

Diseño de un Laboratorio Áulico basado en Dispositivos Dinámicos Experimentales orientado a promover el aprendizaje complejo de contenidos de Matemática Avanzada.

Eduardo Totter , Silvia Raichman, Aníbal Mirasso
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo
Facultad Regional Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional
Mendoza - Argentina

etotter@fing.uncu.edu.ar, sraichman@fing.uncu.edu.ar, aemirasso@fing.uncu.edu.ar

Resumen

La disponibilidad de recursos tecnológicos interactivos, junto con una articulada y coherente utilización de los mismos en el marco de un modelo pedagógico dinámico, flexible e innovador, permite a los estudiantes acceder a una enriquecedora multiplicidad de posibilidades de visualización y análisis de un determinado fenómeno. Dicha visualización potencia e incrementa la movilización de procesos cognitivos que derivan en una adecuada comprensión del problema que se está analizando. Lo mencionado cobra mayor importancia en el caso del estudio de conceptos matemáticos que poseen alto nivel de abstracción, como es el caso de los contenidos abordados en asignaturas que introducen al estudiante en la comprensión, dominio y resolución de conceptos de formulación matemática de problemas físicos reales de interés en ingeniería.

En este trabajo se presenta una descripción de los criterios de diseño y de las estrategias didácticas de utilización de una serie de dispositivos dinámicos orientados a la experimentación, específicamente diseñados para la presente propuesta, tendientes a promover el aprendizaje complejo de contenidos seleccionados de la asignatura Matemática Avanzada de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica que se dicta en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo. Dicha descripción incluye aspectos inherentes al diseño de dichos dispositivos, a sus características principales y

a la forma en que los mismos interactúan con el resto de los recursos tecnológicos disponibles en la asignatura. En forma adicional se presentan algunos resultados cualitativos y cuantitativos, obtenidos a partir de la aplicación de las estrategias didácticas mencionadas.

Palabras claves: ingeniería, dispositivos dinámicos, Matemática Avanzada, aprendizaje complejo, recursos tecnológicos.

Introducción

Se encuentra suficientemente aceptado y tradicionalmente así ha sido reconocido, que el perfil de un egresado de las carreras de ingeniería en general, requiere de una sólida formación en disciplinas relacionadas a las Ciencias Básicas, particularmente aquellas correspondientes al área matemática.

En el marco del área mencionada, existen asignaturas específicas que poseen entre sus objetivos principales la misión de introducir al estudiante en el dominio fluido de todos aquellos aspectos relacionados a la modelación matemática de un sistema físico real de interés ingenieril.

Entendiendo un sistema físico real como un conjunto de objetos materiales que interactúan entre sí de determinada manera con la finalidad de cumplir cierta función, la representación del mismo a partir de cierto nivel de simplificación por medio de símbolos abstractos, constituye lo que se denomina

modelo matemático del sistema físico real. Dicho modelo matemático brinda, a partir de su adecuada resolución por diversos métodos, la posibilidad de acceder a la comprensión y análisis del sistema, permitiendo de esta forma el estudio de la respuesta del mismo, ante la variación de ciertos parámetros de interés adecuadamente seleccionados.

En el contexto mencionado, el manejo por parte de los estudiantes de conceptos de diverso nivel de complejidad, junto a la necesidad por parte de los mismos de abordar la resolución de modelos matemáticos que poseen en algunos casos un alto nivel de abstracción respecto al problema real, provoca en general dificultades importantes que obstaculizan el adecuado desarrollo del proceso de construcción de conocimientos de los contenidos en estudio.

Es precisamente en los puntos mencionados, donde el equipo docente de la asignatura debe enfocar sus esfuerzos a los efectos de diseñar y llevar adelante estrategias didácticas que tiendan a disminuir la problemática presentada.

De esta manera la utilización articulada y coherente de diversos recursos tecnológicos, interactuando en forma eficiente dentro del marco de un modelo pedagógico dinámico, flexible e innovador, que sea contenedor adecuado de dichas estrategias, se convierte en un factor de fundamental importancia en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la asignatura.

Este trabajo presenta los criterios de diseño adoptados para la materialización de recursos tecnológicos tales como los mencionados y una descripción general de estrategias didácticas de utilización de los objetos de aprendizaje de base experimental diseñados, denominados en el marco de este trabajo Dispositivos Dinámicos Experimentales (DDE). A partir de la utilización de los mismos, se generan nuevos canales y escenarios educativos que tienden a mejorar la calidad del aprendizaje significativo de

contenidos correspondientes a la asignatura Matemática Avanzada, perteneciente al cuarto semestre de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica que se dicta en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo en la provincia de Mendoza, Argentina.

El incremento de las posibilidades de visualización, interacción y experimentación con un determinado problema o sistema físico real, a partir de la utilización de estrategias didácticas sustentadas en una amplia variedad de recursos tecnológicos, mediados pedagógicamente y adecuadamente articulados a los contenidos de la asignatura con una intencionalidad educativa coherente con los objetivos y con el modelo pedagógico de la misma, tienden puentes hacia un horizonte de desarrollo de las capacidades de análisis, potenciando de esta manera los procesos comprensivos y reflexivos de los estudiantes involucrados en la propuesta.

Fundamentación teórica

La evolución constante de los avances tecnológicos y científicos en general, plantea en la actualidad un panorama dinámico y cambiante, que exige que los estudiantes que transitan nuestras aulas en carreras relacionadas a dichos campos, adquieran una serie de conocimientos, habilidades y capacidades que les brinden las herramientas adecuadas para insertarse e integrarse en un espacio laboral dinámico e incierto. Es así que cobra crucial importancia el aprendizaje en el pensamiento complejo, (*Guerrero Useda y Gómez Paternina, 2004*), (*Castejón, et. al., 2004*), y el desarrollo de competencias en la formación de futuros profesionales que se encuentren en condiciones de interactuar y tomar decisiones y acciones apropiadas en circunstancias altamente cambiantes.

A tal fin, y tomando como fundamento de partida de las estrategias adoptadas, un enfoque constructivista del proceso de enseñanza y aprendizaje, (*Verdejo y Freixas, 2009*), por el cual los alumnos adquieren capacidades relacionadas a un determinado

nivel de desempeño en el planteo, resolución e interpretación de problemas prácticos de interés ingenieril, se logra plasmar un horizonte formativo claramente definido a partir del modelo pedagógico utilizado.

El enfoque mencionado cobra sentido didáctico a partir de los conceptos básicos postulados por el denominado Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), conocido en la literatura de origen inglés como Problem Based Learning (PBL), (Mills y Treagust, 2003).

Tomando como punto de partida los conceptos principales del mismo, el proceso de enseñanza y aprendizaje de un determinado contenido temático, se centra en el planteo por parte de los docentes de una situación de prueba específica que los estudiantes deben investigar y resolver adecuadamente hasta un nivel de profundidad previamente definido. Esto se realiza a partir del cumplimiento de una serie de etapas que implican el seguimiento del proceso de modelación de un sistema real (Godoy, 2008), adecuadamente pautadas, pero suficientemente flexibles y consistentes con el nivel de conocimientos del estudiante.

Es precisamente en las distintas etapas del proceso, que se inicia con la situación de prueba planteada, en donde la multiplicidad de escenarios educativos puestos a disposición de los estudiantes cobra la importancia debida. Éstos se constituyen en puentes tendidos hacia una mejora en los procesos de construcción de conocimientos y hacia el incremento en la calidad del aprendizaje complejo de los contenidos involucrados, atendiendo al mismo tiempo los diferentes estilos de aprendizaje (Felder y Silverman, 2008).

Por otra parte, la investigación educativa reconoce la importancia de los procesos de visualización y experimentación en la didáctica de la matemática, (Duval R., 1999), (Hitt, F., 1998), (Zimmerman, W., 1991), (Gilbert, et. al., 2005), por lo cual los esfuerzos orientados a promover intervenciones educativas que incluyan la

utilización de recursos tecnológicos que amplíen las fronteras del aula tradicional, obtienen resultados de alto impacto en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las asignaturas involucradas.

Un esquema general de lo mencionado precedentemente, aplicado específicamente a la presente propuesta, puede observarse en la Figura 1. La inserción en el diseño instruccional de la estrategia didáctica, del laboratorio áulico de experimentación, junto con la disponibilidad de simulaciones computacionales interactivas y de un escenario de extensión dado por la existencia de un espacio virtual de complemento y apoyo a la propuesta, configura el concepto de Aula Mediada Tecnológicamente.

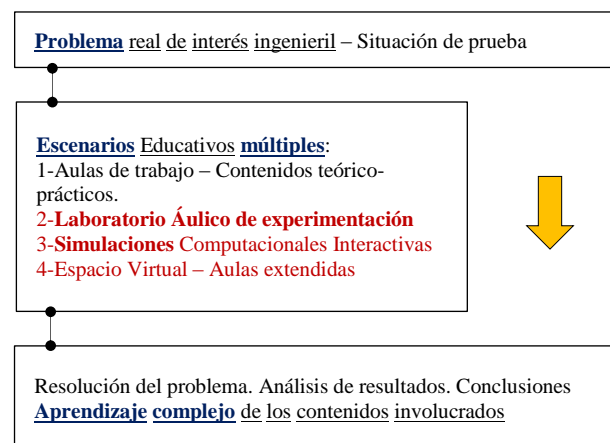


Figura 1. Esquema representativo de los escenarios educativos presentes en el diseño instruccional de la propuesta.

Desde el punto de vista del rol que cumple el docente en el proceso mencionado, éste lo ubica en una posición de mediador pedagógico en la intervención educativa planteada. De esta manera, el docente participante de la propuesta, guía, acompaña, asesora y orienta a los estudiantes en forma dinámica y coherentemente alineada con los objetivos de la asignatura.

Laboratorio Áulico basado en Dispositivos Dinámicos Experimentales

La lectura del programa de la asignatura, (Programa de Matemática Avanzada, 2012),

revela que entre los objetivos fundamentales de la misma, se encuentran aquellos asociados a lograr que los estudiantes, luego de finalizar el cursado, sean capaces de reconocer las distintas etapas del proceso de modelación matemática de sistemas dinámicos lineales de interés ingenieril, identificar los errores que en dicho proceso se introducen y realizar experimentación numérica analizando el comportamiento y respuesta de dichos sistemas dinámicos en estudio.

En trabajos anteriores (Totter, et.al. 2011, 2012), se presentaron diversos aspectos y consideraciones relevantes, referidas a la importancia que posee en los procesos de visualización y comprensión de determinados fenómenos, la utilización sincronizada y coherente de una serie de herramientas computacionales denominadas Simulaciones Computacionales Interactivas.

Otro de los escenarios educativos fundamentales mencionados en el apartado anterior, lo constituye el denominado Laboratorio Áulico basado en Dispositivos Dinámicos Experimentales (LAE), que junto con las simulaciones computacionales interactivas mencionadas, constituyen el eje central sobre el que gira la presente propuesta.

De esta manera, se describen a continuación las características principales del mencionado recurso y los criterios y consideraciones generales aplicados al diseño de los mismos.

Criterios de diseño y descripción general del Laboratorio Áulico.

A partir de un horizonte constituido por una serie de premisas fundamentales, dadas principalmente por el rol que el laboratorio a diseñar debía cumplir dentro del modelo pedagógico de la asignatura Matemática Avanzada y de las diversas posibilidades de articulación e interacción que el mismo debía presentar con el resto de los recursos disponibles, es que el proceso de desarrollo, diseño y construcción del recurso, requiere el seguimiento de un camino que consta de una serie de etapas claramente definidas.

Etapal. Selección y jerarquización de contenidos.

A partir de la experiencia obtenida por los docentes en las aulas y del conocimiento por parte de los mismos de las diversas dificultades que presenta la adecuada visualización y comprensión de los contenidos correspondientes al programa de la asignatura, es que se procede al desarrollo de la etapa inicial de selección y jerarquización de los mismos.

La diversidad de contenidos de la asignatura, exige una cuidadosa selección de aquellos tales que por su nivel de complejidad y por sus posibilidades de visualizar y experimentar los fenómenos físicos asociados, hagan que resulte relevante y al mismo tiempo factible el trabajo con los mismos.

Dicho proceso de selección implica además el análisis de la factibilidad constructiva del dispositivo a diseñar, lo cual permitirá asegurar la adecuada y efectiva concreción del mismo luego de finalizado el proceso de diseño.

Contenido temático del programa de la asignatura	Dispositivo dinámico diseñado
Modelación matemática. Sistemas dinámicos lineales de un grado de libertad.	Juego de 6 osciladores de características dinámicas configurables de un grado de libertad. Oscilaciones libres y forzadas.
Modelación matemática. Sistemas dinámicos lineales de varios grados de libertad	Juego de 3 osciladores de características dinámicas configurables de dos grados de libertad. Oscilaciones libres y forzadas.
Ecuaciones diferenciales en derivadas parciales. Ecuación de la onda unidimensional	Cuerda vibrante de excitación y longitud fija y tensión variable.
Ecuaciones diferenciales en derivadas parciales. Ecuación de la onda bidimensional	Placa vibrante bidimensional. Visualización de formas modales de vibración.

Tabla 1. Contenidos seleccionados y los dispositivos dinámicos asociados para la presente propuesta.

Para el caso de la presente propuesta, es posible observar en la Tabla 1 los contenidos temáticos que fueron seleccionados para formar parte de la misma, junto con los

dispositivos dinámicos experimentales que representan el fenómeno en estudio asociado a dichos contenidos seleccionados.

Otro de los aspectos a considerar a la hora de seleccionar los contenidos que formarán parte de la propuesta, es que los mismos tengan posibilidad de representar fenómenos que presentes variables o parámetros de interés, susceptibles de medición. Esto es importante de destacar, ya que la utilización de sensores y elementos de medición específicos, será la fuente de generación de datos numéricos, fundamental para la articulación con el resto de las actividades de aprendizaje previstas en las diversas sesiones de trabajo y el análisis por parte de los estudiantes de los fenómenos observados.

Etapa 2. Mediación pedagógica de los contenidos seleccionados.

La siguiente etapa del proceso está constituida por la mediación pedagógico-didáctica del material seleccionado en la etapa anterior para participar de la presente propuesta.

A partir de dicha mediación y teniendo presente la premisa de que el material mediado debe orientar el trabajo de los estudiantes hacia un saber hacer reflexivo, comprensivo y adecuadamente fundamentado, es que la etapa incluye todas aquellas tareas necesarias para la apropiada inserción de los contenidos seleccionados en una propuesta educativa coherente y articulada entre sus componentes.

Los principales ejes de la mediación pedagógico-didáctica del material se encuentran específicamente asociados al desarrollo de los siguientes aspectos:

- Detalle general de los recursos disponibles: Laboratorio Áulico, Simulaciones computacionales asociadas a los fenómenos investigados con el laboratorio y disponibilidad de un espacio virtual de trabajo complementario a la propuesta.
- Definición clara de los esquemas de articulación entre los diferentes recursos tecnológicos disponibles.

- Definición de actividades a desarrollar por los estudiantes a partir de la utilización de los mencionados recursos.

En forma adicional, la presente etapa, necesariamente debe incluir una adecuada evaluación y programación de tiempos didácticos. La misma se realiza a partir del conocimiento de los recursos disponibles y del establecimiento de los canales de interacción adecuados entre los mismos.

Etapa 3. Proceso de construcción y prueba de funcionamiento de los dispositivos dinámicos diseñados.

En un todo de acuerdo al diseño y consideraciones realizadas previamente, se procede en la presente etapa a la construcción propiamente dicha de los dispositivos dinámicos experimentales.

Esta etapa incluye consideraciones tales como elección de materiales, diseño y construcción de los dispositivos dinámicos que compondrán el laboratorio áulico, evaluación de distintas posibilidades de materiales y configuraciones en busca de aquellas que resulten más eficientes.

Un aspecto fundamental de la presente propuesta, lo constituye la premisa inicial de movilidad planteada como un objetivo a cumplir. De esta manera, el laboratorio áulico diseñado, debía ser fácilmente transportable al aula de trabajo, permitiendo el despliegue en la misma de las estrategias educativas diseñadas para su utilización, en forma sincrónica y coordinada con las simulaciones computacionales interactivas.

Etapa 4. Puesta en funcionamiento, prueba y calibración de los dispositivos dinámicos experimentales.

La presente etapa incluye las tareas de verificación del adecuado funcionamiento de los dispositivos diseñados, la calibración de los mismos y su ajuste en caso de ser necesario.

Un aspecto muy importante para la obtención de adecuados resultados en la propuesta, es la selección de las variables o parámetros dinámicos a medir durante la utilización de los dispositivos diseñados.

Dispositivo Dinámico Experimental	Medición de parámetros
Osciladores de un grado de libertad. Oscilaciones libres y forzadas.	<p>Aceleración dirección x-x</p> <p>Aceleración dirección z-z</p> <p>Aceleración de la base.</p> <p>Desplazamientos de la base.</p>
Osciladores de dos grados de libertad. Oscilaciones libres y forzadas.	<p>Aceleración dirección x-x. Dos grados de libertad.</p> <p>Aceleración dirección z-z. Dos grados de libertad.</p> <p>Aceleración de la base.</p> <p>Desplazamientos de la base.</p>
Cuerda vibrante de excitación y longitud fija y tensión variable.	<p>Tensión de la cuerda.</p> <p>Longitud de la cuerda.</p> <p>Posicionamiento de nodos estables.</p>
Placa vibrante bidimensional. Visualización de formas modales de vibración.	<p>Aceleraciones puntuales en la placa.</p>

Tabla 2. Parámetros de medición seleccionados en cada uno de los dispositivos dinámicos considerados.

En este caso la selección de variables para cada uno de los dispositivos diseñados es la que puede observarse en la Tabla 2.

La etapa descrita constituye la finalización del camino mencionado, por lo cual a partir de la misma, los Dispositivos Dinámicos Experimentales se encuentran en condiciones aptas para su utilización en el marco de la propuesta pedagógica para la cual han sido desarrollados.

Resultados obtenidos

Luego de la finalización del proceso de desarrollo discutido en los apartados precedentes, el seguimiento y concreción de cada una de las etapas mencionadas, brindó como resultado la obtención de una serie de Dispositivos Dinámicos Experimentales, diseñados de acuerdo a las premisas presentadas. Una enumeración de dichos

dispositivos, los cuales constituyen el Laboratorio Áulico, se presenta en la Tabla 3, junto con una mención de los fenómenos físicos que los mismos permiten representar en el marco de la propuesta.

Nro.	DDE
1	Oscilador de un grado de libertad configurable. Oscilaciones libres. Base fija.
2.	Oscilador de dos grados de libertad configurables. Oscilaciones libres. Base fija.
3	Oscilador de un grado de libertad configurable. Oscilaciones libres. Base móvil lineal.
4	Oscilador de dos grados de libertad configurables. Oscilaciones libres. Base móvil lineal.
5	Columna de cuerda vibrante vertical con longitud fija y tensión de la cuerda variable.
6	Placa vibrante de acero en vibraciones libres y forzadas. Visualización de nodos y formas modales.

Tabla 3. Dispositivos Dinámicos Experimentales diseñados como resultado de la presente propuesta.

En la Figura 2, se puede observar una fotografía del Laboratorio Áulico descrito, montado en su posición de trabajo en una de las aulas de la asignatura Matemática Avanzada. De la observación de la misma, se destaca la posibilidad de movilidad del laboratorio, no sólo desde el punto de vista de la transportabilidad al aula seleccionada, sino además desde las diferentes posibilidades de ubicación en función de las necesidades de la configuración didáctica definida.

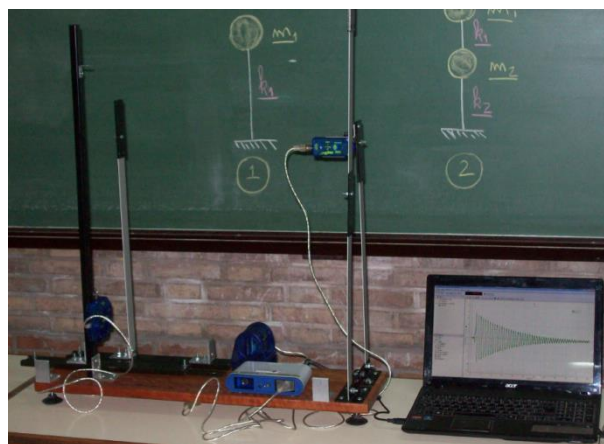


Figura 2. Laboratorio Áulico montado en su posición de trabajo en el aula de Matemática Avanzada.

La Figura 3 permite observar otra perspectiva del montaje del laboratorio. Es posible visualizar los dispositivos dinámicos enumerados en la Tabla 3 y parte de los instrumentos de medición de las variables y parámetros seleccionados, conectados a la interface de captación de datos y a la computadora portátil que aloja los programas de análisis y recuperación de los datos provenientes de las mediciones realizadas sobre los dispositivos.

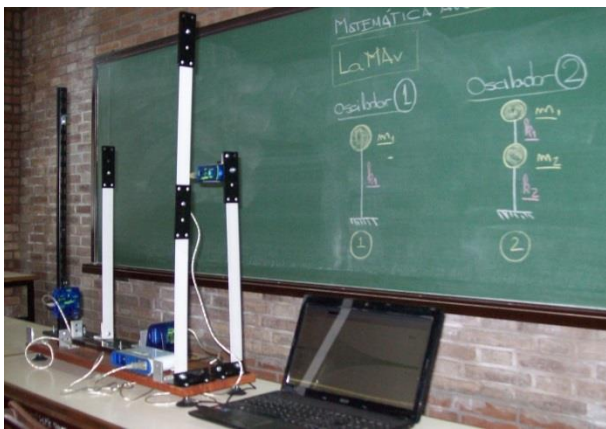


Figura 3. Perspectiva del montaje del laboratorio en el aula de la asignatura.

Precisamente en este punto y con respecto a los instrumentos y sensores de medición utilizados, los mismos responden al esquema descriptivo presentado en la Tabla 2 del presente trabajo. En forma específica, la Tabla 4 muestra un detalle de los diversos instrumentos de medición utilizados en el laboratorio desarrollado.

Variable seleccionada	Dispositivo de medición
Aceleraciones dirección x-x	Acelerómetro Biaxial Pasco Scientific PS-2118 Sensor Piezoeléctrico
Aceleraciones dirección y-y	Acelerómetro Biaxial Pasco Scientific PS-2118 Sensor Piezoeléctrico
Detección de movimiento	Sensor de Movimiento Pasco Scientific PS 2103-A.
Medición de fuerzas aplicadas	Sensor de Fuerzas Pasco PS-2104

Tabla 4. Variables de medición seleccionadas y sus correspondientes dispositivos de medición.

La correspondiente toma de datos de los sensores de medición especificados, se realiza a partir de una interface *Pasco Scientific PS-2009* y se interpretan por medio de la utilización del software *Data Studio v.1.9.8 rev.10* (*Data Studio, 2009*).

Con el objeto de ilustrar adecuadamente lo mencionado, la Figura 4 muestra un ejemplo de registro de medición obtenido a partir de la evolución dinámica de uno de los osciladores componentes del laboratorio. Es posible observar los registros de aceleración en el tiempo, correspondientes a las dirección $x-x$ y a la dirección $z-z$, coincidente con la vertical del oscilador. En este caso el dispositivo evaluado es el correspondiente a sistemas dinámicos lineales de un grado de libertad en oscilaciones libres con amortiguamiento.

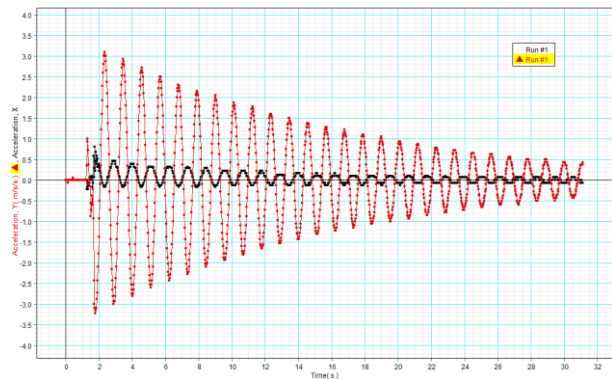


Figura 4. Registro de aceleraciones $x-x$ y $z-z$ de un sistema dinámico lineal de un grado de libertad en oscilaciones libres amortiguadas.

De la misma manera, la Figura 5 muestra un espectro de amplitud relativa, obtenido a partir de los datos sensados del oscilador mencionado en el párrafo anterior.

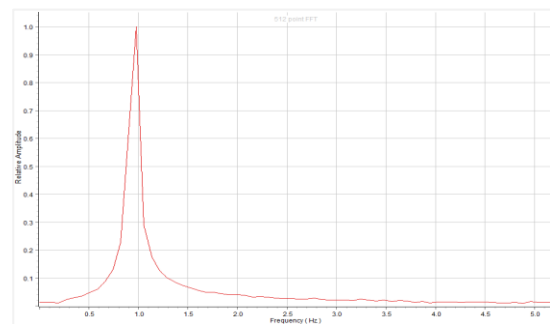


Figura 5. Espectro de amplitud normalizado de un sistema dinámico lineal de un grado de libertad en oscilaciones libres amortiguadas.

Como resultado de la necesidad de interacción de los dispositivos dinámicos diseñados, se realizaron algunas modificaciones en los escenarios computacionales interactivos con que se contaba previamente, de manera de lograr la interacción fluida de los mismos con el laboratorio diseñado, de acuerdo a las estrategias didácticas incluidas en el diseño de la presente propuesta.

Con el objeto de ilustrar lo mencionado, la Figura 6 muestra una de las herramientas computacionales interactivas, denominada LAB2AM, utilizada para el trabajo conjunto con los osciladores de un grado de libertad configurables del laboratorio.

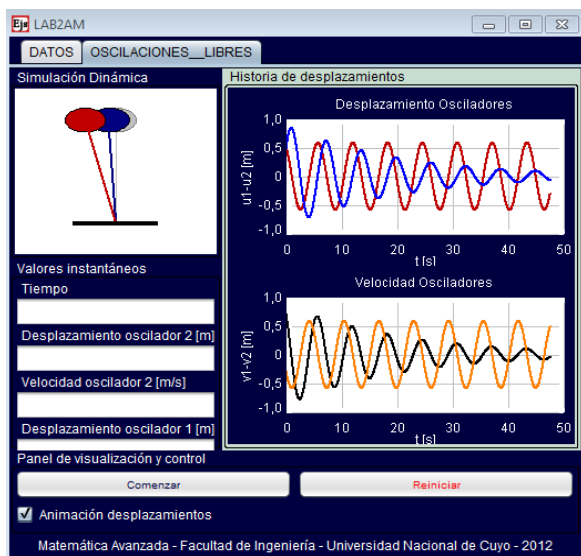


Figura 6. LAB2AM. Retrato de las oscilaciones libres de dos sistemas dinámicos lineales de igual masa y rigidez con diferentes constantes de amortiguamiento.

En forma adicional a los resultados mencionados, y a los efectos de generar los espacios educativos de extensión del aula necesarios para el adecuado funcionamiento de la propuesta, se procedió al desarrollo e implementación de un espacio virtual para la asignatura Matemática Avanzada.

El mismo fue implementado en el Campus Virtual de la Universidad Nacional de Cuyo y tiene por objetivo, brindar una serie de canales adicionales de comunicación, flujo de datos y resultados y actividades de aprendizaje asociadas a la presente propuesta, que

extienden los horizontes de la misma, brindando la posibilidad cierta de incluir actividades asincrónicas en la intervención educativa presentada. La Figura 7 muestra la página de inicio y bienvenida del espacio virtual.



Figura 7. Página de inicio y bienvenida al espacio virtual de la asignatura Matemática Avanzada.

Con el objeto de configurar un panorama más certero del marco en el que se desarrolla la presente propuesta, se presentan en la Tabla 5, algunos resultados correspondientes a un relevamiento de opinión sobre actividades de enseñanza y aprendizaje, obtenidos luego de la implementación parcial de la propuesta presentada en este trabajo. Dicha implementación parcial incluyó la utilización sincrónica en las aulas mediadas tecnológicamente, de las herramientas computacionales interactivas durante el desarrollo del ciclo lectivo 2012, con una cantidad de 16 alumnos de la asignatura.

En la mencionada Tabla se muestran los resultados correspondientes a la frecuencia de respuestas positivas, dadas por los estudiantes a las preguntas seleccionadas, relacionadas con la percepción de los mismos sobre las estrategias de utilización sincrónica de las herramientas computacionales interactivas en el aula. Para la interpretación de dichos resultados, es necesario tener en cuenta que el número 1 de la escala corresponde a la respuesta “Nada” y el número 5 corresponde a la respuesta “Mucho”.

Pregunta: Consideras que las Simulaciones computacionales desarrolladas para la asignatura Matemática Avanzada, ayudan al estudiante en:	1	2	3	4	5
La comprensión de los problemas en estudio				20%	80%
La visualización de los problemas en estudio					100%
En el análisis de soluciones dadas por la variación de parámetros seleccionados.				7%	93%
En la comparación de diversas situaciones problemáticas			7%	13%	80%
En la confirmación de hipótesis previamente planteadas				20%	80%
En la reflexión de los problemas en estudio.			7%	20%	73%

Tabla 5. Frecuencia de respuestas positivas sobre las preguntas seleccionadas.

Una de las variables de control del rendimiento de los estudiantes de la asignatura, está dada por el promedio de calificaciones obtenidas por los mismos en sus evaluaciones parciales. La asignatura Matemática Avanzada, establece en su modelo pedagógico un proceso de evaluación formativa (*Litwin, 1998*), que incluye tres evaluaciones parciales a lo largo de su desarrollo. La Tabla 6 permite observar un detalle de los promedios obtenidos sobre un máximo de 100 puntos en el ciclo 2012, con las consideraciones realizadas en los párrafos anteriores.

Evaluación Parcial	Promedio de calificaciones
1	78.8
2	83.5
3	87.2

Tabla 6. Promedio de calificaciones en evaluaciones parciales del ciclo lectivo 2012.

Conclusiones

Se han presentado los criterios fundamentales, así como también el proceso de diseño de un Laboratorio Áulico basado en Dispositivos Dinámicos Experimentales, dentro del marco de un modelo pedagógico dinámico y flexible, que implica el desarrollo de estrategias didácticas innovadoras con el propósito de potenciar el aprendizaje complejo de contenidos que introducen a los estudiantes en la modelación matemática de sistemas dinámicos lineales de interés ingenieril.

El diseño específico para esta propuesta de recursos y dispositivos para la enseñanza mediada por tecnologías, tiene por objetivo fundamental tender puentes al aprendizaje para ayudar a dar sentido a los estudiantes del conocimiento que adquieren y potenciar la comprensión genuina y profunda de contenidos de Matemática Avanzada en ingeniería en Mecatrónica.

Teniendo en cuenta los resultados preliminares presentados y los comentarios de los alumnos en las entrevistas realizadas, se desprende que la variedad de escenarios de aprendizaje potencia el impacto de la internalización del nuevo conocimiento al cubrir distintos estilos de aprendizaje de los estudiantes.

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.

Agradecimientos

El presente trabajo, es parte integrante del Proyecto de Investigación Bianual 2011- 2013

N°06/B280, de la Secretaría de Ciencia, Técnica y Posgrado de la Universidad Nacional de Cuyo, denominado “Diseño e implementación de Prototipos Dinámicos Experimentales y Escenarios Interactivos Computacionales en Matemática Avanzada”. Los autores desean agradecer a dicha Secretaría por la financiación y apoyo brindado a partir del Proyecto mencionado.

Referencias Bibliográficas

- Castejón, J.L., Prieto, M.D., Pérez, A.M., Gilar, R.; “*El rol del conocimiento y las habilidades intelectuales generales en la adquisición del aprendizaje complejo*”, Psicothema, vol16, n°4, pp. 600-605, 2004.
- Data Studio. Data Collection & Analysis Software. <http://www.pasco.com/datastudio/>
- Duval, R.; “Representation, visual and visualization: Cognitive functions in mathematical thinking”, proceedings Annual Meeting North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematical Education, México, 1999.
- Felder, R, Silverman, L.; “Learning and teaching styles in engineering education”, Recuperado el 20 de noviembre de 2010 de: <http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/LS-1988.pdf>
- Gilbert, et. al.; “Models and Modeling in Science Education. Visualization in science education”. Springer, Netherland, 2005.
- Godoy, L.A.; “*Modelos en la enseñanza de las Ciencias y Tecnologías*”. Universitas Libros, Córdoba, 2008.
- Guerrero Useda, M., Gómez Paternina, D.; “*Pensamiento complejo en ingeniería*”, International Latinoamerican and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI 2004) “Challenges and Opportunities for Engineering Education, Research and Development, Miami, Estados Unidos, 2004.
- Hitt, F.; “Visualización matemática, nuevas representaciones, nuevas tecnologías y currículo”. Revista de Educación Matemática, Vol.10, 1998.
- Litwin, E.; En: Camilloni, A. y otros, “La evaluación de los aprendizajes en el debate didáctico contemporáneo”, Buenos Aires, Paidós, 1998.
- Mills, J., Treagust, D.; “*Engineering Education: ¿Is Problem Based or Project Based Learning the answer?* Australian Journal of Engineering Education. On line Publications 2003 - 2004. http://www.aeee.com.au/journal/2003/mills_treagust.pdf AEEE, Australia, 2003.
- Programa de Matemática Avanzada, Ingeniería en Mecatrónica. Facultad de Ingeniería, UNCuyo, Mendoza, 2012.
- Totter, E., Raichman, S., Mirasso, A.; “*Desarrollo de simulaciones computacionales como estrategia de acercamiento a la investigación. Una experiencia en la asignatura Matemática Avanzada de la Carrera Ingeniería en Mecatrónica*”. VI Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología. Salta, Junio de 2011.
- Totter, E., Raichman, S., Mirasso, A.; “*El rol de la visualización y de los recursos tecnológicos en el aprendizaje significativo de conceptos de Matemática Avanzada*”. VII Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología. ISBN-978-987-28185-0-9. Pergamino, Junio de 2012.
- Verdejo, P., Freixas, R.; “*Educación para el pensamiento complejo y competencias: diseño de tareas y experiencias de aprendizaje*”. Aseguramiento de la Calidad de la Educación y en el Trabajo, S.C. México, 2009.
- Zimmerman, W., Cunningham, S.; “Editor’s introduction: what is mathematical visualization?”. Visualization in Teaching and Mathematics (Zimmerman W. & Cunningham S. Editors), N° 19, 1991.