



Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOF 2014

Nuevos escenarios
en la enseñanza de la ingeniería

Cartagena de Indias, 7 al 10 de octubre de 2014
Centro de Convenciones Cartagena de Indias

INNOVACIÓN DESDE EL CURRÍCULO DE INGENIERÍA MECÁNICA

Heriberto Maury, Néstor Durango

Universidad del Norte
Barranquilla, Colombia

Resumen

El programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad del Norte prepara a los estudiantes para que sean innovadores en su ejercicio profesional. Este documento muestra las mejoras introducidas al currículo para afianzar las competencias de innovación y emprendimiento en los graduados del programa. Para lograr esta característica se modificó el plan de estudios aprovechando el programa institucional de modernización curricular y la oportunidad que se presenta dado que los profesores del departamento participan activamente en proyectos de mejoramiento de la competitividad de las empresas. El actual plan de estudios fomenta tanto la actitud como la capacidad de innovar del futuro ingeniero mediante el logro por parte del estudiante de las siguientes competencias: habilidad para diseñar y conducir experimentos; habilidad para diseñar un sistema que satisfaga una necesidad teniendo en cuenta restricciones reales; compromiso con su responsabilidad ética y profesional.

Palabras clave: innovación; currículo; competencias

Abstract

The Mechanical Engineering Program at Uninorte prepares students to be innovative in their professional practice. In this paper is presented the improvements included in the curriculum in order to achieve the innovation and entrepreneurship in the students, taking advantage of the institutional Curricular Modernization Program and also the strong interaction Faculty-Industry developing projects to increase enterprises' competitiveness. The current Plan of Study encourages both the attitude and the ability to innovate of the future engineer, through the student achievement of the following skills: ability to design and conduct experiments; ability to design a system that meets a need considering real constraints; commitment to their ethical and professional responsibility.

Keywords: innovation; curriculum; outcomes

1. Introducción

En el proceso de mejoramiento continuo del programa, el comité de currículo del programa definió que la innovación y el emprendimiento son dos competencias muy importantes en la formación del ingeniero. Razón por la cual se estableció que dichas capacidades debían ser medidas, evaluadas y analizadas en los procesos de autoevaluación para mejoramiento del programa. Como resultado de los procesos citados, se encontró que estas capacidades en los recién graduados no eran muy diferentes a los promedios de la división de ingenierías ni respecto a los observados a nivel nacional, a partir de mediciones indirectas. En consecuencia, con el fin de incrementar dichas competencias e incrementar el valor agregado en la

formación de los ingenieros en consideración a las necesidades del entorno, se emprendieron un conjunto de acciones que se detallan en este trabajo.

Se asumieron las siguientes premisas en el proceso de mejoramiento

1. La innovación en ingeniería es un proceso de mejoramiento en los productos y procesos de una empresa, lo cual conduce generalmente a la creación de riqueza con amplias implicaciones sociales. La innovación tecnológica es un cambio en el *saber cómo hacer, empleando un proceso sistémico* logrando mejoras incrementales o radicales.
2. En el ingeniero, la innovación es una forma de actuar como profesional. Es una actitud que lo identifica y que se puede encausar según los intereses de la empresa.
3. El currículo debe preparar al estudiante para que sea innovador desde cuando es un ingeniero recién graduado.
4. El plan de estudios debe incluir las bases de la innovación y el emprendimiento, el trabajo en equipos multidisciplinarios, haciendo consciente al estudiante de la importancia de la competitividad para las empresas.
5. Se puede acercar al estudiante a las actividades reales de las empresas a través de proyectos y diseños enfocados a mejorar aspectos detectados en la interacción del profesorado con las empresas mediante los proyectos de investigación y de consultoría.

Qué innovaciones se introdujeron en el programa de Ingeniería Mecánica

1. Se diseñó y se puso en práctica un plan de estudios formador, efectivo, flexible y actualizado, siguiendo los lineamientos del Programa de Modernización Curricular. Se introdujo la evaluación continua con realimentación en los cursos, así como la evaluación de las competencias definidas por ABET (SO a-k), a la vez que se elaboró un plan trianual para actualizar los objetivos del programa.
2. El plan de estudios fomenta en el estudiante las competencias que lo incentiven a innovar: habilidad para diseñar y conducir experimentos (SO b); habilidad para diseñar un sistema que satisfaga una necesidad teniendo en cuenta restricciones reales (SO c); compromiso con su responsabilidad ética y profesional (SO f).
3. El plan de estudios fomenta en el estudiante las competencias que lo capacitan para innovar: habilidad para interactuar en grupos multidisciplinarios (SO d); habilidad para formular y resolver problemas de ingeniería (SO e); habilidad para la comunicación efectiva (SO g); formación que le permita reconocer el impacto que producen las soluciones de ingeniería en el contexto (SO h); formación para comprometerse con el aprendizaje continuo (SO i).
4. Se diseñaron y se pusieron como obligatorias, asignaturas en las cuales los estudiantes realizan trabajos consistentes en la formulación de un problema, estudio de los antecedentes, formulación de condicionantes reales de la solución, establecimiento de criterios para escoger la mejor solución, especificaciones de la solución mediante un diseño conceptual y de detalles incluyendo consideraciones económicas. Los temas están relacionados con los trabajos que realizan los profesores para mejorar la competitividad de las empresas.

Estas innovaciones están representadas con colores en el diagrama de flujo del plan de estudios anexo al final del presente documento

2. Características incorporadas al plan de estudios

Siguiendo los lineamientos del programa de modernización curricular y teniendo en cuenta la globalización de la educación y de las profesiones, se diseñó un plan de estudios pertinente con la realidad del país, a la vez que permite la formación de estudiantes con capacidad innovadora. Algunas características del plan de estudios de ingeniería mecánica son:

Formador. Se distribuyeron asignaturas del área de humanidades y ciencias sociales a lo largo de la carrera. Se dispuso la formación en una segunda lengua. Se introdujeron dos asignaturas para la formación de las competencias comunicativas.

Efectivo. Se aplicó en el plan de estudios una adecuada relación entre la teoría y la práctica en los cursos. Se revisó y aplicó una secuencia pedagógica en las asignaturas: ciencias básicas, ciencias disciplinares aplicadas, ciclo profesional.

Flexible. Se incrementó la electividad: todos los cursos de formación humanística y social son electivos; se incluyeron asignaturas electivas en el ciclo profesional. Se fomentó la movilidad estudiantil a través de intercambios, programas paralelos y doble titulación. Se reglamentó la conexión del plan de estudio con los postgrados.

Actualizado. Siguiendo los lineamientos del programa de modernización curricular, se establecieron mecanismos para hacer los ajustes y modificaciones en el plan de estudios.

3. Mecanismo de evaluación y realimentación

Evaluación de los objetivos de los cursos. Se imprimió dinámica de revisión y ajuste de los *Syllabus*, para lo cual se hizo una revisión global de los objetivos específicos de los cursos, facilitando de esta manera su evaluación y haciendo efectiva la realimentación de los resultados (*assessments*).

Evaluación de competencias. Se aprovechó el proceso de acreditación internacional para establecer y *adoptar* las competencias del ingeniero mecánico recién graduado. Se elaboró un programa para la evaluación permanente de dichas competencias en las asignaturas y para la realimentación de los resultados en el plan de estudios. En cada asignatura del departamento se evalúan al menos dos competencias profesionales que sean afines con su carácter; de este modo cada competencia recibe dos o tres evaluaciones al año y la realimentación de la evaluación fluye y se difunde a través de todo el plan de estudios.

Definición y evaluación de objetivos. Se elaboró un plan para revisar periódicamente los objetivos del programa, convocando a un grupo focal con representantes de los estamentos internos y externos.

4. Requisitos para la innovación

Entendiendo que la innovación en ingeniería consiste en modificar creativamente un proceso o sistema con el propósito de optimizarlo y mejorar de este modo la competitividad de una empresa, se comprende que el rol del ingeniero en el proceso de innovación tiene que ser activo y eficaz. Es decir, el ingeniero debe: (1) tener una actitud positiva ante un proceso de innovación; (2) tener la capacidad suficiente para emprenderlo, y (3) tener los conocimientos necesarios para realizarlo.

La actitud positiva frente a la innovación se incentiva en el estudiante mediante actividades que fomenten en él las siguientes competencias:

Habilidad para diseñar y conducir experimentos. En el plan de estudios se brindan espacios donde la teoría se puede verificar con experimentos o con simulaciones; el estudiante debe diseñar y documentar experiencias realizables que le ayuden a comprender los supuestos teóricos; de esa manera se enfrenta a un problema abierto, con múltiples alternativas que él debe plantearse, y escoger la que pueda llevar a cabo con los recursos de que dispone. Se le motiva para que ponga en práctica su creatividad y su eficacia.

Habilidad para diseñar. En el plan de estudios del programa se han dispuesto asignaturas en las cuales el estudiante debe diseñar un sistema que satisfaga una necesidad teniendo en cuenta restricciones reales. A medida que avanza en la carrera los diseños son más elaborados, tienen mayores alcances y son de más exigencia en cuanto al manejo de restricciones y normas. Son situaciones reales donde el estudiante es retado a plantear y evaluar múltiples soluciones, para lo cual debe revisar sistémicamente situaciones previas análogas y la teoría complementaria, así como también el estudiante debe establecer criterios de evaluación pertinentes, todo lo cual estimula su creatividad y su espíritu pragmático.

Compromiso con su responsabilidad ética y profesional. A la par con la búsqueda de la mejor solución, las actividades que realiza el estudiante en los cursos de diseño, lo llevan a considerar la normativa técnica y de protección ambiental, así como a ser consciente de las implicaciones sociales de sus decisiones y desarrollos; además, en otras asignaturas se le presentan al estudiante casos con dilemas relacionados con el actuar del ingeniero que lo obligan a reflexionar sobre aspectos éticos de su ejercicio profesional. Estas situaciones propician el análisis de alternativas incentivando su espíritu investigativo.

5. Competencias que capacitan para innovar

La capacidad para emprender procesos de innovación se desarrolla en el estudiante mediante actividades que fomentan en él las siguientes competencias:

Habilidad para interactuar en equipos multidisciplinarios. En el plan de estudios existen cursos en los cuales se asignan tareas de indagación bibliográfica y realización de trabajos de análisis y evaluación desarrollados por grupos de estudiantes de diferentes disciplinas, lo cual brinda la oportunidad para que el estudiante se ejercite y aprenda a trabajar en equipo, lo cual es un requisito para la realización de procesos de innovación en ingeniería.

Habilidad para formular y resolver problemas de ingeniería. En los primeros cursos del ciclo profesional (Termodinámica II, Diseño de Máquinas, Mecánica de Fluidos) se le pide al estudiante que resuelva problemas formulados a partir de la experiencia del profesor en sus proyectos con empresas. Estos problemas están provistos de situaciones cargadas de restricciones y de limitaciones propias de la realidad de la empresa; el proceso de búsqueda de la solución apropiada los enfrenta a retos mayores, fomentando en el estudiante su capacidad de innovación.

Habilidad para la comunicación efectiva. En los dos cursos de Competencias Comunicativas se dan al estudiante estrategias para mejorar su comunicación oral y escrita efectiva. Además, en los cursos que incluyen trabajos de diseño y proyectos se pide al estudiante que escriba y exponga el resultado de su trabajo. Estas actividades fomentan la capacidad de expresión oral y escrita del estudiante, habilidad que es fundamental para el éxito en un proceso de innovación.

Formación que le permita reconocer el impacto que producen las soluciones de ingeniería en el contexto. En los trabajos basados en diseño se ponen restricciones de tipo económico y ambiental los cuales deben ser tenidos en cuenta al evaluar las alternativas de solución. Con este ejercicio el estudiante aprende a limitar con la realidad las ideas creativas que generó en la etapa de planteamiento de alternativas, es decir, se aproxima al concepto de innovación.

Formación que le permita reconocer el impacto que producen las soluciones de ingeniería en el contexto. En los trabajos basados en diseño se ponen restricciones de tipo económico y ambiental los cuales deben ser tenidos en cuenta al evaluar las alternativas de solución. Con este ejercicio el estudiante aprende a limitar con la realidad las ideas creativas que generó en la etapa de planteamiento de alternativas, es decir, se aproxima al concepto de innovación.

Formación para comprometerse con el aprendizaje continuo. A través del planteamiento y asignación de problemas de Ingeniería y de actualidad, que requieren para su solución conocimientos no desarrollados en el plan de estudios, se hace consciente al estudiante de la importancia del auto aprendizaje y de la educación para afrontar y resolver con éxito nuevos problemas y consecuentemente para lograr un desempeño profesional exitoso

6. Actividades de innovación

Para aprender a innovar se requiere aplicar la innovación en los cursos con componentes de diseño y proyectos que el estudiante toma a medida que avanza en el plan de estudios (Diseño de Sistemas Mecánicos, Diseño de Sistemas Termofluidos, Proyectos de Investigación, Proyecto Final), mediante actividades, como las siguientes, que fomentan simultáneamente otras competencias:

Formulación de problemas de ingeniería. En las asignaturas del plan de estudios en las cuales se realizan diseños y proyectos, se presentan al estudiante situaciones no deseadas observadas por el profesor en los trabajos y proyectos que realiza, con el ánimo de encontrarles solución que mejoren la competitividad de las empresas. En una primera fase del diseño o proyecto, el estudiante se documenta acerca de los procesos realizados en la empresa relacionados con la situación no deseada, y por comparación con el funcionamiento ideal, debe formular el problema en términos de ingeniería. Esta actividad requiere que el estudiante plantee el problema de diferentes maneras, hacerle ajustes, hasta llegar a la formulación que mejor se identifique con la situación en estudio. Esto mismo se hace en la primera fase de un proceso de innovación.

Estudio de antecedentes. Para encontrar la mejor solución del problema es necesario estudiar el estado del arte para proponer y modelar las soluciones y los procesos con el soporte teórico adecuado. Al momento de cursar la asignatura de diseño o proyecto, el estudiante tiene los conocimientos suficientes para buscar la información apropiada y pertinente al caso que lo ocupa. Además de acopiarla, se debe clasificar y procesar la información de manera que converja hacia posibles soluciones, tal y como se haría en un proceso sistémico de innovación.

Formulación de condicionantes reales de solución. La formulación del problema y el estudio del estado del arte aproxima al estudiante a la realidad del entorno, lo cual le permite considerar en la solución de un problema, los condicionantes reales ya sean de ingeniería, económicos, ambientales o sociales. Estas restricciones reales se van incrementando en los cursos de diseño y de proyectos del plan de estudios capacitando al estudiante para realizar actividades de innovación en las empresas.

Establecimiento de criterios de evaluación. En su conjunto, los criterios de evaluación permiten escoger la solución más apropiada, y de paso, la que más le conviene a la empresa para mejorar su competitividad. Desde esta perspectiva, el estudiante está ejercitando la innovación en el momento que usa sus conocimientos y su juicio para establecer y valorar todos los criterios de evaluación de alternativas en un diseño o proyecto o en la solución de un problema de ingeniería. También se orienta al estudiante en el aprendizaje de métodos de evaluación y de tomas de decisión multi-criterio.

Especificaciones de la solución. Especificar la solución implica acotar las modificaciones o cambios que se deben realizar; esto permite comparar la mejora propuesta con la de otras alternativas de solución parecidas (observar y analizar tendencias de mejora en el área de respuesta). Detectar que hay un incremento en la mejora a partir de especificar la solución significa hacer un ejercicio de innovación.

Diseño conceptual y de detalles. La realización del diseño conceptual y de detalles es la culminación del proceso de hallar una solución a una situación que se debe cambiar. Si la solución es óptima y mejora la competitividad de la empresa, el diseño es la puesta en práctica de una innovación.

Comunicación de la solución. Un buen diseño necesita ser debidamente documentado, de manera que pueda ser interpretado y realizado cabalmente. Por tanto, culminar un diseño con una acertada documentación implica ejercitarlo en las técnicas de la innovación.

7. Conclusión

Sobre la premisa de que la innovación es una competencia que se puede formar y que se fortalece con la práctica, los profesores de la Universidad del Norte modificaron el plan de estudios del programa ingeniería mecánica para formar ingenieros innovadores en su ejercicio profesional; asumieron que la innovación como competencia implica actitud positiva para proponer y para realizar cambios en las actividades que mejoren la competitividad de la empresa. Que las modificaciones al plan de estudios fueron acertadas, se evidencia porque como resultado de los cambios, se produjo una mejora significativa de una desviación típica en los resultados promedios obtenidos en la habilidad de diseñar, comunicar y de trabajar en equipo de los graduados, habilidades estrechamente ligadas con las capacidades de innovar y de emprender.

8. Referencias

Artículos sobre innovación en ingeniería

- Valencia, D. (2010). Crisis y Futuro de la Ingeniería. Ingeniería y Sociedad, Universidad de Antioquía. Vol. 1
- Kwabena and Sunjarhata (2000), Innovations in Freshman Mechanical Engineering Curriculum at New Jersey Institute of Technology. International Journal of Engineering Education. Vol. 16, No.5, p. 457

Libros

- La Formación Básica en la Universidad del Norte, ediciones Uninorte, 2007 Documento de Acreditación Internacional de la Universidad del Norte

Fuentes electrónicas

- Embedding Creativity and Innovation in the Engineering Curriculum, Professor Dennis McKeag - <http://www.sefi.be/wp-content/abstracts/1260.pdf>

Sobre los Autores

- **Heriberto Maury:** Ingeniero Mecánico, PhD de la Universidad de Catalunya, investigador del Grupo GIMYP. Profesor TC adscrito al Departamento Ingeniería Mecánica de la Universidad del Norte, hmaury@uninorte.edu.co. Director de Dpto. de Ingeniería Mecánica de 2008-2012
- **Néstor Durango:** Ing. Mecánico, MsC en Generación de Energía, Universidad del Valle. Investigador Grupo UREMA. Profesor TC, Departamento Ingeniería Mecánica Universidad del Norte, ndurango@uninorte.edu.co. Coordinador de programa Ingeniería Mecánica 2002-2010.

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

Copyright © 2014 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)



ANEXO
UNIVERSIDAD DEL NORTE
INGENIERÍA MECÁNICA - Plan de Estudios Catálogo 201310
 REQUISITOS SUJETOS A CAMBIOS

1 semestre	2 semestre	3 semestre	4 semestre	5 semestre	6 semestre	7 semestre	8 semestre	9 semestre	10 semestre	
Cálculo I	Cálculo II	Cálculo III		Solu. Comput. de Problemas, Inc. SOd SOg						
Algebra Lineal		Ecuaciones Diferenciales			Ingeniería Económica SOh SOi		Elec Ciencia de la Vida ^e	El Form Compl Libre I ^e	El Form Compl Libre II ^e	
	Física Mecánica	Física Calor-Ondas	Física Electricidad	Examen Comprensivo I	Análisis de Datos en Ingeniería I SOd SOe	Electiva Sistemas Eléctricos SOe SOg		Examen Comprensivo II		
			Termod I SO f SOd SOe	Termodinámica II SOe SOg		Métodos de Sistemas Dinámicos SOe SOg	Proyecto de Investigación SOe SOg SOh		Proyecto Final SOc SOe SOg SOh SOi	
Expresión Gráfica SOg	Algebra y Programación I SOd	Ciencia de los Materiales SOd SOg SOi	Ingeniería de Materiales SOh SOi	Mecánica de Fluidos SO b SOe SOg	Transf Calor SO b SOe SOg	Diseño de Sistemas Térmofluidos SOc SOe SOg	Instrument Control SO b SOe SOg SOi	Electiva en Energía ^e SOi	Electiva Ing. Mecánica ^e SOi	
Introd Ing Mecánica SO f SOg		Estática SOe	Dinámica SOe	Mecánica de Máquinas SOe SOi	Diseño Mecánico SOc SOe	Diseño de Sistemas Mecánicos SOc SOe SOg SOh	Gestión de Activos SOg SOi	Electiva en Diseño y Materiales ^e SOi		
			Mecánica de Sólidos SOe	Procesos de Fabricación SOd SOe SOg SOh SOi				Electiva en Filosofía ^e	Electiva en Humanidades ^e	Elect Ciencias Sociales
Competencias Comunicativas I SOg	Competencias Comunicativas II SOg					Electiva en Ética ^e	Electiva en Innov y DBo Soc	Electiva en Historia	Elect Estudios del Cambio ^e	
Exiq Idiomas I IGL 1010	Exiq Idiomas II IGL 1020	Exiq Idiomas III IGL 1030	Exiq Idiomas IV IGL 1040	Exiq Idiomas V IGL 4010	Exiq Idiomas VI IGL 4040	Exiq Idiomas VII IGL 7030	Exiq Idiomas VIII IGL 7080			
	SO f-ACTITUD ÉTICA	SO b- REALIZAR EXPERIMENTOS	SO c-DISEÑAR EQUIPOS	TRABAJO EN EQUIPO SO d	RE SOLVER PROBLEMAS SO e	COMUNICACIÓN EFECTIVA SO g	COMPRENDER EL IMPACTO SO h	APRENDIZAJE CONTINUO SO i		