention to Use and Academic Achievement in Higher Education. *Educ. Sci.* 2021, 11, 207. <https://doi.org/10.3390/educsci11050207>.

Diaz J, y Pereira AM. (2007). *Estratégias de ensino-aprendizagem*. 28ª ed. Petrópolis: Vozes.

Dúbravpík M y Kender S. (2012) Application of reverse engineering techniques in mechanics system services, *Procedia Engineering*, 48, pp. 96 – 104

Edinbarough I. (2020). Rapid manufacturing of Critical Industrial Parts: A Method based on Reverse Engineering, Rapid prototyping, and Coordinate Metrology. American Society for Engineering Education, ASEEs Virtual Conference. June 22-26.

Eilam, E. (2005). *Reversing: Secrets of Reverse Engineering* (2005) 3-4.

Harris, G. L. (2013), *Incorporating Adult Learning Methods and Project Based Learning in Laboratory Metrology Courses* Paper presented at 2013 ASEE Annual Conference & Exposition, Atlanta, Georgia. 10.18260/1-2--19742

Hernández de Menéndez M, y Morales R. (2016). Current Trends in Competency Based Education, *World Journal of Engineering and Technology*, 4, 193-199. doi: 10.4236/wjet.2016.43D023.

Isabel L, De la Torre T, Huelmo J, Llamazares, M. C, Ruiz E ; Prieto C, Palmero C, Jiménez A. (2018). Active methodologies and teaching performance: a necessary relationship in the field of education. 4th International Conference on Higher Education Advances (HEAd'18) Universitat Politècnica de Valencia, Valencia, DOI: <http://dx.doi.org/10.4995/HEAd18.2018.8134>

Jiménez E, Acosta M, Luna G, Lucero B, Delfín J.J. y Velásquez L.A. (2019). Reverse Engineering and Straightforward Design as Tools to Improve the Teaching of Mechanical Engineering. In: Abdulwahed M., Bouras A., Veillard L. (eds), *Industry Integrated Engineering and Computing Education*, Springer, Cham, pp. 93- 188.

Jiménez, E., García, L., Delfín, J., Lucero, B., & Martínez, V. (2016). Trayectoria de las mediciones de la ingeniería inversa de partes y componentes. Simposio de Metrología. CENAM. 19 al 23 de septiembre. Qro, Querétaro.

Jiménez E, Luna G, Uzeta C, García L, Ontiveros S, Martínez V, Lucero B, y Pérez P. (2013). Forward design process and reverse engineering considerations. In W. Aung et al. (Eds.), *iNEER special volume: Innovations 2013 – world innovations in engineering education and research* (pp. 197–207). Potomac: iNEER.

Jiménez E, García L, Longorio R, Luna A, Luna G, Martínez V, Delfin J. J, y Ontiveros S. (2012). Development procedures for the systematic measurement of parts and components, from an analytical programs of reverse engineering perspective. In *XII International Conference on Engineering and Technology Education* (pp. 37–41), March 11–14. Dili.

Krajcik, J. S., y Shin, N. (2014). Project-based learning. In R. K. Sawyer (Ed.). *The Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 275–297). (2nd ed.) . <https://doi.org/10.1017/CBO9781139519526.018>

Li, L., Schemenauer, X., Peng, Y. and Gu, P. (2002). A reverse engineering system for rapid manufacturing of complex objects, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Volume 18, Issue 1, 2002, pp. 53-67, ISSN 0736-5845, [http://dx.doi.org/10.1016/S0736-5845\(01\)00026-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0736-5845(01)00026-6).

Pinto T, Ahrens C, y Schroeter R. (2018). Project based learning for metrology education using reverse engineering, *XXII World Congress of the International Measurement Confederation (IMEKO 2018)*, doi:10.1088/1742-6596/1065/2/022003.

Radharamanan R. (2004). Design, Manufacturing, Measurement, and Reverse Engineering in Undergraduate Engineering Education, *ASEE Southeast Section Conference 2004*.

Wood K, Jensen D, Bezdek J, y Otto K. (2001). Reverse Engineering and Redesign: Courses to Incrementally and Systematically Teach Design. *Journal of Engineering Education*, pp. 363-374.

Rué, J. (2007). Enseñar en la universidad. El EEES como reto para la educación superior. Madrid, ES: Narcea.

Silva S, y Maturana D. (2017). Una propuesta de modelo para introducir metodologías activas en educación superior, *Innovación Educativa*, vol. 17, número 73, pp. 117-131.

Sushchenko O, Trunina I, Stryzhak O, y Sushchenko S. (2020). Implementing Competency-Based Education for the Engineering Specialties' Students, *2020 IEEE Problems of Automated Electrodrive. Theory and Practice (PAEP)*. DOI: 10.1109/PAEP49887.2020.9240850).

Traband M. T., Tillotson F. W., y Martin J. D. (1996). Reverse and reengineering in the DOD organic maintenance community: Current status and future direction," *Tech. Rep. 96-060, Appl. Res. Lab, Pennsylvania State Univ., University Park*.

SOBRE A ORGANIZADORA

SABRINA PASSONI MARAVIESKI - Possui graduação em Licenciatura em Física pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2010) e mestrado em PPG Ciências/ Física pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2013). Foi professora adjunta por oito anos e meio no Centro de Ensino Superior de Campos Gerais (CESCAGE) e atualmente é professora adjunta na Universidade do Norte do Paraná (UNOPAR-PG). Ministra as disciplinas de: Mecânica dos Fluidos I e II, Fenômenos de Transporte, Transferência de Calor e Massa, Hidráulica Aplicada, Mecânica Aplicada, Resistência dos Materiais, Eletricidade Básica e Unidades de Medidas, Física Atômica e Nuclear, Eletricidade e Magnetismo, Teoria Eletromagnética, Ressonância Magnética, Medicina Nuclear, Resistência dos Materiais, Mecânica dos Sólidos, Sistemas Hidráulicos e Pneumáticos, Termodinâmica (Engenharias e Tecnologia em Radiologia), Física das Radiações Ionizantes e Não Ionizantes (Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho) e Física e Instrumentação Aplicada a Engenharia Biomédica (Pós-Graduação em Imagenologia). Possui experiência com Ensino Médio e Fundamental (Física e Robótica). Possui experiência como professora conteudista e disciplinas em EAD.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aprendizagem 2, 31, 35, 36, 38, 46, 56

Astronomia 3, 4, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37

C

Ciências 1, 29, 30, 31, 37, 58

Conductividad térmica 4, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28

Controle de qualidade 2, 4, 1, 13

E

Ensino 2, 3, 29, 30, 31, 32, 35, 36, 37, 38, 39, 44, 46, 56, 58

ENSINO 4, 38

Ensino de física 4, 38, 46

F

Física nuclear 3, 4, 38, 39, 45, 46

Fluidos simples 2, 4, 14, 17, 28

J

Jogos 38

P

Puente de Wheatstone 14, 16, 17, 18, 19, 22, 26

R

Radiologia diagnóstica 1

T

Técnica del hilo caliente 14

Tomografía computadorizada 2, 4, 1, 13

Física:

Produção de conhecimento
relevante e qualificado

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Física:

Produção de conhecimento
relevante e qualificado

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br