

HACIA UNA MEJORA EN LA CALIDAD DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DE MÉTODOS NUMÉRICOS EN INGENIERÍA: UN ENFOQUE MULTIDIMENSIONAL DEL PROBLEMA

Silvia Raichman^{a,b}, Eduardo Totter^{a,b}, Gustavo Palazzo^a, Víctor Masnú^a

^aFacultad Regional Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional, Mendoza, Argentina.

^bFacultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina.

sraichman@fing.uncu.edu.ar, etotter@fing.uncu.edu.ar, gpalazzo@frm.utn.edu.ar,
vmasnu@frm.utn.edu.ar

Palabras clave: Cálculo Avanzado, aprendizaje significativo, ingeniería civil.

Resumen. La disponibilidad de un modelo pedagógico dinámico y flexible, que permita el desarrollo e implementación de estrategias educativas innovadoras, brinda la atrayente posibilidad de acceder a la apertura de nuevas puertas al aprendizaje por medio del diseño de actividades específicas orientadas a los objetivos fijados. La calidad y variedad de los recursos educativos, así como también la definición de los diversos ambientes de aprendizaje puestos en juego a la hora de diseñar una determinada intervención educativa, tienen un rol fundamental en la búsqueda de estrategias pedagógicas que permitan tender hacia una mejora en los procesos de construcción de conocimiento de los estudiantes y en el enriquecimiento del aprendizaje significativo de los mismos. Es precisamente la variedad de recursos y actividades puestos a disposición de los alumnos y la relación de los mismos con los tiempos y espacios áulicos y extra-áulicos, lo que constituye un andamiaje multidimensional que contiene, delimita y brinda sentido a una propuesta educativa basada en las consideraciones mencionadas. En el presente trabajo se describen y caracterizan los aspectos fundamentales de diseño e implementación de una intervención educativa llevada adelante en el marco de la asignatura Cálculo Avanzado, correspondiente al sexto semestre de la carrera de Ingeniería Civil, que se dicta en la Facultad Regional Mendoza de la Universidad Tecnológica Nacional. Dicha propuesta enmarca una serie de actividades presenciales y virtuales, sincrónicas y asincrónicas, numéricas y experimentales que integran en sus distintas dimensiones de articulación, los contenidos temáticos correspondientes a métodos numéricos para el estudio de sistemas físicos dinámicos lineales de interés en Ingeniería Civil. El andamiaje multidimensional mencionado, tiene por objeto promover el aprendizaje significativo y potenciar la comprensión profunda de los contenidos involucrados en la propuesta.

1 INTRODUCCIÓN

La puesta en vigencia durante el año 2005 del nuevo diseño curricular de la carrera de Ingeniería Civil que se dicta en la Facultad Regional Mendoza de la Universidad Tecnológica Nacional, implicó la incorporación de la asignatura Cálculo Avanzado dentro del grupo de asignaturas comunes de la especialidad. De acuerdo a dicho documento, ([Concejo Superior Universitario, 2004](#)), las asignaturas comunes de la especialidad son propias e indispensables en la formación del ingeniero civil.

En este caso, Cálculo Avanzado es una asignatura de características interdisciplinarias, que relaciona la matemática aplicada con diversas áreas del conocimiento. La misma inicia a los estudiantes en el estudio de conceptos de formulación matemática de modelos de sistemas reales de interés en Ingeniería Civil y su resolución mediante el empleo de métodos numéricos, con el correspondiente soporte de medios informáticos adecuados.

Las actividades académicas de la asignatura, se llevan a cabo durante el segundo semestre del tercer año de la carrera y anualmente se registra una cantidad de inscriptos cuyo número oscila alrededor de los 50 estudiantes, los cuales desarrollan sus actividades en dos cursos independientes, bajo la supervisión de un equipo docente compuesto por cuatro personas.

La carga horaria semanal correspondiente a la asignatura es de 4 horas, en las cuales se trabaja de acuerdo a un primer módulo teórico-práctico, con énfasis en los contenidos teóricos que sustentan el eje de trabajo práctico o de aplicación que se desarrolla en el segundo módulo de la semana.

El escenario descrito, junto con la disponibilidad de un modelo pedagógico dinámico y flexible, constituye un ambiente apto para la búsqueda e implementación de estrategias educativas innovadoras tendientes a lograr una mejora en los procesos de construcción de conocimientos de los estudiantes y en el enriquecimiento del aprendizaje significativo de los mismos.

Es precisamente dicho horizonte formativo el que actúa de elemento motivador en el desarrollo de un andamiaje multidimensional que delimite y otorgue sentido a una propuesta educativa en la cual la existencia de una variada gama de recursos pedagógicos de calidad, se conjugan dentro de una multiplicidad de escenarios de aprendizaje tales que, a partir de la adecuada coordinación de tiempos áulicos y extra-áulicos, permiten a los estudiantes de la asignatura el acceso a nuevas puertas al aprendizaje.

En el presente trabajo se describen y caracterizan los aspectos fundamentales de diseño e implementación de una intervención educativa llevada adelante en el marco de la asignatura Cálculo Avanzado, correspondiente al sexto semestre de la carrera de Ingeniería Civil, que se dicta en la Facultad Regional Mendoza de la Universidad Tecnológica Nacional. Dicha intervención fue implementada en forma parcial y en distintas etapas progresivas a partir del año 2010, y es en el presente ciclo lectivo que se encuentra en plena implementación en forma completa.

La propuesta mencionada enmarca una serie de actividades presenciales y virtuales, sincrónicas y asincrónicas, numéricas y experimentales que integran en sus distintas dimensiones de articulación, los contenidos temáticos correspondientes a métodos numéricos para el estudio de sistemas físicos dinámicos lineales de interés en Ingeniería Civil.

2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INTERVENCIÓN EDUCATIVA

El desarrollo de una propuesta pedagógica estructurada bajo un enfoque multidimensional tal como el descrito, requiere de una cuidadosa selección de contenidos que se debe desarrollar en forma previa al inicio de las etapas de diseño de la propuesta. Las

características propias de un determinado contenido temático, sus posibilidades de articulación con diversos temas del programa de la asignatura y la posibilidad de integración a problemas reales de interés ingenieril, son potenciales factores de decisión que deben ser tomados en cuenta al momento de seleccionar un determinado eje temático para la propuesta.

De esta manera y a partir de las consideraciones realizadas, en el presente trabajo se describe el enfoque multidimensional desarrollado en torno a un eje temático constituido por los conceptos asociados a la resolución numérica de valores y vectores propios.

Los problemas del ámbito ingenieril y específicamente hablando de la Ingeniería Civil que derivan en un problema de valores y vectores propios, son múltiples y de gran importancia, por lo cual la elección realizada, brinda un amplio abanico de posibilidades didácticas para enriquecer las intervenciones pedagógicas desarrolladas.

La formulación tradicional del problema de valores y vectores propios es bien conocida y los estudiantes desarrollan los conceptos básicos de la misma en el primer año de sus carreras en la asignatura Álgebra y Geometría Analítica.

De esta manera, los nuevos conocimientos adquiridos por los estudiantes durante el desarrollo del curso de Cálculo Avanzado referidos al tema seleccionado, se encuentran relacionados al estudio de métodos numéricos para la resolución del problema de valores y vectores propios y a la aplicación de los conceptos mencionados a una situación real de interés ingenieril que deriva en un problema de autovalores y autovectores generalizado.

En el primer caso mencionado, la formulación del problema está dada por la ecuación (1), donde A es una matriz conocida de orden n , λ es valor propio o autovalor de la matriz A y v se denomina vector propio o autovector de A asociado al valor propio λ .

$$Av = \lambda v \quad (1)$$

La resolución numérica del problema planteado en este caso, es abordada a partir de la implementación del Método de la Potencia y del Método de la Potencia Inversa, (Cheney y Kincaid, 2011). Es necesario destacar, que en este caso los métodos mencionados permiten obtener el mayor y menor valor propio respectivamente y sus correspondientes vectores propios asociados. Se destaca en este punto además, el análisis y discusión de las condiciones de convergencia de los métodos mencionados, (Burden y Faires, 2011).

En el segundo caso, es decir el problema de valores propios generalizados, el mismo surge a partir del estudio dinámico en vibraciones libres de un sistema vibratorio traslacional no amortiguado de n grados de libertad, cuyo modelo matemático está constituido por la ecuación matricial (2), (Edwards y Penney, 2009), siendo M la matriz de masas del sistema, K la matriz de rigidez del mismo, \ddot{u} un vector que contiene las aceleraciones de las diversas masas del sistema y u un vector que contiene los desplazamientos de dichas masas.

$$M\ddot{u} + Ku = 0 \quad (2)$$

Considerando la solución general de dicho sistema como la combinación lineal de elementos de un conjunto fundamental de funciones solución linealmente independientes, es posible reescribir el problema y transformarlo en un problema de valores y vectores propios generalizado (Strang, 2012), dado por la ecuación (3), donde ω representa cada una de las frecuencias naturales de vibración del sistema y x es un vector que contiene la información correspondiente a cada forma modal de vibración del mismo.

$$[K - \omega^2 M]x = 0 \quad (3)$$

De esta manera, la determinación de las frecuencias naturales del sistema y las correspondientes formas modales de vibración, a partir de diversas estrategias, constituyen el segundo caso de aplicación de los contenidos seleccionados.

3 EXPRESIÓN MULTIDIMENSIONAL DE LA INTERVENCIÓN EDUCATIVA

La multidimensionalidad de la propuesta se construye a partir de la definición de una serie específica de dimensiones de trabajo las cuales, adecuadamente articuladas entre sí, brindan al estudiante de la asignatura un abanico de escenarios de aprendizaje sobre los que el mismo construye e internaliza progresivamente el conocimiento.

3.1 Dimensión espacial

La primera de las dimensiones mencionadas, está asociada a las características propias de los espacios de trabajo en los que se desarrollan las diversas actividades de aprendizaje. En el marco de esta propuesta, se define como espacio de trabajo a todos aquellos escenarios contenedores de actividades significativas de aprendizaje desarrolladas con una intencionalidad educativa específica.

De esta manera, en la asignatura Cálculo Avanzado es posible caracterizar cinco espacios de trabajo fundamentales, de características propias y definidas que se enumeran a continuación junto con una descripción general de cada uno de ellos.

Aulas Teórico-Prácticas (ATP): es el espacio de trabajo donde los contenidos conceptuales y procedimentales de la asignatura se desarrollan en primera instancia, a partir de clases expositivo-dialogadas y teórico-prácticas. Se plantea una recuperación de saberes previos relativos al tema seleccionado y se desarrollan los conceptos básicos y las correspondientes fundamentaciones teóricas de los métodos a utilizar para la resolución numérica de los problemas planteados.

Espacio de aplicaciones prácticas y resolución de problemas (EP): es el espacio destinado a la interacción con aplicaciones prácticas concretas de los contenidos estudiados, a partir del trabajo en lápiz y papel y recursos tecnológicos apropiados con el objeto de movilizar los procesos cognitivos que deriven en una adecuada comprensión de conceptos complejos.

Espacio de consulta (EC): es el entorno que facilita la interacción del docente con aquellos estudiantes que presenten algunos inconvenientes para la apropiación del nuevo contenido. Su funcionamiento se basa en encuentros presenciales individuales o con grupos reducidos de estudiantes y en una dinámica estructurada a partir de la utilización de recursos adecuados a las necesidades planteadas.

Espacio Virtual (EV): constituye un espacio de trabajo complementario, implementado en el espacio virtual de la asignatura Cálculo Avanzado a partir de la utilización de la Plataforma Educativa Moodle, ([Programa Moodle](#)), de la Facultad Regional Mendoza de la Universidad Tecnológica Nacional.



Figura 1: Pantalla inicial del espacio virtual de la asignatura Cálculo Avanzado

En el marco de la presente propuesta, este espacio se constituye en un entorno facilitador de la comunicación entre docentes y estudiantes y de los estudiantes con una serie de recursos tecnológicos y digitales diseñados para guiar a los mismos en sus actividades extra-aúlicas. La [Figura 1](#) muestra la pantalla inicial del espacio virtual mencionado.

Trabajo Integrador de Conocimientos (TIC): este espacio se construye en base a una estrategia didáctica enmarcada dentro del Aprendizaje Basado en Problemas, ([Verdejo y Freixas, 2009](#)). El mismo consiste en el desarrollo por parte de los estudiantes de un Trabajo Integrador de Conocimientos que plantea la aplicación de las posibilidades de análisis y resolución que brindan los métodos numéricos y sus implementaciones computacionales, sobre una situación problema concreta de interés ingenieril. En un trabajo anterior ([Raichman, et al. 2011](#)), se describió en detalle la metodología de desarrollo de dichos Trabajos Integradores.

3.2 Dimensión temporal

Es la dimensión que se encuentra relacionada a la interacción simultánea o no del estudiante con el docente. De esta manera, en el marco del presente trabajo, se consideran actividades significativas de aprendizaje sincrónicas a aquellas en las cuales el estudiante interactúa simultáneamente con el docente, en tanto que las asincrónicas son aquellas actividades significativas de aprendizaje realizadas por el estudiante sin la presencia física o virtual del docente.

3.3 Recursos didácticos disponibles para la propuesta

La variedad de recursos didácticos puestos en juego en la presente propuesta, constituye otra dimensión del presente enfoque. La multiplicidad de los mismos, enriquece la interacción con cada una de las dimensiones mencionadas en los párrafos precedentes, generando la matriz multidimensional que contiene y da sentido a la intervención educativa.

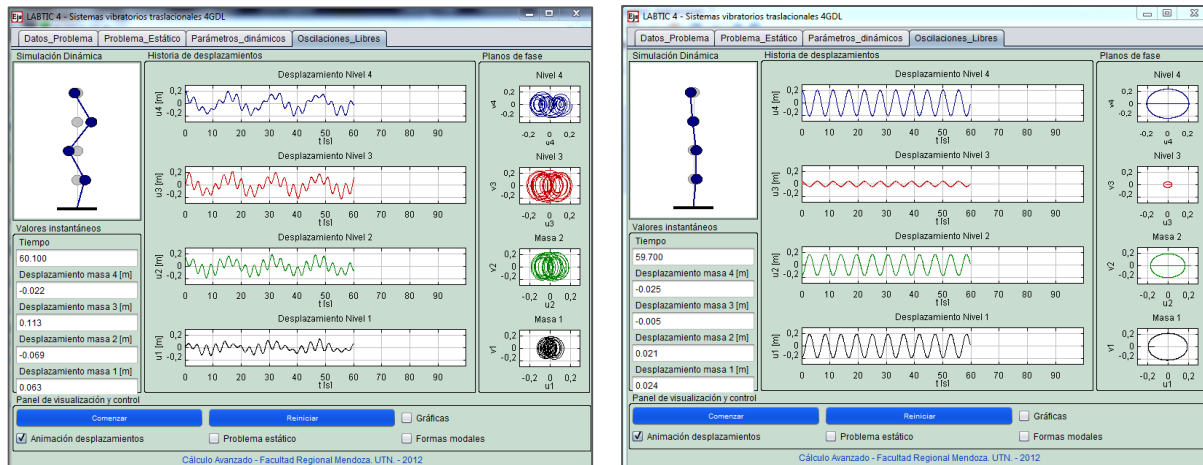
Es posible agrupar los recursos didácticos mencionados en cuatro grandes áreas, las cuales se enumeran a continuación, presentando algunos ejemplos de los mismos.

Recursos asociados al trabajo del estudiante con lápiz y papel (L): los recursos didácticos agrupados en esta categoría, se diseñan para resignificar el trabajo propio e individual de los estudiantes. Dicho material educativo tiende a potenciar la jerarquización y aplicación práctica de los contenidos a través de la confección de mapas conceptuales, ([Molina y Prieto Castillo, 1997](#)), resolución de problemas sencillos con solución exacta a los efectos de lograr familiaridad con los diversos métodos numéricos utilizados y por último la resolución de problemas de aplicación en Ingeniería Civil, acordes al nivel del estudiante en correspondencia con la ubicación de la asignatura dentro del diseño curricular.

Recursos computacionales interactivos y no interactivos (SC): los mismos están constituidos por una serie de herramientas computacionales diseñadas específicamente para la presente propuesta, orientadas a lograr una acertada visualización del fenómeno en estudio, diseñados con el objeto de potenciar los procesos reflexivos, comprensivos y creativos, transformando de esta manera las estrategias didácticas tradicionales. La disponibilidad de recursos tecnológicos apropiados, favorece la visualización del comportamiento de los sistemas en estudio, permitiendo al estudiante una mejor apropiación del contenido. Las simulaciones computacionales se constituyen en herramientas de gran valor didáctico a la hora de visualizar ciertos fenómenos, ya que permiten acompañar la comprensión de aspectos analíticos y gráficos y articular los mismos con procesos físicos reales de interés en Ingeniería Civil. Por otra parte, las mismas permiten explorar y experimentar distintas alternativas de datos con sus correspondientes resultados, ofreciendo a los estudiantes, a partir de la

interpretación guiada por el docente, un nivel inicial de formación de criterios de razonabilidad en los valores numéricos de las variables involucradas en el problema.

Con el objeto de ilustrar lo mencionado, es posible observar en la Figura 2, una de las simulaciones desarrolladas, denominada LABTIC4. Cabe destacar que las simulaciones mencionadas fueron programadas a partir de la utilización de una herramienta de autor denominada Easy Java Simulations (Programa Easy Java Simulations).



(a) (b)

Figura 2: Oscilaciones libres de un sistema dinámico de cuatro grados de libertad no amortiguado

La figura muestra dos situaciones de simulación de la respuesta en oscilaciones libres de un sistema dinámico vibratorio traslacional de cuatro grados de libertad sin amortiguamiento. En el caso correspondiente a la Figura 2a, el sistema, a partir de una configuración de desplazamientos iniciales arbitrarios, se encuentra oscilando en una combinación lineal de sus modos normales. El apropiado tratamiento de la situación como problema de valores propios generalizados, permite encontrar configuraciones de desplazamientos iniciales, que brindan por resultado la oscilación del sistema en uno de sus modos normales, tal como puede observarse en la Figura 2b. Aspectos destacados de ambas simulaciones, tales como las diferencias en los diagramas de desplazamientos temporales de cada masa y los diagramas de fase asociados al problema, se aprecian en las figuras y son discutidos y adecuadamente estudiados en las clases de la asignatura.

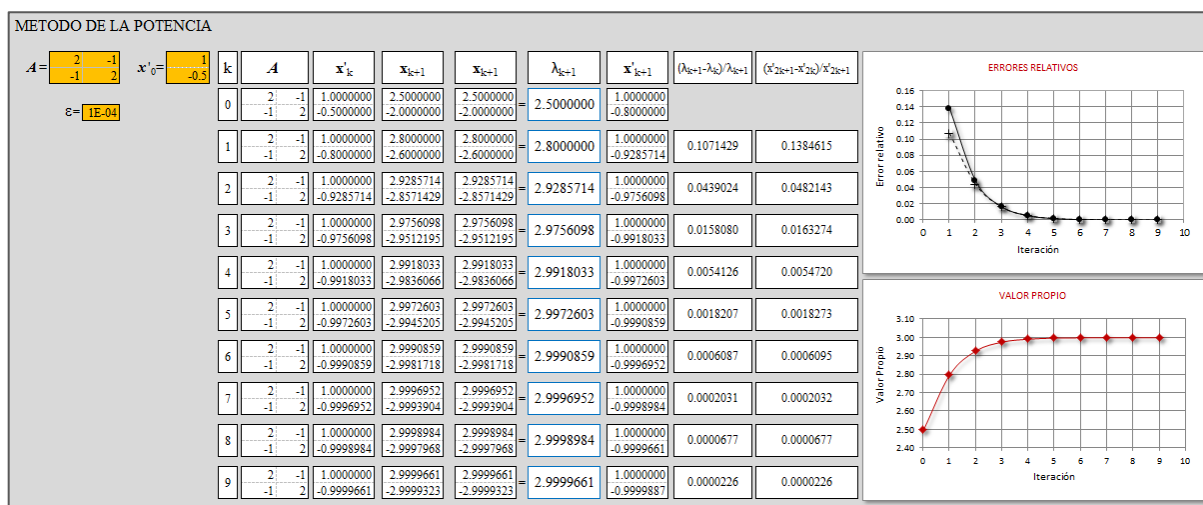


Figura 3: Recurso computacional utilizado para el estudio del Método de las Potencias

La **Figura 3**, permite apreciar un ejemplo de otro tipo de recursos computacionales utilizados en el desarrollo de la propuesta, en este caso constituido por una planilla de cálculo mediada pedagógicamente para representar en forma adecuada el algoritmo del Método de las Potencias. En la misma es posible visualizar un seguimiento del proceso iterativo del método, junto con una representación gráfica de la evolución de los errores relativos y de la convergencia de los valores propios a través de las sucesivas iteraciones del método.

Cabe señalar que además de la utilización de los recursos descriptos, los estudiantes desarrollan sus propias implementaciones computacionales, con el objeto de abordar la resolución de los diversos problemas que se plantean en la asignatura. Dichas implementaciones se realizan a partir de la utilización de programas tales como Matlab, (**Programa Matlab**) o Scilab, (**Programa Scilab**).

Dispositivos dinámicos experimentales (DDE): los mismos están constituidos por una serie de objetos de aprendizaje de base experimental, denominados en el marco de la presente propuesta Dispositivos Dinámicos Experimentales. Dichos recursos, mediados de acuerdo a los horizontes formativos de la intervención educativa y adecuadamente articulados a los contenidos específicos seleccionados de la asignatura, son utilizados a partir de estrategias enmarcadas por el concepto de Aulas Mediadas Experimentalmente, (**Totter et al., 2013**). Dicho concepto implica el traslado al aula de trabajo, de dispositivos físicos que permitan al estudiante lograr un incremento en las posibilidades de visualización, interacción y experimentación con un problema físico determinado.

La **Figura 4** ilustra uno de los dispositivos mencionados, en este caso diseñado para el estudio de oscilaciones libres de un sistema mecánico vibratorio traslacional de tres grados de libertad. Es posible observar en el nivel superior del dispositivo, la presencia del acelerómetro bidimensional que permite obtener los valores de aceleración de dicho nivel en vibraciones libres. Los datos de aceleración obtenidos permiten a los estudiantes vincular e integrar adecuadamente conceptos derivados del estudio del sistema y enriquecer los procesos comprensivos logrados a partir de la visualización de los fenómenos involucrados.

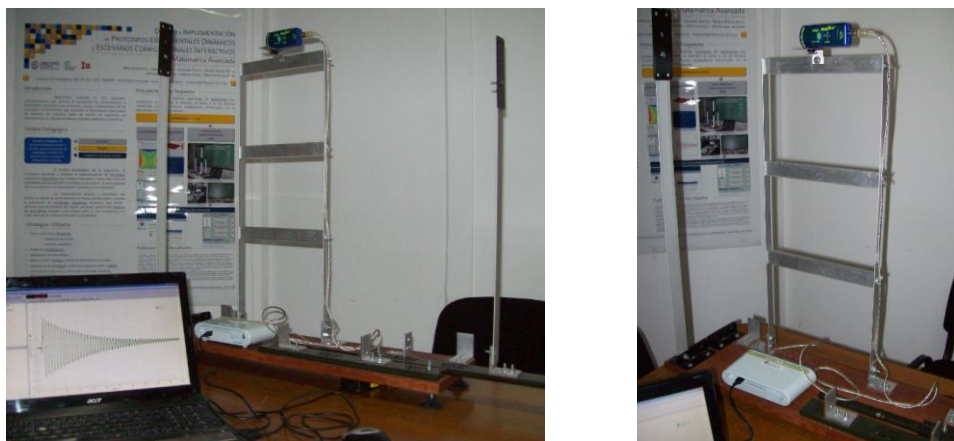


Figura 4: Dispositivo Dinámico Experimental utilizado en el marco de la propuesta

Contenidos digitales mediados pedagógicamente (MD): los recursos didácticos agrupados en esta categoría, se diseñan específicamente para acompañar el proceso de enseñanza y aprendizaje. Dichos recursos constituyen un complemento adecuado, que puede ser utilizado por los estudiantes en forma optativa y no estructurada, potenciando el rol del estudiante como gestor de su propio proceso de aprendizaje. Entre los recursos didácticos digitales disponibles en la presente propuesta, se encuentran contenidos teóricos, mapas conceptuales,

síntesis de unidades temáticas, problemas adicionales resueltos y enlaces a sitios de interés. La Figura 5 permite apreciar un ejemplo ilustrativo de lo descripto.

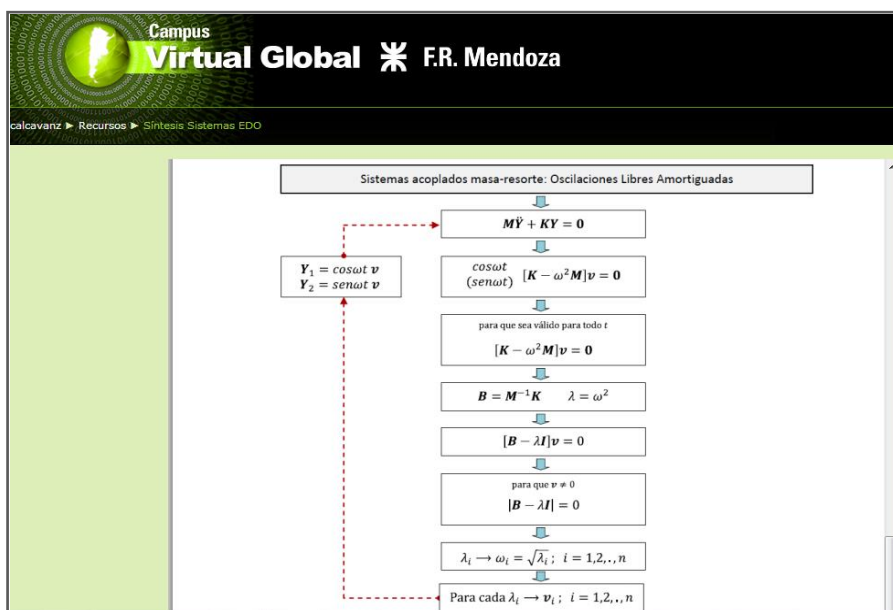


Figura 5: Mapa conceptual sobre oscilaciones libres no amortiguadas de sistemas acoplados masa-resorte, disponible como Material Digital del Campus Virtual de la asignatura Cálculo Avanzado

4 INTEGRACIÓN DE LAS DIMENSIONES DE LA PROPUESTA

Las dimensiones descritas en los párrafos precedentes, junto con la disponibilidad en cada una de ellas de aquellos recursos didácticos cuya metodología de utilización los convierte en aptos para su empleo en dichos espacios, se articulan entre sí e integran la matriz multidimensional que contiene y da sentido a la propuesta pedagógica.

Dicha integración, entendida como un espacio educativo que surge de la intersección de las dimensiones espacial y temporal del problema, abre puertas al aprendizaje progresivo de los estudiantes a partir del uso de los recursos pedagógicos adecuados a dichos espacios, los cuales son utilizados de acuerdo a la planificación prevista en el diseño pedagógico de la propuesta.

		Dimensión espacial									
		ATP		EP		EC		EV		TIC	
Dimensión temporal	Actividades sincrónicas	L	SC	L	SC	L	SC	-	-	L	SC
		DDE	-	DDE	-	-	MD	-	MD	DDE	-
	Actividades asincrónicas	-	-	-	-	-	-	L	SC	L	-
		-	-	-	-	-	-	-	MD	-	MD

Tabla 1: Distribución de recursos pedagógicos que es posible encontrar para cada uno de los espacios educativos generados por las dimensiones espacial y temporal descriptas.

La Tabla 1, permite observar la distribución de recursos pedagógicos correspondiente a cada uno de los espacios educativos generados a partir de las dimensiones descriptas.

La variedad de escenarios de aprendizaje y de recursos didácticos disponibles, potencia el impacto de la internalización del nuevo conocimiento, al cubrir distintos estilos de aprendizaje de los estudiantes.

Asimismo las interacciones que se generan en los distintos espacios de trabajo, del alumno consigo mismo, con el contenido, con el docente y con sus pares, activan procesos de comparación, síntesis, análisis, reflexión y valoración del conocimiento que favorecen el aprendizaje de conceptos complejos.

5 PROCESO DE EVALUACIÓN

Un aspecto importante a considerar cuando se diseña una intervención educativa, es que las estrategias de evaluación utilizadas, deben ser una parte integrante de la misma, a partir de su apropiada articulación con las actividades de enseñanza y aprendizaje y de las concretas posibilidades de retroalimentación que proporcionan, (Raichman y Totter, 2013). Estrategias de enseñanza innovadoras que no se encuentren debidamente articuladas a un proceso de evaluación pertinente y coherente a las mismas, perderán gran parte de su efectividad y no podrán brindar los resultados deseados.

De esta manera la evaluación forma parte integrante de la actividad pedagógica, ya que permite una reflexión continua por parte de los docentes acerca de los resultados obtenidos en las intervenciones educativas implementadas y habilita a los mismos a establecer ajustes o correcciones en el proceso de enseñanza, en los casos que resulten necesarios.

Esta perspectiva de evaluación constituye lo que usualmente se conoce como evaluación formativa, término que fue acuñado por primera vez en el año 1967 por el autor Michael Scriven, (Camillioni et al., 1998). La utilización de modelos pedagógicos que tengan en cuenta dichos criterios de evaluación permite ver la educación superior desde otro punto de vista. Éste implica que se produce una transición desde un proceso de enseñanza estático tradicional centrado en el docente, hacia esquemas de aprendizaje centrados en los estudiantes, (López Pastor, 2006).

En el marco de la propuesta educativa desarrollada, se plantean variadas instancias de evaluación de los contenidos referidos a métodos numéricos para la resolución de valores y vectores propios, que permiten ir evaluando los distintos niveles de apropiación del contenido por parte de los estudiantes. Un primer nivel de apropiación del contenido se valora en el contexto de la segunda evaluación parcial escrita teórico práctica de la asignatura. Se evalúan los contenidos conceptuales y procedimentales, tales como: planteo y aplicación de la condición de convergencia de los métodos de la potencia y potencia inversa, descripción de los algoritmos correspondientes a dichos métodos y resolución numérica en lápiz y papel de algunas iteraciones en problemas sencillos de matrices de orden 2 o 3. Un segundo nivel de apropiación del contenido, lo constituye la transferencia del mismo a una situación real de interés en Ingeniería Civil. Esto se evalúa en el espacio de trabajo correspondiente al Trabajo Integrador de Conocimientos, concretamente en la entrega de la segunda parte de dicho TIC, ya que allí se refiere al contenido asociado a la propuesta presentada. Los docentes cuentan con matrices apropiadas de valoración, tanto para el informe escrito como para el coloquio individual que se realiza en la instancia de entrega final del trabajo integrador.

El último nivel de evaluación lo constituye la instancia de evaluación integradora disponible sólo para aquellos estudiantes en condición de promoción, así como también la instancia correspondiente al examen final, para aquellos estudiantes que alcanzaron la condición de regularidad pero no la de promoción. La condición de aprobación de estas instancias de evaluación implica el dominio de los contenidos conceptuales y procedimentales de todas las unidades temáticas del programa de la asignatura, así como también de las aplicaciones prácticas y la articulación de contenidos entre sí, trabajados durante el cursado.

Debe destacarse que en el marco descripto y precisamente por ser el estudiante el centro del proceso, toma significativa relevancia el concepto de corresponsabilidad. El mismo implica que desde un punto de vista de cooperación entre los actores del proceso educativo,

los estudiantes conocen, participan y se sienten comprometidos con los criterios utilizados, de manera tal que se constituyen en partícipes de su propio proceso evaluativo.

6 CONCLUSIONES

En este trabajo se ha presentado una descripción del diseño de una propuesta orientada a la enseñanza de métodos numéricos para la resolución del problema de valores y vectores propios en la asignatura Cálculo Avanzado, correspondiente a la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad Regional Mendoza de la Universidad Tecnológica Nacional. Dicha propuesta, basada en un andamiaje multidimensional, tiene por objetivos promover el aprendizaje significativo y la comprensión profunda de los contenidos asociados, acercando al mismo tiempo a los estudiantes a la problemática específica de la profesión. Las actividades significativas de aprendizaje se desarrollan en espacios de trabajo, áulicos y extra-áulicos, sincrónicos y asincrónicos, adecuadamente definidos en función de las intencionalidades educativas específicas. Los espacios de trabajo se conciben como aquellos entornos facilitadores de la interacción comunicacional entre docentes, estudiantes y contenidos.

El diseño de una intervención educativa basada en el enfoque multidimensional, integra el trabajo analítico y numérico de lápiz y papel, con las posibilidades de visualización, análisis y reflexión que surgen a partir de la utilización de simulaciones computacionales y dispositivos experimentales, a la vez que promueve la transferencia del nuevo conocimiento a situaciones reales de interés para el estudiante de Ingeniería Civil, ayudándolo de este modo a dar sentido al nuevo conocimiento que adquiere.

Se trata de una propuesta pedagógica dinámica y flexible, en el sentido que se requiere la reflexión continua de los docentes sobre el desarrollo del propio proceso y sus resultados y la detección de posibles necesidades de reajustes y mejoras para mantener el equilibrio y la apropiada articulación entre las distintas actividades de aprendizaje, así como también la apropiada inserción de las diversas instancias de evaluación en el proceso de evaluación formativa.

Las actividades generadas a partir de la utilización de las simulaciones computacionales y de los dispositivos experimentales, coherentemente articuladas con el resto de los recursos y actividades disponibles en el modelo pedagógico de la asignatura, promueven el desarrollo de capacidades de visualización, exploración y experimentación, que se traduce en una transformación del diálogo interior del estudiante que redefine, reordena y reelabora el conocimiento con significado, derivando en un enriquecimiento del aprendizaje complejo de los contenidos involucrados en la propuesta.

REFERENCIAS

- Burden, R.L., Faires, J.D.; *Análisis numérico*. Cengage Learning, novena edición, 2011.
- Camilloni, A. R. W. de, Cellman, S., Litwin, E., Palou de Maté, M. del C., *La Evaluación de los Aprendizajes en el Debate Didáctico Contemporáneo*. Ed. Paidós, 1998.
- Cheney, W. y Kincaid, D., *Métodos numéricos y computación*. Cengage Learning, 2011.
- Concejo Superior Universitario, *Diseño curricular de la Carrera de Ingeniería Civil*, Ordenanza nro. 1030, Universidad Tecnológica Nacional, 2004.
- Edwards C. y Penney D., *Ecuaciones diferenciales y problemas con valores en la frontera. Cómputo y modelado*. Pearson, Prentice Hall, 2009.
- López Pastor, V. M., El papel de la evaluación formativa en el proceso de convergencias hacia el EEES. Análisis del estado de la cuestión y presentación de un sistema de intervención. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 20(3): 93-119, España, 2006.

- Molina, V., Prieto Castillo, D., *El aprendizaje en la Universidad*. Editorial de la Universidad Nacional de Cuyo, Argentina, 1997.
- Programa Easy Java Simulations. Sitio Web Oficial, <http://fem.um.es/EJS>
- Programa de cálculo científico Matlab. Sitio Web Oficial, www.mathworks.com
- Programa de cálculo científico Scilab. Sitio Web oficial, <http://scilab.org>
- Raichman, S.R., Palazzo, G., Masnó, V., Totter, E., Estrategia didáctica para el aprendizaje significativo de métodos numéricos en la carrera de ingeniería civil. En O.Moller, J. Signorelli, M. Storti (eds.), *Mecánica Computacional Vol. XXX:2363-2374*, 2011.
- Raichman, S., Totter, E., Proceso de evaluación formativa en el modelo pedagógico de componentes presenciales y virtuales para el desarrollo inicial del pensamiento complejo. En: *Estrategias para la evaluación de aprendizajes: pensamiento complejo y competencias*. ISBN: 978-607-502-266-6. Innova Cesal, México, 28 de agosto 2013.
- Sistema de administración de cursos, MOODLE, <https://moodle.org>
- Strang, G., *Computational Science and Engineering*. Wellesley-Cambridge Press, USA, Second Printing 2012.
- Totter, E., Raichman, S.R., Diseño de un Laboratorio Áulico basado en Dispositivos Dinámicos Experimentales orientados a promover el aprendizaje complejo de contenidos de Matemática Avanzada. VIII Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología. ISBN-978-987-1676-04-0. Santiago del Estero, Junio de 2013.
- Verdejo, P. y Freixas, R., *Educación para el pensamiento complejo y competencias: diseño de tareas y experiencias de aprendizaje*. ACET, S.C. México, Abril de 2009.