

## ARTICULACIÓN DE ESTRATEGIAS Y RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DE MÉTODOS NUMÉRICOS EN INGENIERÍA

Aníbal Mirasso<sup>a</sup>, Silvia Raichman<sup>a</sup>, Eduardo Totter<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina  
[aemirasso@fing.uncu.edu.ar](mailto:aemirasso@fing.uncu.edu.ar), [sraichman@fing.uncu.edu.ar](mailto:sraichman@fing.uncu.edu.ar), [etotter@fing.uncu.edu.ar](mailto:etotter@fing.uncu.edu.ar)

**Palabras clave:** métodos numéricos, aprendizaje significativo, ingeniería.

**Resumen.** La reformulación de estrategias docentes, bajo enfoques modernos e innovadores que tengan al estudiante como eje central de la propuesta y como sujeto partícipe de su propio proceso de aprendizaje, implica una delimitación clara de los objetivos y contenidos involucrados, como así también un análisis minucioso de las situaciones didácticas y contextos generales en los cuales los mismos se desarrollan. Lo mencionado cobra relevancia a la hora de diseñar una propuesta educativa coherente, que sirva de marco de contención para el trabajo orientado a una serie de acciones y actividades educativas que tiendan a promover el aprendizaje significativo de los contenidos involucrados. Específicamente hablando de la enseñanza de métodos numéricos en carreras de Ingeniería, las estrategias descritas se contraponen a los tradicionales enfoques de tipo enciclopedista que colocan al docente como eje central de la propuesta. Para lograr el cambio de enfoque mencionado una de las herramientas fundamentales es la disponibilidad de recursos tecnológicos accesibles a docentes y estudiantes de la asignatura, los cuales coherente y articuladamente relacionados con el resto de los recursos pedagógicos, dan forma a una intervención educativa dinámica, de variadas dimensiones, que posee un gran valor pedagógico a partir de la interacción de sus componentes y que enriquece la calidad del aprendizaje significativo tendiendo puentes cognitivos hacia la construcción de nuevos conocimientos. En este trabajo, se describe la articulación de estrategias educativas y recursos didácticos, orientada a promover el aprendizaje significativo de contenidos relacionados a Métodos Numéricos. La implementación de dichas estrategias se desarrolla en el marco de la asignatura Cálculo Numérico y Computación, correspondiente al segundo año del Ciclo Básico de las carreras que se dictan en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo en la provincia de Mendoza, Argentina. Se presenta una descripción general del modelo pedagógico de la asignatura, así como también un detalle de las estrategias mencionadas, el mecanismo de inserción de las mismas en el modelo pedagógico y la forma en la cual dichas estrategias se articulan con el resto de los recursos educativos, junto con los recursos tecnológicos puestos en juego para la concreción de la propuesta. En forma adicional se presentan resultados asociados a indicadores seleccionados, que dan cuenta de aspectos relacionados al funcionamiento de la propuesta presentada.

## 1 INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente las estrategias didácticas utilizadas en la enseñanza de asignaturas del área científico-técnica, en particular en las diversas carreras de ingeniería, han estado caracterizadas por una orientación del tipo enciclopedista que presenta la figura del docente como eje del proceso de enseñanza y aprendizaje. A la luz de los avances logrados en la adecuación de dichos procesos educativos a la dinámica de los tiempos actuales y al notable desarrollo y disponibilidad creciente de recursos tecnológicos, es que se comprendió la necesidad de realizar una reflexión profunda sobre el particular, generando de esta manera una brecha que permitió vislumbrar un proceso de cambios tendientes a la mejora y enriquecimiento cualitativo de dichas estrategias, (*Raichman et. al., 2013*).

De esta manera, la necesaria reformulación de estrategias docentes, bajo enfoques modernos e innovadores, tendientes a convertir al estudiante en eje central de la propuesta educativa y en sujeto partícipe y protagonista de su propio proceso de aprendizaje, implica la reconversión de una serie de aspectos que hacen al diseño pedagógico de la propuesta educativa a diseñar.

Surge como necesidad primordial, la realización de un análisis previo minucioso de las situaciones didácticas que se despliegan en la asignatura involucrada y de los contextos generales en los cuales los contenidos de las mismas se desarrollan. Es así que el proceso de mediación pedagógica, a partir de una delimitación clara y precisa de los objetivos de la asignatura, implica en forma adicional un análisis minucioso del alcance de los contenidos y aprendizajes involucrados en la propuesta y se convierte de esta manera en un paso de fundamental importancia a la hora del rediseño e implementación de la misma.

Los esfuerzos de los equipos docentes a la hora de abordar dichas tareas, deben estar orientados en enfatizar el desarrollo y puesta en funcionamiento de estrategias educativas que tiendan a fomentar el desarrollo del pensamiento complejo y a iniciar un acercamiento inicial de los estudiantes a la investigación científica y la innovación, (*Verdejo y Freixas, 2009*).

En este trabajo, se describe la articulación de estrategias educativas y recursos didácticos, orientada a promover el aprendizaje significativo de contenidos relacionados a Métodos Numéricos en carreras de ingeniería. Dichas intervenciones se despliegan en el marco de la asignatura Cálculo Numérico y Computación que se dicta en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo, en la provincia de Mendoza, Argentina. Se presentan además, algunos resultados asociados a diversos indicadores seleccionados para el seguimiento de la propuesta.

## 2 DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA

### 2.1 Generalidades

Cálculo Numérico y Computación es una asignatura de características interdisciplinarias, que vincula los contenidos temáticos de la Matemática Aplicada con diversos problemas de la práctica ingenieril e introduce al alumno en el estudio de los conceptos referidos a la formulación de modelos matemáticos de sistemas físicos reales de interés en ingeniería y su resolución por medio de la aplicación, programación e implementación de métodos numéricos adecuados.

La asignatura se desarrolla durante el primer semestre del segundo año de las carreras de Ingeniería Civil, Ingeniería de Petróleos e Ingeniería Industrial, que se dictan en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo en la provincia de Mendoza, Argentina.

Anualmente cursan la asignatura un número cercano a los 280 estudiantes, el cual presenta un pequeño porcentaje de oscilación a lo largo de los diversos ciclos lectivos, en función de

las variaciones registradas en el ingreso a la Facultad y al número final de alumnos que deben cursar la asignatura nuevamente por no haber obtenido su regularidad.

El cuerpo docente esta integrado por el Profesor Titular, dos Profesores Adjuntos y 5 Jefes de Trabajos Prácticos, lo que suma un total de 13 dedicaciones simples. Todos los docentes tienen estudios de postgrado; y en particular hay 3 Doctores, 3 Magister y 3 Docentes con Doctorados en curso. En cada una de las 11 comisiones de Laboratorios hay entre 20 y 25 alumnos a cargo de un Docente.

En virtud de la relación que poseen con los conceptos y reflexiones volcadas en el presente trabajo, es importante citar a continuación algunos de los objetivos generales y específicos planteados para el desarrollo de la asignatura, (*Mirasso, 2014a*), tal como puede observarse en la [Tabla 1](#):

Objetivos generales	Objetivos específicos de conocimientos	Objetivos específicos de aptitudes
	Se busca que los estudiantes, al finalizar el cursado de la asignatura, conozcan:	Se busca que los estudiantes, al finalizar el cursado de la asignatura sean capaces de:
Formar e informar al alumno en los modelos matemáticos de sistemas reales y su solución mediante técnicas de cálculo numérico.	Las diferencias existentes entre modelos matemáticos, físicos y numéricos, junto con los errores que se introducen en las diversas etapas del proceso de modelación.  Los métodos numéricos para la resolución de raíces de ecuaciones no lineales, derivar, integrar y aproximar funciones, ecuaciones diferenciales, valores y vectores propios.	Distinguir entre el sistema real, el modelo matemático y el modelo numérico. Interpretar los errores introducidos al proceso de modelación. Desarrollar criterios de selección de distintos métodos numéricos.
Desarrollar en el alumno, habilidades en el empleo de computadoras para la resolución de problemas de ingeniería.	Algoritmos de métodos numéricos y software de aplicación.	Seleccionar y aplicar algoritmos de métodos numéricos. Desarrollar criterios de elaboración y selección de software de aplicación y paquetes de rutinas en la solución numérica de modelos matemáticos.
Preparar al futuro egresado para que integre la información proveniente de distintos campos que concurren a un proyecto en común.		Integrar contenidos. Trabajar en equipo.

Tabla 1: Objetivos generales y específicos planteados para el desarrollo de la asignatura Cálculo Numérico y Computación.

La asignatura posee una carga horaria de seis horas semanales separadas en dos módulos de tres horas cada uno, con la exigencia de al menos un 75% de asistencia obligatoria por parte de los estudiantes. En el primer módulo de los mencionados se realiza una clase de tipo teórico-práctica, expositivo-dialogada, en la que se desarrollan los temas teóricos y se ilustran dichos conceptos con ejemplos de aplicación seleccionados. En el segundo módulo se busca que los alumnos desarrollen diversas aplicaciones y ejercitaciones de carácter práctico, organizadas en Guías de Estudio (*Mirasso, 2014b*), con la adecuada asistencia de los docentes de la Cátedra, agrupados en comisiones en los Laboratorios de Informática de la

Facultad de Ingeniería.

En forma adicional a lo mencionado, durante el semestre de cursado se desarrolla un trabajo especial denominado Proyecto Integrador, el cual consiste en el abordaje y resolución de una situación problema, definida para cada ciclo lectivo, cuyo modelo matemático está dado por la Cátedra mediante ecuaciones diferenciales o integrales. De esta manera, los estudiantes resuelven dicho Proyecto, implementando computacionalmente una solución aproximada al problema planteado, que necesariamente implica la aplicación de los principales temas desarrollados en el marco de la asignatura, tales como integración numérica, valores y vectores propios y solución numérica de ecuaciones diferenciales ordinarias, entre otros, (*Cheney y Kincaid, 2011*), (*Chapra y Canale, 2007*).

## 2.2 Modelo pedagógico de la asignatura

Las estrategias didácticas desplegadas durante el desarrollo de la asignatura, se encuentran enmarcadas por un modelo pedagógico que responde a un determinado diseño educativo, orientado al cumplimiento de los objetivos planteados, pero por sobre todas las cosas posee la suficiente flexibilidad y dinamismo que habilita la introducción de cambios y mejoras continuas, tendientes a lograr la optimización de los indicadores que lo representan. Dicho modelo se constituye de esta manera en el contenedor natural de las estrategias mencionadas, a la vez que brinda un claro sentido didáctico a las mismas, orientándolas en la dirección del horizonte formativo buscado.

Es así que el modelo pedagógico utilizado en la asignatura Cálculo Numérico y Computación, se encuentra estructurado en torno a una serie de pilares o componentes fundamentales, que incluyen una serie de prácticas significativas de aprendizaje. La [Tabla 2](#), permite observar una enumeración y breve descripción de cada una de las componentes mencionadas.

Componente del modelo pedagógico	Descripción
Presencial aúlica	Comprende las estrategias didácticas teórico-prácticas de aula.
Presencial de laboratorio	Comprende las estrategias didácticas netamente prácticas desarrolladas en los Laboratorios de Informática.
Complemento virtual	Espacio virtual de uso complementario para el estudiante con disponibilidad de materiales digitales, links de interés e información de la asignatura.
Componente de Integración	Proyecto Integrador de Conocimientos. Espacio de integración de saberes a partir de la resolución y análisis de un problema definido.

Tabla 2: Componentes fundamentales del modelo pedagógico utilizado por la asignatura Cálculo Avanzado y Computación.

El diseño e implementación de actividades de aprendizaje en cada una de las componentes del modelo, incluye la selección de problemas a resolver con un alto grado de significación para los estudiantes, a los efectos de promover en los mismos el desarrollo de estrategias de pensamiento específicas para el planteo y resolución de este tipo de problemas en un contexto adecuado al nivel de conocimientos y al grado de dificultad que los mismos pueden resolver.

La búsqueda por parte de los estudiantes de diversas aproximaciones para la solución del problema planteado, es un aspecto a destacar de la propuesta, ya que permite que los mismos puedan integrar conocimientos relacionados al cálculo numérico, con contenidos de otras asignaturas y con problemas vinculados a su futuro profesional.

### 2.3 Estrategias didácticas utilizadas por la asignatura

A lo largo del desarrollo del curso de la asignatura Cálculo Numérico y Computación, se despliega una serie de estrategias didácticas específicas que se vinculan en forma articulada y coherente con el resto de los recursos didácticos disponibles en el modelo pedagógico. Un aspecto de fundamental importancia para el adecuado funcionamiento de la propuesta, es la clara definición y ubicación dentro del modelo pedagógico de la asignatura de cada una de las estrategias educativas a desarrollar. La claridad de dicha distribución y su pertinencia con el horizonte formativo buscado, aseguran una distribución eficiente de recursos humanos, tecnológicos y temporales y brinda eficacia a la intervención desarrollada.

De esta manera, es posible clasificar las estrategias mencionadas precedentemente en cuatro grandes grupos, de acuerdo a su vinculación con las componentes del modelo pedagógico de la asignatura, tal como puede observarse en la [Tabla 3](#).

Componente del modelo pedagógico	Recursos didácticos disponibles	Metodología de trabajo adoptada
Presencial áulica.	Material teórico práctico mediado pedagógicamente. Guía de Estudio. Bibliografía de consulta.	Clases teórico prácticas de características expositivo-dialogadas, con soporte de proyector multimedia. Metodología de trabajo interactiva docente-alumno.
Presencial de laboratorio	Guía de Estudio. Bibliografía de consulta. Entorno de trabajo orientado a la computación numérica, la programación y la visualización. Software MATLAB®. Entorno de trabajo basado en Planillas de Cálculo.	Clases interactivas implementadas en dos laboratorios de informática docente equipados con 20 ordenadores cada uno. Soporte multimedia disponible y docente a cargo en grupos de no más de 25 estudiantes.
Componente virtual	Página virtual de la asignatura Cálculo Numérico y Computación.	Disponibilidad de Material didáctico específico. Disponibilidad de Guías de Estudio, Programa de la asignatura y programación semestral de la misma. Publicación y consulta de calificaciones y resultados de evaluaciones. Links a páginas de interés para la asignatura.
Componente de integración	Instructivo del Proyecto Integrador.	Trabajo en grupos destinado a la resolución de un problema específico definido para cada ciclo lectivo.

Tabla 3: Ubicación de las estrategias didácticas utilizadas en la asignatura, dentro del marco del modelo pedagógico de la misma.

Cabe señalar que en el recurso didáctico denominado en este contexto Guía de Estudio, la secuencia para cada contenido está armada de forma tal que el estudiante resuelva en primer lugar ejercicios sencillos en lápiz y papel que lo ayuden en la comprensión y familiarización con los métodos numéricos en estudio en dicha unidad temática. A continuación se pasa a una segunda etapa en la que se le solicita la resolución de problemas que incluyen la

implementación computacional de los métodos numéricos en estudio. Es así que se encuentran en condiciones de pasar a una tercera etapa en la que en la misma Guía de Estudio se plantea la resolución de problemas integradores que implican la transferencia del nuevo conocimiento a situaciones que exigen la articulación e integración de contenidos.

Un adecuado diseño y utilización de los recursos y estrategias, permite que los mismos se constituyan en un eje sobre el que se articula la transferencia de conocimientos, resignificando de esta manera los contenidos desarrollados en clase y mejorando en forma sustancial los procesos de construcción del conocimiento de los estudiantes. La forma de trabajo adoptada, permite además un acercamiento y una mayor comprensión de problemas centrales de la Ingeniería, integrando adecuadamente al proceso de enseñanza y aprendizaje, contenidos teóricos y prácticos sobre una determinada situación problema planteada.

## 2.4 Descripción del Proyecto Integrador del ciclo lectivo 2014

En el Proyecto Integrador correspondiente al ciclo lectivo 2014 se busca que los estudiantes realicen la implementación computacional de la solución numérica que resuelve en forma aproximada el siguiente modelo matemático y sus casos particulares:

$$\frac{\partial u(x,t)}{\partial t} = D \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x^2} + g(t) \cdot f(x) \quad \text{si } x \in \Omega = \{x \in R : 0 \leq x \leq L\} \quad (1)$$

donde las funciones  $g(t)$ ,  $f(x)$  y el valor de  $D$ , son datos. Como condiciones de contorno se tiene que en  $x=0$  y  $x=L$  se debe cumplir para todo valor de  $t$  que

$$u(0, t) = u(L, t) = 0 \quad (2)$$

En tanto que para  $t=0$ , los valores iniciales para todo valor de  $x$  son conocidos

$$u(x,0) = U_{dato}(x) \quad (3)$$

Para resolver la ecuación diferencial en forma aproximada se plantea la solución como una función discreta  $u(x_i, t) = u_i(t)$  con  $i=0,6$ ; y  $x_i$  son las abscisas equidistantes separadas  $\Delta x$ . Se pretende encontrar una aproximación en el dominio  $x$  para todo instante de tiempo  $t$ . Así los estudiantes deben encontrar las funciones incógnitas en cada instante de tiempo  $t$ , según la discretización indicada en la [Figura 1](#).

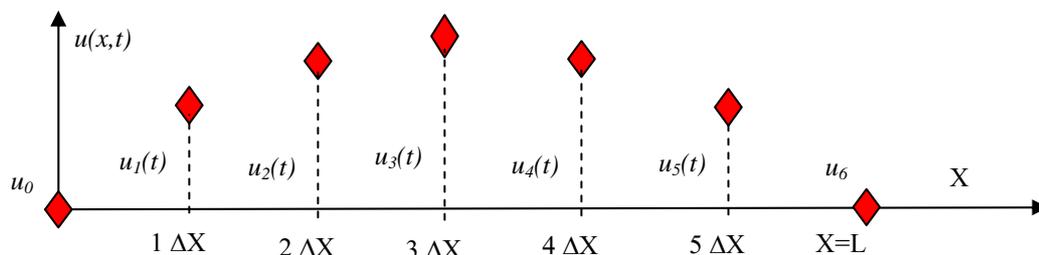


Figura 1: Discretización del dominio para el problema asociado al Proyecto Integrador 2014.

Los estudiantes deben comprobar que haciendo uso de la derivada segunda central, y con la discretización planteada, se obtiene el siguiente sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias:

$$\vec{\dot{u}}(t) + K \cdot \vec{u}(t) = g(t) \cdot \vec{b} \quad (4)$$

siendo  $u_i(t) = u(x_i, t)$  con  $i=1,2,3,4,5$ ;  $(\dot{\phantom{u}}) \equiv \frac{d(\phantom{u})}{dt}$  y

$$K = (D/\Delta x^2) \begin{pmatrix} 2 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 2 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 2 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 2 \end{pmatrix} \quad \vec{b} = \begin{Bmatrix} f(x_1) \\ f(x_2) \\ f(x_3) \\ f(x_4) \\ f(x_5) \end{Bmatrix} \quad \vec{u}(t) = \begin{Bmatrix} u_1(t) \\ u_2(t) \\ u_3(t) \\ u_4(t) \\ u_5(t) \end{Bmatrix} \quad (5)$$

Un caso particular de interés se obtiene cuando el término independiente de la ecuación (1) no depende del tiempo ( $g(t)=1$ ); y también se pueden despreciar las derivadas de  $u(x,t)$  respecto del tiempo. En ese caso se tiene que las ecuaciones (4) se simplifican y resulta el siguiente sistema de ecuaciones lineales

$$K \cdot \vec{u} = \vec{b} \quad (6)$$

Los estudiantes deben implementar un código en MATLAB® (*Programa Matlab, 2014*), (*Moore, 2007*), que reciba como datos los valores de los parámetros físicos  $L$  y  $D$  y los valores para  $f(x_i)$ , resuelva mediante un método iterativo el sistema de ecuaciones lineales indicado en (6) y entregue los resultados  $u_i$  graficados en función de la posición  $x_i$ . También resulta de interés conocer la integral

$$\chi = \frac{1}{2} \int_0^L D \cdot \left( \frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 dx \quad (7)$$

para lo cual se debe implementar, a partir de la solución discreta obtenida anteriormente, el cálculo de la derivada primera y luego de la integral, en ambos casos en forma numérica.

En una segunda parte del Proyecto Integrador se plantea la solución del problema de valores iniciales con un Método de Runge Kutta. Se solicita que los estudiantes implementen un código en MATLAB® que reciba como datos los valores de los parámetros físicos  $L$  y  $D$ , así como también las funciones  $U_{dato}(x)$ ,  $g(t)$  y  $f(x)$ ; y calcule la solución del sistema dado por ecuación (4) mediante un método de Runge Kutta de segundo orden, y entregue los resultados  $u_i(t)$  graficados en función del tiempo. También resulta de interés en un valor de tiempo determinado  $t_d$  conocer la integral

$$\chi = \frac{1}{2} \int_0^L D \cdot \left( \frac{\partial u(x,t)}{\partial x} \right)^2_{t=t_d} dx \quad (8)$$

para lo cual se debe implementar, a partir de la solución discreta obtenida anteriormente, el cálculo en forma numérica de la derivada primera y luego de la integral.

La tercera parte del Proyecto Integrador requiere la solución del problema de valores y vectores propios. El sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias dado por las ecuaciones (4), cuando el término independiente es nulo, resulta en un sistema homogéneo que admite una solución del tipo

$$\vec{u}(t) = \vec{v} \cdot e^{\lambda \cdot t} \quad (9)$$

cuyos coeficientes  $\lambda_j$  y  $v_j(t)$  se determinan resolviendo el siguiente problema de valores y vectores propios.

$$(K + \lambda \cdot I) \cdot \vec{v} = \vec{0} \quad (10)$$

Existen dos situaciones particularmente de interés: cuando sólo es necesario el menor valor propio y su vector propio asociado; y cuando son necesarios todos los autovalores y autovectores. Para considerar el primer caso, los estudiantes deben implementar un código en MATLAB® que reciba como datos los valores de los parámetros L y D y calcule con el método de la Potencia o Potencia Inversa los autovalores y autovectores correspondientes. Por otra parte, para considerar el segundo caso para problemas de dimensión tres, se debe implementar un código en MATLAB® que dado un polinomio de grado 3, obtenga su gráfica y permita obtener las raíces mediante algún método iterativo para raíces de ecuaciones no lineales.

El Proyecto Integrador se aprueba mediante una evaluación individual que se desarrolla en los horarios correspondientes a las Comisiones de Laboratorio. En dicha evaluación cada alumno debe programar un código en MATLAB® que resuelva alguno de los siguientes problemas:

- a) Obtener la solución de un sistema de ecuaciones lineales mediante los métodos de Jacobi o Gauss Seidel, a partir de conocer la matriz de coeficientes y el vector de incógnitas, graficando la solución.
- b) Obtener la integral del cuadrado de la derivada primera de una función discreta conocida.
- c) Obtener las raíces de ecuaciones no lineales mediante alguno de los métodos iterativos como el de Newton Raphson, Secante, Punto Fijo o Regula Falsi.
- d) Obtener la solución de un sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias mediante el método de Runge Kutta de segundo orden, y graficar su solución, a partir de conocer la matriz de coeficientes, el termino independiente del sistema y sus valores iniciales.

## 2.5 Metodología de evaluación utilizada en la asignatura

Por su relación fundamental con el proceso de enseñanza y aprendizaje, es de vital importancia desarrollar una descripción de los criterios de evaluación utilizados. Cabe señalar que todas las instancias de evaluación de la asignatura, se plantean como actividades de síntesis e integración de los conocimientos adquiridos, en el marco de un proceso de evaluación formativa de la asignatura (Litwin *et al.* 1998).

En primer lugar es necesario destacar que la condición de regularidad, se obtiene a partir de la aprobación de tres evaluaciones parciales y del Proyecto Integrador mencionado en los párrafos precedentes. En aquellos casos en los cuales alguna de dichas evaluaciones haya sido desaprobada, existen diversas instancias de recuperación que los alumnos pueden rendir a los efectos de lograr la mencionada regularidad.

La evaluación del Proyecto Integrador, es realizada por cada uno de los docentes a cargo del grupo de trabajo en el Laboratorio de Informática. Dicho docente realiza un seguimiento personalizado de cada uno de sus grupos de Proyecto Integrador, con lo cual se encuentra en

condiciones de evaluar el mismo desde sus inicios, lo que permite que una vez realizada la entrega final del Proyecto, los estudiantes obtengan una calificación que representa el trabajo realizado y se denomina nota del Proyecto.

La última y definitiva instancia de evaluación para los estudiantes de la asignatura, la constituye el denominado examen final. A dicha instancia acceden los alumnos que obtuvieron su regularidad y en general a partir del desarrollo de la misma, los estudiantes deben resolver, por una parte la implementación computacional de alguno de los métodos numéricos desarrollados y por otra, una serie de demostraciones y desarrollos de tipo analíticos, tales como los solicitados en la Guía de Estudio y el Proyecto Integrador. La evaluación se realiza sobre la totalidad de los contenidos temáticos desarrollados durante el cursado, independientemente de que se hayan evaluado o no en instancias previas. La nota o calificación final obtenida por el estudiante en esta instancia final de evaluación, es el fiel reflejo de la totalidad del proceso de enseñanza y aprendizaje recorrido.

### 3 RESULTADOS OBTENIDOS

La medición del impacto obtenido por el diseño, implementación y despliegue de nuevas estrategias y recursos didácticos en el marco de una asignatura determinada, debe ser un factor de constante preocupación y análisis por parte del equipo docente de la misma. Esto es así ya que el seguimiento periódico de la propuesta a partir del control adecuado de las variables y parámetros seleccionados, permite ejercer acciones de corrección y mejora en caso de que esto resulte necesario.

En general las tareas de control mencionadas, requieren un esfuerzo adicional importante por parte de los docentes encargados, ya que el problema a analizar presenta múltiples dimensiones y debe considerar aspectos tales como el cursado de estudiantes de distintas especialidades, porcentajes de alumnos recursantes, estudiantes que abandonan el proceso de enseñanza y aprendizaje en instancias intermedias y no completan la totalidad del mismo, entre otras. La [Tabla 4](#) muestra las principales variables a analizar luego de los diferentes ciclos lectivos de implementación de la propuesta. En dicha Tabla, R indica alumnos recursantes e I, indica alumnos inscriptos en la asignatura en primera instancia.

Variable de control analizada	Ingeniería Civil		Ingeniería Industrial		Ingeniería de Petróleos		Totales
	I	R	I	R	I	R	
Cantidad y porcentaje de estudiantes	X	X	X	X	X	X	X
Cantidad y porcentajes de alumnos regulares	X	X	X	X	X	X	X
Cantidad y porcentajes de alumnos libres	X	X	X	X	X	X	X
Cantidad y porcentaje de estudiantes que no completaron el proceso de enseñanza y aprendizaje	X	X	X	X	X	X	X
Calificación y rendimiento examen final	X	X	X	X	X	X	X

Tabla 4: Variables utilizadas para el control y seguimiento de la propuesta implementada.

Una propuesta educativa tal como la descrita en el presente trabajo generalmente es el fruto de sucesivas implementaciones parciales realizadas a lo largo de diversos ciclos lectivos. De esta manera y en virtud de que el ciclo lectivo 2014 ha sido el primer período de implementación de la propuesta completa tal como se describe en el presente trabajo, es importante presentar algunos resultados cuantitativos referidos a valores que toman los

indicadores presentados en la [Tabla 4](#). Es así que en la [Tabla 5](#) muestra la cantidad de alumnos inscriptos en el ciclo lectivo 2014, y los porcentajes de dichos alumnos que completaron el proceso de enseñanza y aprendizaje en todas sus instancias.

Carrera	Alumnos inscriptos	Inscriptos en primera instancia	Inscriptos recursantes	Completaron el proceso
Ingeniería Civil	39	29	10	94 %
Ingeniería Industrial	188	124	64	90 %
Ingeniería de Petróleos	58	43	15	90 %

Tabla 5: Distribución de alumnos de la asignatura y porcentajes de los mismos que completaron el cursado del ciclo lectivo 2014.

De la misma manera es posible observar en la [Tabla 6](#), los porcentajes de regularidad obtenidos por los estudiantes que completaron el proceso de enseñanza y aprendizaje de la asignatura.

Variable de control analizada	Ingeniería Civil		Ingeniería Industrial		Ingeniería de Petróleos		Totales
	I	R	I	R	I	R	
Porcentaje de alumnos que obtuvieron la regularidad.	79 %	86 %	67 %	64 %	73 %	67 %	69 %
Porcentaje de alumnos en condición de libres	21 %	14 %	33 %	36 %	27 %	33 %	31 %

Tabla 6: Variables utilizadas para el control y seguimiento de la propuesta implementada.

Es interesante destacar que si bien los porcentajes de estudiantes que completaron el proceso en todas sus instancias son similares para todas las carreras, los porcentajes de estudiantes que regularizan la asignatura para acceder a la instancia de evaluación final presentan marcadas diferencias en sus valores. Por otra parte, es importante señalar que, si bien se incrementó la exigencia de producción y el proceso mismo de evaluación de los estudiantes, el porcentaje total de alumnos regulares se mantuvo en el mismo orden que el ciclo lectivo previo, en el que había sido del 66%. Esto implica que se ha logrado un incremento en la calidad del proceso educativo sin que se haya producido una disminución en los porcentajes de alumnos regulares. Así mismo, los docentes de la asignatura observan y destacan el nivel alcanzado por los estudiantes en los recientes exámenes finales, respecto de los ciclos lectivos anteriores.

#### 4 CONCLUSIONES

En este trabajo, se han presentado y descripto los criterios fundamentales que sustentan la articulación de estrategias educativas y recursos didácticos, orientados a promover el aprendizaje significativo de contenidos relacionados a métodos numéricos en el marco de la asignatura Cálculo Numérico y Computación, correspondiente al segundo año del Ciclo Básico de las carreras que se dictan en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo. Las actividades solicitadas a los estudiantes tienden a promover el desarrollo de habilidades asociadas al pensamiento complejo y en particular el Proyecto Integrador, tiene por objetivo adicional generar un espacio de aprendizaje que favorezca un acercamiento inicial de los estudiantes a la investigación científica y la innovación.

En general la implementación de la propuesta presentada, desde el punto de vista de las

variables analizadas ha presentado resultados muy satisfactorios, lo cual impulsa al equipo docente de la asignatura a profundizar las estrategias descriptas con la visión enfocada en el horizonte formativo y los objetivos planteados al momento del diseño de la propuesta.

## REFERENCIAS

- Chapra, S. y Canale, R., *Métodos numéricos para ingenieros*. Mc Graw Hill Interamericana, México, 2007.
- Cheney, W. y Kincaid, D., *Métodos Numéricos y computación*. Cengage Learning, México, 2011.
- Litwin, E., Camilloni, A., Celman, S. y Palou, B., *La evaluación de los aprendizajes en el debate didáctico contemporáneo*, Buenos Aires, Paidós, 1998.
- Mirasso, A., *Programa de la Asignatura Cálculo Numérico y Computación*. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo, <https://fing.uncu.edu.ar/catedras/calculo>, Mendoza, 2014a.
- Mirasso, A., *Guías de Estudio para la Asignatura Cálculo Numérico y Computación*. <https://fing.uncu.edu.ar/catedras/calculo>, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, 2014b.
- Moore, H., *Matlab para ingenieros*, Pearson Educación, México, 2007.
- Programa de cálculo científico Matlab. Sitio Web Oficial, [www.mathworks.com](http://www.mathworks.com)
- Raichman, S, Sabulsky, G., Totter, E. (Coords) Orta, M. Verdejo, P. Estrategias para el desarrollo de innovaciones educativas basadas en la utilización de Tecnologías de la Información y Comunicación. En: *Estrategias para el uso de tecnologías de información y comunicación en los procesos de aprendizaje*. ISBN: 978-607-502-267-3, Innova Cesal, México, Agosto de 2013.
- Verdejo, P; Freixas, R. *Educación para el pensamiento complejo y competencias: Diseño de tareas y experiencias de aprendizaje*. ACET, S.C. México, Abril de 2009.