



2019 10 al 13 de septiembre - Cartagena de Indias, Colombia

RETOS EN LA FORMACIÓN
DE INGENIEROS EN LA
ERA DIGITAL



CARACTERIZACIÓN DE LA COMPETENCIA PROFESIONAL DE UN CURSO DE DIBUJO MECÁNICO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE

**Mauricio Márquez Santos, Armando Elías Robledo Acosta, Beatriz Cardozo
Arrieta, Ricardo Alberto Chegwin Hillebrand**

**Universidad Autónoma del Caribe
Barranquilla, Colombia**

Resumen

El dibujo mecánico es una de las herramientas imprescindibles para el desempeño profesional de cualquier ingeniero ya que lo asienta para enfrentarse a problemas de diseño básico, de detalle y de ingeniería. Varios son los problemas que presentan estudiantes de ingeniería relacionados con la deficiencia al elaborar o interpretar un dibujo de naturaleza técnica. Por ejemplo, se ha detectado carencias al representar o interpretar gráficos en asignaturas como Mecanismos, Procesos de fabricación y Diseño de máquinas.

Si se revisa el concepto de competencia este parte de la articulación del desempeño de un individuo en un dominio particular de conocimiento (saber), poniendo en práctica ciertas habilidades (saber hacer) y ciertas actitudes (saber ser). La competencia profesional integra conocimiento, comprensión, habilidades y valores. El proceso de formación a través del cual los profesionales en ingeniería llegan a ser competentes generalmente incluye una combinación de educación formal, experiencia y entrenamiento posterior (conocido normalmente como desarrollo profesional).

Este trabajo propone caracterizar la competencia profesional del curso Dibujo Mecánico a partir de tres dimensiones relacionadas con las habilidades: dominio afectivo, dominio psicomotor y dominio cognitivo. En el dominio afectivo se incluyen actitudes, emociones y sentimientos. En el dominio psicomotor se incluyen las habilidades físicas relacionadas con el control de movimientos en múltiples tareas. Finalmente, el dominio cognitivo involucra el conocimiento, la comprensión y el pensamiento crítico en torno a un tema particular.

Palabras clave: gestión del conocimiento; calidad; educación superior

Abstract

The mechanical drawing is an essential tool for the professional performance of any engineer and for the task of facing basic design, detail and engineering problems. There are several problems that arise with engineering work related to the deficiency in the preparation or interpretation of a drawing of technical nature. For example, deficiencies have been detected in the representation or interpreting graphics in subjects such as Mechanisms, Manufacturing Processes and Machine Design.

If the concept of competence is revised, the part of the articulation of the performance of an individual in a domain of knowledge (saber), the examination in practice, certain skills (know-how) and certain attitudes (knowing how to be). Professional competence integrates knowledge, understanding, skills and values. The training process through which professionals in engineering translate into a relationship of formal education, experience and subsequent training.

This work proposes to characterize the professional competence of the Mechanical drawing course from three dimensions related to skills: affective domain, psychomotor domain and cognitive domain. In the affective domain, attitudes, emotions and feelings are included. In the psychomotor domain, physical abilities related to the control of movements in multiple tasks are included. Finally, the cognitive domain involves knowledge, understanding and critical thinking around a particular topic.

Keywords: knowledge management; quality; higher education

1. Introducción

El dibujo en la ingeniería, es una de las herramientas imprescindible para el desempeño profesional de cualquier ingeniero ya que fundamenta al profesional para enfrentarse a problemas de diseño básico, de detalle y de ingeniería. Su importancia radica en permitir la expresión de ideas por medio de líneas y marcas impresas sobre una superficie, de esta forma el dibujo es considerado un lenguaje gráfico en virtud que se vale de imágenes para comunicar pensamientos e ideas [1]. El ingeniero no debe limitarse entonces, a realizar un ejercicio de combinar formas para que tenga un sentido, sino que debe poseer la claridad, el entendimiento y la criticidad para integrar los conceptos, las normas y la técnica de modo que permita expresar lo mínimo a través de una representación gráfica. Como todo lenguaje, éste requiere de la apropiación de normas que deben conocerse y respetarse para que la comunicación no se vea afectada. [2]

Varios son los problemas que presentan estudiantes de ingeniería relacionados con la deficiencia al elaborar o interpretar un dibujo de naturaleza técnica. Por ejemplo, a través del desarrollo de comités curriculares se ha detectado carencias al representar o interpretar gráficos en asignaturas como Dibujo mecánico, Mecanismos, Procesos de fabricación y Diseño de máquinas. Las deficiencias más elocuentes son: utilización limitada de líneas (simétricas y ocultas), manejo

inadecuado de normas de acotado e insuficiencia en la representación de vistas de un objeto tridimensional o viceversa. El curso de *Dibujo mecánico* se encuentra situado en el segundo semestre del plan de estudio del Programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad Autónoma del Caribe, posee dos (2) créditos y tres (3) horas a la semana de clase presencial. El 65% de este tiempo es invertido en la capacitación y entrenamiento con el software de *Diseño Asistido por Computador (CAD)*, el resto (35%) es ocupado en lo que concierne al desarrollo de los contenidos de la asignatura, a la elaboración de dibujos, al seguimiento de trabajos y a la retroalimentación necesaria para cumplir con los objetivos propuestos de la clase.

Dentro del currículo del Programa de Ingeniería Mecánica, el curso de *Dibujo* garantiza el desarrollo de una competencia macro declarada como la *capacidad de aplicar el dibujo técnico utilizando la geometría, la teoría de proyecciones y manejo de software para garantizar una representación adecuada de piezas y estructuras con actitud responsable y honesta, acorde a normas internacionales (ISO y ANSI)*.

Al revisar el contenido programático del curso se destacan 3 unidades formativas: Fundamentos del dibujo, Construcciones geométricas y Representación de la forma. La tabla 1 describe con mayor precisión cada una de las unidades.

Tabla 1 Contenido del curso Dibujo mecánico

Unidades formativas Temas		Competencia
Fundamentos del dibujo	Formatos, líneas, letras, escalas.	Dibuja elementos de acuerdo a los principios básicos del dibujo técnico comunicando ideas básicas de ingeniería asumiendo una postura ética y responsable ante las normas ISO y ANSI.
Construcciones geométricas	Círculos, ángulos, polígonos, cuadriláteros, prismas, pirámides, sólidos de revolución.	Dibuja construcciones geométricas de corte ingeniería con el apoyo de procedimientos reconocidos, implementando un trabajo donde se resalten las virtudes de los individuos.
Representación de la forma	Vistas ortogonales e isométricos	Dibuja proyecciones de objetos en tres dimensiones y acota geometrías en dos y tres dimensiones de dibujo con calidad teniendo en cuenta que su aprendizaje debe ser ético.

Si se revisa el concepto de competencia este parte de la articulación del desempeño de un individuo en un dominio particular de conocimiento (saber), poniendo en práctica ciertas habilidades (saber hacer) y ciertas actitudes (saber ser). La competencia profesional integra conocimiento, comprensión, habilidades y valores. El proceso de formación a través del cual los profesionales en ingeniería llegan a ser competentes generalmente incluye una combinación de educación formal, experiencia y entrenamiento posterior (conocido normalmente como desarrollo profesional). Sin embargo, estos diferentes elementos no están separados ni son secuenciales y pueden no encontrarse en forma estructurada. [3]

Cuando una competencia se expresa en múltiples desempeños resulta práctico organizarlos según alguna propiedad en una taxonomía apropiada. Entre las distintas alternativas, en ingeniería se ha optado con frecuencia la *taxonomía de Bloom* [4]. Este autor propone tres grandes dimensiones en relación con las habilidades: dominio afectivo, dominio psicomotor y dominio cognitivo. En el dominio afectivo se incluyen actitudes, emociones y sentimientos. Aquí se definen cinco niveles (recibir, responder, valorar, organizar y caracterizar). En el dominio psicomotor se incluyen las habilidades físicas relacionadas con el control de movimientos en múltiples tareas. Finalmente, el dominio cognitivo involucra el conocimiento, la comprensión y el pensamiento crítico en torno a un tema particular. Aquí se definen 6 niveles:

- *Conocer*: ser capaz de recordar información, terminología, hechos específicos, clasificaciones, categorías, principios, leyes, teorías, entre otros.
- *Comprender*: ser capaz de organizar, comparar, describir, interpretar, proponer, extrapolar. En general, se refiere a encontrar sentido y significado a la información.
- *Aplicar*: ser capaz de resolver problemas aplicando conocimiento, información, técnicas, reglas, entre otros.
- *Analizar*: ser capaz de descomponer información en partes y encontrar la relación entre las mismas, identificar motivos, causas y evidencias que permitan sustentar generalizaciones.
- *Sintetizar*: ser capaz de compilar información en nuevos patrones o proponer soluciones alternativas.
- *Evaluar*: ser capaz de emitir juicios justificándolos, validar información e ideas.

2. Metodología

El procedimiento que se escogió fue el siguiente: elaboración de un cuestionario con preguntas referente a la temática del curso de *Dibujo*, selección de ocho (8) estudiantes de esta asignatura, específicamente del semestre académico 2018_02. Se seleccionó un cuestionario pues este es el instrumento más utilizado para recolectar información, consistente en un conjunto de preguntas respecto de una o más variables a medir [5]. Los alumnos se ofrecieron voluntariamente cuando el docente explicó de lo que trataba la experiencia, éste les dejó en claro que los resultados de las pruebas no tendrían que ver con la nota definitiva del curso. Estas pruebas fueron realizadas faltando una semana para finalizar el semestre, es decir cumplido con gran parte del contenido de la asignatura.

El cuestionario fue diseñado con un total de 12 preguntas, 2 por cada nivel cognitivo. Para elaborar los interrogantes hubo la necesidad de escoger temas específicos del contenido del curso, se decidió el tema de *Representación de la forma* por ser el de mayor profundidad y que de alguna forma incluyen los temas anteriores.

Lo primero que se estableció antes de elaborar las preguntas del cuestionario era su relación con el nivel cognitivo que se intentaba valorar, para esto se escogió una serie de verbos específicos que condujera al estudiante a responder de acuerdo a la altura exigida por la pregunta. En la tabla 2 se especifica los *verbos articuladores* con el nivel cognitivo de acuerdo a la *taxonomía de Bloom*.

Tabla 2 Verbos articuladores con niveles cognitivos

Nivel	Verbos
Conocimiento	Clasificar, distinguir, enumerar
Comprensión	Comparar, discutir, explicar
Aplicación	Demostrar, organizar, resolver
Análisis	Comparar, diferenciar, examinar
Síntesis	Clasificar, elaborar, diseñar
Evaluación	Argumentar, aprobar, criticar

Establecido los *verbos articuladores* se dio inicio al diseño del cuestionario, se revisaron evaluaciones propuestas por docentes de dibujo de semestres anteriores (con la venia de estos), y se elaboró un total de veinticuatro (24) preguntas de las que se escogió la mitad (dos por cada nivel cognitivo). La tabla 3 muestra el cuestionario final utilizado.

Tabla 3 Cuestionario

Nivel	Preguntas
Conocimiento	1. Enumere los diferentes tipos de líneas que se presentan en el sólido (5).
	2. Distingue qué vistas son ortogonales (principales) de las que se presentan en el cuestionario (1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10 y 11).
Comprensión	3. Compare entre las vistas laterales mostradas (1, 2, 3,4) e indique a cuál de ellas es la vista del sólido (5).
	4. Explique por qué razón la vista lateral (2) contiene líneas de trazo corto.
Aplicación	5. Demuestre con un ejemplo que es posible que un objeto posea su vista frontal y lateral exactamente iguales.
	6. Organice las siguientes vistas (6, 7, 8, 9, 10 y 11) de tal forma que sean las proyecciones adecuadas del sólido (12).
Análisis	7. Compare las vistas ortogonales mostradas (13) y el sólido (14), qué modificaciones habría que hacer al sólido para que las vistas (13) lo representen.
	8. Examine el sólido (15) de tal forma que descubra lo que incidiría las vistas ortogonales (16) si los agujeros de sección redonda se cambiaran por sección cuadrada.
Síntesis	9. Elabore a mano alzada las vistas ortogonales y auxiliares que diera a lugar para describir satisfactoriamente el sólido (17).
	10. Diseña un sólido a mano alzada cuya vista frontal ni superior contengan líneas de trazo corto, pero la lateral muestre la sección de un agujero.
Evaluación	11. Apruebas o desapruebas las informaciones que afirman que el surgimiento de software especializados en dibujo han desmotivado la práctica convencional (a lápiz y papel) del dibujo técnico.
	12. Argumenta sobre la conveniencia o no de tener varias normas técnicas, por ejemplo, en el caso de las vistas ortogonales, la norma ISO-A y la ISO-E.

Una vez gestionado el cuestionario por los ocho (8) estudiantes se procedió a valorar los resultados. Para esto se diseñó una escala de valoración de acuerdo al grado de claridad, precisión y profundidad de las respuestas. A continuación, en la tabla 4 se muestra la respectiva escala.

Tabla 4 Escala de valoración

Pregunta	10 puntos	5 puntos	2 puntos	0 punto
Valoración	Ejecutó la acción (verbo articulador) completamente (100%)	Ejecutó la acción (verbo articulador) parcialmente (99%-40%)	La ejecución de la acción (verbo articulador) es deficiente (39%-1%)	No ejecutó la acción (verbo articulador)

3. Resultados

Una vez contrastadas las respuestas de cada cuestionario con la escala de valoración preestablecida, los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes.

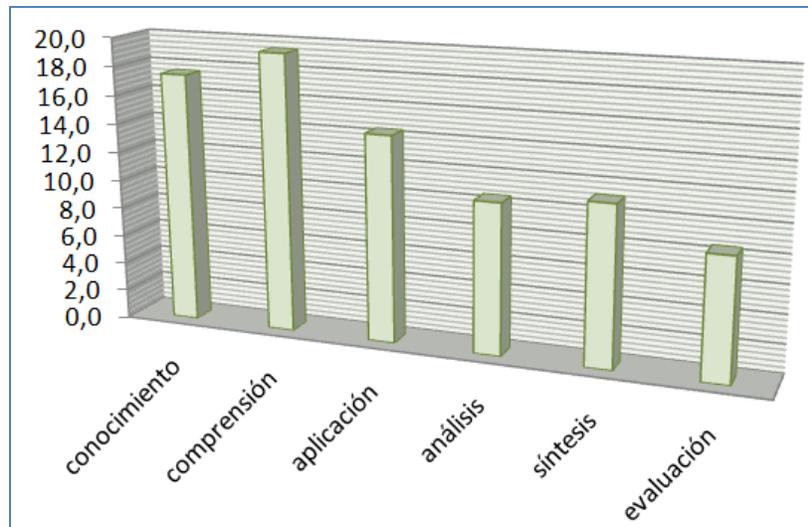
Tabla 5 Valoración de los cuestionarios por estudiante de acuerdo a cada nivel cognitivo

Estudiante	Conocimiento	Comprensión	Aplicación	Análisis	Síntesis	Evaluación
A	20*	20	15	12	10	7
B	15	15	15	10	15	7
C	20	20	10	12	10	7
D	20	20	20	7	7	10
E	20	20	15	12	15	10
F	10	20	10	7	7	10
G	20	20	15	12	10	7
H	15	20	15	12	15	10

*Cada nivel tiene dos preguntas por lo tanto 20 significa valoraciones de 10 para cada pregunta, 15 valoraciones de 10 en una pregunta y 5 en otra.

La figura 1 evidencia una tendencia decreciente en los resultados obtenidos por los estudiantes a medida que aumenta la complejidad de la pregunta cognitivamente hablando. Para las preguntas que requieren de análisis, síntesis y evaluación del pensamiento del estudiante, el desempeño de estos disminuyó con relación a los tres primeros niveles: conocimiento, comprensión y aplicación.

Figura 1 Desempeño de estudiantes de acuerdo a valoración de cuestionarios por nivel cognitivo



Al estructurar la información obtenida gracias a la evaluación de los cuestionarios se pueden realizar varios análisis a partir de la estadística descriptiva. Primero se realizará una distribución de frecuencia agrupando como categorías los puntajes obtenidos al valorar los cuestionarios. La tabla 6 describe estos resultados.

Tabla 6 Análisis estadístico de los resultados. (Categoría valoración)

Valoración	Frecuencia	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
20	13	27%	27%
15	11	23%	50%
12	5	10%	60%
10	11	23%	83%
7	8	17%	100%
5	0	0%	
2	0	0%	
0	0	0%	
Total	48	100%	

Se puede evidenciar que el 50% de las respuestas del grupo obtuvo una valoración alta (entre 15 y 20 puntos), sin embargo, la figura 1 demuestra que este tipo de calificación se concentró en las respuestas a las preguntas de los niveles de conocimiento, comprensión y aplicación.

La tabla 7 expresa el análisis estadístico de los resultados, pero categorizando los niveles cognitivos de la taxonomía de Bloom. Se observa, por ejemplo, que las valoraciones de las respuestas procedentes de las preguntas de los niveles de *análisis*, *síntesis* y *evaluación* obtuvieron los promedios más bajos. El nivel *evaluación* obtuvo el menor de los promedios y la menor dispersión lo que demuestra un deficiente dominio cognitivo de éste.

Tabla 7 Análisis estadístico de los resultados. (Categoría niveles cognitivos)

Nivel	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Conocimiento	8	10	20	8,8	3,78
Comprensión	8	10	20	9,1	3,72
Aplicación	8	10	20	7,2	3,20
Análisis	8	7	12	5,3	2,27
Síntesis	8	7	15	5,6	3,44
Evaluación	8	7	10	4,3	1,60

4. Conclusiones

Los resultados obtenidos a partir de las pruebas realizadas arrojaron las siguientes conclusiones:

- Queda en evidencia que el estudiante posee poca destreza al desempeñarse en niveles cognitivos que exigen un pensamiento más profundo y complejo. Lo anterior pone en entredicho la declaración de las competencias de cada unidad, la naturaleza del contenido y los tipos de evaluación utilizados.
- La forma cómo se evalúa al estudiante (tipos de preguntas) lo impulsa frecuentemente a desempeñarse en niveles básicos (conocimiento y comprensión) en donde no se exige cognitivamente. Lo anterior trae como consecuencia poca auto-regulación y capacidad de crítica necesarios para cultivar un pensamiento de calidad.
- Como resultado del estudio realizado y desde el punto de vista de la información obtenida se requiere revisar y replantear los objetivos y las competencias de este curso de forma que inspiren en la elaboración de estrategias pedagógicas, actividades, evaluaciones y recursos pertinentes que potencien la mente de los estudiantes en el sentido de utilizar con mayor eficiencia sus capacidades cognitivas.

5. Referencias

- [1] Jensen C. et al., Dibujo y diseño en ingeniería. Sexta edición, McGraw-Hill. México, pág 2, 2002.
- [2] Márquez Mauricio, Dibujo asistido por computador. Instituto Tecnológico de Soledad Atlántico, Soledad (Colombia), pág. 3, 2007.
- [3] UK Engineering Council, UK standard for professional engineering competence. 2003, UK Engineering council: Londres.
- [4] Bloom, B., B.B. Mesia, and D. Krathwohl, Taxonomy of Educational Objectives. 1964, New York: David McKay Company Inc.
- [5] Hernández Sampieri, Roberto et al., Metodología de la Investigación. Cuarta edición, McGraw-Hill. México, pág. 310 ,2006.

Sobre los autores

- **Mauricio Márquez Santos:** Ingeniero Mecánico, Especialista en Ingeniería de Procesos Industriales, Máster en Educación, estudiante de doctorado en Ciencias, mención: gerencia. Director de Programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad Autónoma del Caribe. mauricio.marquez45@uac.edu.co
- **Beatriz Cardozo Arrieta:** Ingeniera de Materiales, Especialista en Gestión ambiental, Magíster(c) en Ciencias ambientales. Directora Laboratorios. Universidad Autónoma del Caribe. beatriz.cardozo@uac.edu.co
- **Armando Robledo Acosta:** Ingeniero Mecánico, Especialista en Gerencia de producciones y operaciones, Magíster en Ingeniería Mecánica, Doctor en Ciencias, mención: gerencia. Decano Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma del Caribe. arobledo@uac.edu.co
- **Ricardo Alberto Chegwin Hillebrand:** Ingeniero Mecánico, Especialista en Gerencia de producción y operaciones, magíster en Sistemas de gestión. Docente de planta del Programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad Autónoma del Caribe. ricardo.chegwin@uac.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2019 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)