

# Evaluación basada en Competencias de la enseñanza de Modelado Numérico y Simulación en Mecánica de Fluidos

Papa Mara Jaquelina<sup>1</sup>, Giraudo Germán<sup>2</sup>, Prevosto Leandro<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Venado Tuerto Departamento Ing. Electromecánica, Grupo de Descargas Eléctricas,  
Laprida 651, Venado Tuerto, Santa Fe, Argentina.

[maraj.papa@gmail.com](mailto:maraj.papa@gmail.com); [german.giraudo@hotmail.com](mailto:german.giraudo@hotmail.com)

<sup>3</sup>Universidad Tecnológica Nacional, CONICET, Facultad Regional Venado Tuerto, Departamento Ing. Electromecánica,  
Grupo de Descargas Eléctricas, Laprida 651, Venado Tuerto, Santa Fe, Argentina.

## Resumen

Se presenta una propuesta preliminar de evaluación, bajo un enfoque basado en competencias, del tópico modelado numérico y simulación, en el marco de cátedra Mecánica de Fluidos de la Carrera Ingeniería Electromecánica de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Venado Tuerto. La evaluación por competencias requiere la reestructuración sistémica de la cátedra, incluyendo su planificación, las estrategias didácticas en la práctica áulica y del proceso de evaluación. Se describen los elementos de la planificación, poniendo énfasis en la competencia de Modelado numérico y Simulación del flujo de un fluido y los requisitos de los saberes cognitivos, procedimentales y actitudinales que la componen. Se definen las estrategias de enseñanza-aprendizaje empleadas y se presentan los instrumentos de evaluación propuestos.

**Palabras Clave:** Competencias, Enseñanza, Ingeniería, Modelado Numérico y Simulación.

## 1. Introducción

Los estudiantes de las diferentes ramas de la ingeniería necesitan formarse en el uso de software de modelado numérico y simulación, es decir, lograr las competencias para poder aplicarlas como estudiantes durante su carrera de grado, y como ingenieros en su vida profesional en un contexto en que las tecnologías de la información y comunicación (TIC), cambian o evolucionan continuamente.

En particular, en el marco de la asignatura Mecánica de Fluidos, el modelo matemático del flujo de un fluido involucra un sistema de ecuaciones diferenciales parciales, no lineales, y fuertemente acopladas. La solución de tal sistema es (excepto en dominios simplificados, muchas veces con mero interés académico) muy difícil (o imposible) de obtener. En estos casos, la simulación física y modelado numérico se convierte en una herramienta formidable para obtener la solución aproximada del sistema, que, sin embargo, debe ser validada contra el experimento.

Las competencias, desde un paradigma socio-formativo de la educación superior, son procesos complejos de desempeño ante problemas con idoneidad y compromiso ético, y se enmarcan en la formación integral; tal como expresa Tobón (2017). Por otro lado, desde un punto de vista más pragmático, en sintonía con Zarzar Charur (2015), la competencia es saber hacer algo bien. En el enfoque de la educación basada en competencias, la evaluación ha de considerarse desde mismo momento en que se está planificando, de modo que se ha de plantear ¿qué enseñar?, ¿cómo enseñar y favorecer el aprendizaje? y ¿cómo evaluar?; en un todo integrado, cual sistema que ha de analizarse de acuerdo al fin que persigue, considerando el contexto en que se desarrollará y quiénes serán los participantes de éste. Sin embargo, el enfoque de la educación basado en competencias no se encuentra ampliamente difundido, encontrándose actualmente en niveles incipientes de aplicación. En este sentido, la cátedra Mecánica de Fluidos de la Carrera Ingeniería Electromecánica de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Venado Tuerto (UTN-FRVT), ha recientemente promovido el aprendizaje del uso de software específico de modelado numérico y simulación, siguiendo el enfoque de educación basada en competencias.

Este trabajo presenta una propuesta de evaluación de las competencias de aplicación de software de modelado numérico y simulación en la cátedra Mecánica de los Fluidos de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la UTN-FRVT.

## 2. Desarrollo

La formación integral del futuro ingeniero electromecánico, incluyendo cada competencia que ha de alcanzar y los requisitos de saberes, cognitivos, destrezas y actitudes que la componen; deben alcanzarse durante el desarrollo de su carrera de grado. En particular, en la cátedra Mecánica de los fluidos de la UTN-FRVT, se implementó durante el ciclo lectivo 2019 la enseñanza del modelado numérico y simulación bajo el enfoque basado en competencias. En donde se trabajó en la planificación, el desarrollo de las clases y se realizó una propuesta de evaluación.

## 2.1 Etapa de planeación

La competencia de Modelado numérico y Simulación del flujo de un fluido se ha de alcanzar en el año lectivo y evidenciar su dominio a través los requisitos de saberes: cognitivos, destrezas y actitudes que la componen. Las competencias que el alumno debe demostrar, con los requisitos correspondientes, se muestran en la Tabla 1.

<b>Mecánica de los Fluidos.</b>			
Competencias	Requisitos Cognitivos	Requisitos Procedimentales	Requisitos Actitudinales
Modelado numérico y simulación del flujo de un fluido	Modelo matemático de modelado numérico. Conocimiento de las variables de contexto del modelado. Validación contra experimento.	Elección del modelo matemático Uso software de modelado y simulación.	Fomentar actitudes propositivas en la resolución de problemas de modelado y simulación.

**Tabla 1.** Competencia y sus requisitos (elaboración propia).

Estos mismos requisitos (Tabla 1) son los que se deben desarrollar en el proceso formativo de la cátedra a través de diferentes situaciones didácticas, en particular, a través de la resolución de problemas reales que se presentan en la industria y que han de resolverse de forma grupal, a partir de la confluencia de los diferentes razonamiento y competencias personales de los alumnos. Ello sustentado bajo un enfoque andrológico, en particular, considerando los estilos de aprendizajes (Alonso 2013) como: reflexivos, activos, pragmáticos y teóricos que presentan los estudiantes de ingeniería. Ha de destacarse que resultados previos (test CHAEA), indican que la gran mayoría de los alumnos que ingresan a ingeniería en la UTN FRVT son del tipo reflexivos.

## 2.2. Estrategias de enseñanza y aprendizaje

Con la finalidad de lograr la realización de un proyecto de simulación exitoso, se han de definir distintas etapas en las que se puede dividir un proceso de simulación, que requieren la integración de los diferentes saberes cognitivos, destrezas y habilidades. Estos pasos han de reconocerse como criterios de logros que el alumno debe alcanzar en forma gradual y secuencial, de modo que el desempeño de usos de los nueve procesos (etapas) Maldonado Granado (2013) que se presenta a continuación, permitirán la acreditación de saberes y la calificación a obtener:

1. Formulación del problema. Definición detallada de los objetivos, de las restricciones e hipótesis de trabajo y de las variables que se van a utilizar para definir el estado del sistema y el control del mismo. Será necesario definir también el grado de precisión requerido. La elaboración de un modelo preliminar puede ayudar a poner de manifiesto de forma más clara y precisa. Logra definir los objetivos del estudio, las variables y parámetros necesarios para el desarrollo del modelo y para el control del mismo.
2. Formulación del modelo. Elaboración del modelo matemático a utilizar, mediante técnicas o herramientas específicas del modelado: Grafo de eventos y Diagrama. La formulación hecha debe ser simple, flexible, efectiva y eficiente, pudiéndose adaptar a cambios durante el proyecto de simulación y el tiempo de computación sea razonable.
3. Análisis y recogida de datos. Se suele realizar en paralelo con el punto anterior, ya que un buen modelo es fruto del conocimiento del sistema a modelar y de los datos experimentales procedentes de la observación de las entradas y salidas del mismo. Los datos empíricos obtenidos requieren un proceso de filtrado por parte del analista de forma que elimine interferencias debidas al propio proceso de recogida o agentes no presentes en el modelo.

4. Codificación. Consiste en trasladar el modelo a un lenguaje de programación para introducirlo en el ordenador. Se pueden utilizar lenguajes de propósito general o bien lenguajes orientados a la simulación.
5. Verificación y validación. La verificación es el proceso de revisión del programa para comprobar que éste representa fielmente el modelo que hemos implementado. Se utilizan distintas técnicas como: verificación manual de lógica, test modular, test de soluciones conocidas, análisis de sensibilidad, test de estrés, animación gráfica.
6. Diseño de experimentos. A la hora de realizar experimentos con el modelo hay que tomar decisiones referentes a algunos aspectos relacionados con: (i) Las condiciones iniciales que existan: es necesario fijar las condiciones de partida que cada iteración realice y su posible influencia en los resultados. (ii) Las iteraciones necesarias para obtener las precisiones definidas, ya que se obtienen datos de tipo estadístico. (iii) Consideraciones realizadas respecto al valor escogido para los parámetros utilizados y la relación entre estos.
7. Experimentación y análisis de los resultados. Se puede diferenciar entre sistemas que terminan y sistemas que alcanzan un estado estable en el tiempo. Los sistemas que terminan son aquellos que representan procesos que tienen lugar en un periodo de tiempo determinado, acabado éste, termina el proceso. La experimentación se realiza por lotes de experimentos que se consideran independientes entre sí. Normalmente el tiempo de ejecución de estos modelos es pequeño. Sin embargo, en sistemas que alcanzan un estado estable en el tiempo, lo que interesa es definir a qué estado estable tienden, y estudiar los valores de las variables en este estado.
8. Documentación. Elaboración de un documento que refleje los resultados obtenidos y cómo se ha ido realizando el proceso de simulación: variaciones introducidas en el modelo, datos de entrada, etc.
9. Presentación de resultados. Una adecuada elección de la presentación de resultados puede dar lugar a una mayor confianza en el modelo realizado por arte de personas ajenas al modelo y por tanto en las conclusiones obtenidas.

### 2.3. Metodología de evaluación

El sistema de evaluación bajo un enfoque por competencias Zarzar Charur (2015), ha de comprender: (i) los criterios para la acreditación y de la calificación; (ii) la rúbrica que refleje el grado de conocimientos alcanzados; y (iii) los tipos de evaluación a realizar. Por otro lado, bajo un enfoque formativo las planificaciones de las diferentes cátedras deben incluir los elementos que se presentan a continuación (p.ej., ver la planificación de la cátedra Mecánica de los Fluidos, objeto de este trabajo, en Anexo 1):

- 1-¿Qué voy a evaluar? Se evaluarán las competencias de aplicación de software de modelado numérico y simulación en la cátedra Mecánica de los Fluidos, de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la UTN-FRVT.
- 2-¿Para qué se va a desarrollar la competencia? Se ha de desarrollar la competencia para lograr la formación del futuro ingeniero en los que serán, a futuro, los alcances de su título.
- 3-¿Cómo lo voy a evaluar? A través de situaciones auténticas de problemas de ingeniería, mediante la resolución de problemas en forma grupal y de gradual complejidad.
- 4- ¿Dónde voy a evaluar? En el área de diseño asistido por computadoras (Aula 19).
- 5-¿Por cuánto tiempo voy a evaluar? Durante un año, que es la duración de la cátedra.
- 6-¿Con qué voy a evaluar? Utilizando los mecanismos de: (i) evaluación diagnóstica (el instrumento se presenta en el Anexo 2); (ii) evaluación formativa, que se lleva a cabo considerando los requisitos formativos de la competencia, los criterios presentes en la planificación de la cátedra (Anexo 1), y una guía para la observación de la participación en clase y entregas de alumnos (Anexo 3); rúbrica de la competencia (Anexo 4); (iii) instrumentos de evaluación del desempeño del docente por parte del alumno y un informe de autoevaluación del docente, que se utilizan para la carrera académica.
- 7-¿Cómo me aseguro de que la evaluación es fiel y cuáles son las evidencias que requiero? Esto se realiza a través de los criterios de aprobación y registro de la participación en clase y entregas de los alumnos.

#### 2.3.1. Sistema de evaluación del curso

a) Para la acreditación:

Criterios institucionales de acreditación	Criterios de acreditación propios de la materia
75 % de asistencia Calificación mínima 6 (seis)	Entregas de: <ul style="list-style-type: none"> <li>Al menos el 70 % de los problemas de Modelado y Simulación resueltos.</li> <li>Informe argumentativo de la validación de los resultados contra experimento y margen de error aceptable.</li> </ul>

Tabla 2. Criterios de acreditación (elaboración propia).

b) Para la calificación: (Seleccionar uno de los dos esquemas: por competencias o por parciales).

Competencias	Aspectos a tomar en cuenta	% parcial	% final
Modelado numérico y Simulación del flujo de un fluido	Resolución en clase de los ejercicios	20%	
	Presentación en clase de los ejercicios resueltos y correcciones.	20%	
	Entrega de ejercicios bien resueltos.	20%	100 %
	Registro del tipo de dudas	20%	
	Exposición individual y argumentativa del Informe de la validación de los resultados contra experimento y margen de error aceptable.	20%	

Tabla 3. Criterios de calificación (elaboración propia).

En este marco, la evaluación por competencias ha de comprender los requisitos cognitivos, actitudes y destrezas que ha de lograr el alumno tras un proceso gradual, que en particular abarque la evaluación diagnóstica, formativa y sumativa.

c) Tipo de evaluaciones

Tipo de evaluación	Procedimientos a seguir
Diagnóstica	Al comenzar el cursado de la cátedra se tomará registro del grado de conocimiento que tiene cada alumno sobre el modelado numérico y la simulación. (Anexo 2)
Formativa	Se elabora un registro de cada estudiante durante todo el proceso de enseñanza-aprendizaje de la competencia. Se opera un programa remedial de deficiencias de cada proceso en cada competencia en tiempos prudentes. Se lleva un registro de avances de cada estudiante y se brinda seguimiento con la finalidad de potenciar la formación del alumno. (Anexo 3). Junto a una rúbrica (Anexo 4).
Sumativa	A través de una encuesta anónima dirigida a los alumnos se recuperan sus puntos de vista sobre los temas vistos, sus logros en los aprendizajes, el material utilizado, lo que les desagradó y

---

sus sugerencias para mejorar el desarrollo de la materia.

En el Informe de Final del docente se plasman los aspectos a mejorar y logros obtenidos, sirviendo como registro base de eventuales modificaciones a implementarse en el próximo curso.

Portafolio de evidencias: simulaciones e informes.

---

Tabla 4. Tipos de evaluaciones (elaboración propia).

La evaluación ha de realizarse utilizando diferentes instrumentos, en primer lugar, para la evaluación diagnóstica se utiliza un cuestionario abierto que le permita al alumno expresarse acerca de qué conocimientos previos tiene y con qué expectativas comienza el cursado de la cátedra. Para la evaluación formativa se ha elaborado un instrumento que permite el registro del seguimiento de las actividades de cada estudiante durante todo el proceso de enseñanza-aprendizaje de la competencia y se han descrito los criterios de aprobación de la cátedra. En la evaluación sumativa, se han de revisar los resultados de aprobación de los alumnos, considerando además los siguientes instrumentos: (i) la evaluación del alumno del desempeño del docente; y (ii), la autoevaluación del docente. Con estos elementos se ha analizar y retroalimentar en la planificación y la evaluación, en el marco de la mejora continua.

El instrumento que ha de reflejar el grado de conocimientos adquiridos por cada alumno es una rúbrica que permita describir el grado alcance de competencias de modelado numérico y simulación, bajo los criterios de formulación del problema, formulación del modelo, análisis y recogida de datos, codificación, verificación y validación, diseño de experimentos y análisis de los resultados, documentación y presentación de los resultados (ver Anexo 4 de la rúbrica).

#### 4. Conclusiones

Se presenta una propuesta preliminar de evaluación, bajo un enfoque basado en competencias, del tópico modelado numérico y simulación, en el marco de cátedra Mecánica de Fluidos de la Carrera Ingeniería Electromecánica de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Venado Tuerto. Este trabajo nos ha permitido reflexionar que el enfoque por competencias requiere:

1. La reestructuración de la planificación, de las estrategias didácticas y de los instrumentos de evaluación.
2. Contemplar la formación integral del ingeniero, considerando sus saberes cognitivos, procedimentales y actitudinales.

La educación basada en competencias propone tener muy en claro quiénes serán los destinatarios y cómo se pretende educar. A partir de estas definiciones, que subyacen en la planificación de la cátedra, se han de establecer la didáctica y los instrumentos de evaluación que permitan reflejar el trabajo y las competencias adquiridas; constituyendo un registro base de eventuales modificaciones a implementarse en el próximo curso.

#### 5. Referencias

Alonso C.M. y Gallego, D.J. (2003). Cómo diagnosticar y mejorar los estilos de aprendizaje. Madrid: UNED, Formación Permanente.

Maldonado Granado (2013). El modelamiento matemático en la formación del ingenieros. Educación Nacional de Colombia (Contrato IF007-2011).

ISBN para PDF: 978-958-26-0280. <http://iconk.org/docs/modelamiento.pdf>

Tobón, S. (2013). Formación integral y competencias. Pensamiento complejo, currículo, didáctica y evaluación. Bogotá: ECOE. [http://cort.as/-N\\_9P](http://cort.as/-N_9P)

Tobón, S. (2017a). Evaluación socioformativa. Estrategias e instrumentos. Mount Dora (USA): Kresearch. ISBN 978-1-945721-26 -7.

<https://cife.edu.mx/recursos/2018/08/23/evaluacion-socioformativa/>

Tobón, S. (2017). Ejes esenciales de la sociedad del conocimiento y la socioformación. Mount Dora (USA): Kresearch.

Doi: [dx.doi.org/10.24944/isbn.978-1-945721-18-2](https://doi.org/10.24944/isbn.978-1-945721-18-2). [https://issuu.com/cife/docs/diccionario\\_conceptos\\_basicos](https://issuu.com/cife/docs/diccionario_conceptos_basicos)

Tobón, S. (2018a). Conceptual analysis of the socioformation according to the knowledge society. Knowledge Society and Quality of Life (KSQL), 1, 9-35. <https://goo.gl/aJeSvw>

Tobón, S. (2018b). Guía para el diseño y rediseño curricular desde la socioformación y el pensamiento complejo. Mount Dora: Kresearch.

<https://cife.edu.mx/recursos/>

Zarzar Charur, Carlos (2015). Planeación didáctica por competencias. Grupo Editorial Patria. México.

## ANEXO 1- PLANIFICACIÓN DE LA CÁTEDRA

### 1.1- DATOS DE IDENTIFICACIÓN DE LA MATERIA

UTN UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO  
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA  
CATEDRA: MECANICA DE LOS FLUIDOS  
DOCENTE: DR. LEANDRO PREVOSTO  
MODALIDAD DE CURSADO: ANUAL Y OBLIGATORIA

### 1.2- UBICACIÓN DE LA MATERIA

#### A) UBICACIÓN TEÓRICA:

Segundo Año de la carrera.  
Horas: 160 horas cátedra  
Cursado: Anual  
Cantidad de semanas: 32  
Cantidad de Horas semanales: 5

#### B) UBICACIÓN PRÁCTICA:

Día: Jueves  
Horario: de 18 a 20:15  
Aula 16- Laboratorio de Informática  
Cantidad de equipos: 12 computadoras  
Otros recursos: Proyector, pantalla interactiva, software de simulación, PC.  
Requisitos de materias correlativas para cursar:

- Cursadas: Análisis Matemático II y Física II
- Aprobadas: no corresponde

### 1.3.-COMPETENCIAS QUE EL ALUMNO DEBERÁ DEMOSTRAR, CON LOS REQUISITOS CORRESPONDIENTES

Mecánica de los Fluidos			
COMPETENCIAS	REQUISITOS COGNITIVOS	REQUISITOS PROCEDIMENTALES	REQUISITOS ACTITUDINALES
1.- Modelado numérico y Simulación del flujo de un fluido	Modelo matemático de modelado numérico Reconoce las variables de contexto del modelado. Validación contra experimento.	Parametriza el modelado matemático Uso software de modelado y simulación.	Fomenta actitudes propositivas en la resolución de problemas de modelado y simulación.

### 1.4- METODOLOGÍA DE TRABAJO

Se realizará un desarrollo interactivo entre alumnos y docentes, de modo que el alumno logre demostrar la competencia de uso de software de modelado numérico y simulación, a través de la secuencia didáctica apropiada. Se ha de promover el trabajo en equipo y la resolución de problemas auténticos de la ingeniería.

1.5- SISTEMA DE EVALUACIÓN DEL CURSO PARA: la acreditación, la calificación, tipos evaluaciones: diagnóstica, formativa y sumativa.

ANEXO 2: EVALUACIÓN DIAGNÓSTICA

Cátedra:..... Alumno:.....

1.- ¿Has utilizado el modelado numérico?, ¿en qué situación? ¿qué software has utilizado? ¿qué pasos utilizas para resolver los problemas?
2.-¿Qué expectativas tienes de la cátedra?
Otros:

ANEXO 3: GUÍA PARA LA OBSERVACIÓN DE LA PARTICIPACIÓN EN CLASE y ENTREGAS

REGISTRO DE LA PARTICIPACIÓN EN CLASE POR COMPETENCIA				
Competencia: Modelado numérico y Simulación del flujo de un fluido				
Nombre del alumno:.....				
ASPECTOS A EVALUAR	SÍ	NO	A VECES	OBSERVACIONES
1 Manifiesta disposición y atención durante la clase				
2 Participa con orden y respeto				
3 Tiene iniciativa para hacer propuestas				
4 Sus propuestas son coherentes con el asunto tratado				
5 Toma notas en su libreta				
6 Cumplimiento de los criterios de calidad de la competencia				
7 Resolución en clase de los ejercicios				
8 Presentación en clase de los ejercicios resueltos y Correcciones				
9 Entrega de ejercicios bien resueltos				
10 Informe argumentativo de validación				
11 evidencia predisposición al trabajo en equipo				

ANEXO 4: Rúbrica de alcance de conocimientos

Competencia : - Modelado numérico y Simulación del flujo de un fluido				
Criterios	Grado de alcance			
	No lo logra	Logro básico	Logro destacado	Logro de excelencia
1.- Formulación del problema	No se logra definir el problema	Logra definir el problema en un contexto problemático básico	Logra definir el problema en un contexto problemático complejo	Logra definir el problema en un contexto problemático complejo real.

2.- Formulación del modelo	No se logra formular el modelo	Logra formular el modelo en un contexto problemático básico	Logra formular el modelo en un contexto problemático complejo	Logra formular el modelo en un contexto problemático complejo real.
3.- Análisis y recogida de datos	No se logra analizar y recoger datos	Logra analizar y recoger datos en un contexto problemático básico	Logra analizar y recoger datos en un contexto problemático complejo	Logra analizar y recoger datos en un contexto problemático complejo real.
4.- Codificación	No se logra codificar	Logra codificar en un contexto problemático básico	Logra codificar en un contexto problemático complejo	Logra codificar en un contexto problemático complejo real.
5.- Verificación y validación	No se logra verificar y validar datos	Logra verificar y validar datos en un contexto problemático básico	Logra verificar y validar datos en un contexto problemático complejo	Logra verificar y validar datos en un contexto problemático complejo real.
6.- Diseño de experimentos	No se logra diseñar	Logra diseñar en un contexto problemático básico	Logra diseñar en un contexto problemático complejo	Logra diseñar en un contexto problemático complejo real.
7.- Experimentación y análisis de los resultados	No se logra experimentar y analizar resultados	Logra experimentar y analizar resultados en un contexto problemático básico	Logra experimentar y analizar resultados en un contexto problemático complejo	Logra experimentar y analizar resultados en un contexto problemático complejo real.
8.- Documentación	No se logra documentar	Logra documentar en un contexto problemático básico	Logra documentar en un contexto problemático complejo	Logra documentar en un contexto problemático complejo real
9.- Presentación de resultados	No se logra presentar los resultados	Logra presentar los resultados en un contexto problemático básico	Logra presentar los resultados en un contexto problemático complejo	Logra presentar los resultados en un contexto problemático complejo real
Ponderación	0%	60 %	80%	100%
Autoevaluación:				
Coevaluación:				
Heteroevaluación:				