

La incorporación de tecnologías en una propuesta evaluativa para la integración de conocimientos

H. Haimovich, M. Romero, E. Kofman, S. Junco, A. Donaire y G. Migoni

Departamento de Control, Escuela de Ing. Electrónica, FCEIA–UNR

Resumen

Se describe una propuesta evaluativa implementada en la asignatura Control I del ciclo profesional de la carrera de Ing. Electrónica. La misma tiene por objetivo principal la integración de conocimientos del tema general “Análisis de la Dinámica de Sistemas Físicos” mediante el uso de equipos didácticos de experimentación y equipos comerciales de uso industrial, así como software técnico especializado (MATLAB/SIMULINK). Esta propuesta se implementa en forma de un trabajo práctico de laboratorio, realizado en distintas etapas durante el semestre: inducción, planificación de ensayos y consulta, realización de ensayos, y redacción de informe, abarcando un período total de 5 o 6 semanas. Algunas características relevantes de este trabajo son: plantear un problema de índole profesional para cuya resolución deben integrarse diversos temas de la asignatura; incorporar diversas tecnologías y requerir la utilización y familiarización de los alumnos con las mismas; inducir a apreciar y explicitar las limitaciones del proceso de modelado matemático mediante la contrastación del sistema físico real con su modelo; combinar la evaluación de conocimientos con la actividad a realizar; dar pautas específicas de redacción que transforman al informe del trabajo en un ejercicio de comunicación profesional. La implementación de este trabajo práctico ha sido satisfactoria, aunque su principal inconveniente es el tiempo que requiere, tanto por parte de los alumnos como de los docentes.

1. Introducción

Lograr la comprensión e integración de diversos conocimientos por parte de los estudiantes es o debería ser uno de los objetivos principales de muchas asignaturas de una carrera universitaria. Asimismo, en carreras de ingeniería, las cuales están íntimamente relacionadas con diversas tecnologías, resulta indispensable la incorporación de éstas para contribuir a la adecuada formación del futuro profesional.

En un intento de contribuir a los fines mencionados, en la asignatura Control I de la carrera de Ingeniería Electrónica, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario se viene implementando desde hace unos años un Trabajo Práctico (TP) de laboratorio que posee ciertas características que consideramos innovadoras. En las clases teóricas de dicha asignatura se enseñan distintas técnicas relacionadas con el tema general “Análisis de la Dinámica de Sistemas” (Ogata, 1987), tema esencial y de base para la currícula de la disciplina de control automático (Ogata, 1998). El TP mencionado se organiza en función de la resolución de un problema práctico profesional a escala que requiere la aplicación conjunta de varias de las técnicas desarrolladas en las clases teóricas. Dicho TP involucra la utilización de equipamiento didáctico

de experimentación (sistemas masa-resorte-amortiguador controlados por computadora, ver Figura 1) y comercial de uso industrial (sistema motor-generator-carga, ver Figura 2) disponible en el Laboratorio de Control y Automatización, y se realiza en distintas etapas, que se comentan a continuación. El trabajo completo es realizado en grupos de 2 alumnos y tiene los siguientes objetivos: (a) exponer a los alumnos al proceso completo de análisis de la dinámica de sistemas, partiendo desde un sistema real hasta el análisis de su modelo matemático, (b) que los alumnos desarrollen la capacidad de aplicar las técnicas aprendidas de acuerdo a su necesidad para la resolución de problemas de índole profesional y (c) verificar que los alumnos sean capaces de informar claramente lo realizado y sus resultados. En concreto, el TP pide a los alumnos que realicen un modelo matemático de ciertas partes específicas de los equipos experimentales, parametricen el mismo mediante la realización de ensayos sobre los equipos, simulen por computadora su modelo y validen el resultado, contrastando el resultado de la simulación con los ensayos experimentales. Adicionalmente, todo lo realizado así como sus conclusiones deben estar claramente informados.



(a) de traslación



(b) de rotación

Figura 1: Equipamiento experimental. Sistemas masa-resorte-amortiguador.

La primera etapa del TP se lleva a cabo en el lapso de una semana y consiste en la “inducción” al trabajo práctico. Se realiza en turnos en el mencionado laboratorio con un máximo de 20 alumnos y al menos 2 docentes simultáneamente, donde, previa lectura de la guía del trabajo (Cátedra D.S.F., 2003) por parte de los alumnos, se les muestra y explica cómo se utiliza el equipamiento sobre el cual se trabajará, qué instrumental de laboratorio estará disponible para la realización de ensayos, y se dan precisiones sobre el trabajo, enfatizando los objetivos y la relación con la práctica profesional. Luego de la explicación se incita a los alumnos a que “jueguen” con el equipamiento para que puedan descubrir sus funcionalidades y vayan familiarizándose con el mismo. Durante esta etapa los alumnos deben registrar adecuadamente los distintos componentes y la constitución específica de los distintos equipos experimentales ya que el desarrollo del trabajo está directamente relacionado con esto.

La segunda etapa, también de una semana de duración, consiste en un período de planificación y consulta durante el cual los alumnos deben formular hipótesis sobre los fenómenos físicos



Figura 2: Sistema motor-generador-carga.

de importancia y sus leyes, plantear un posible modelo matemático y planificar los ensayos que necesitarán realizar sobre los equipos experimentales para parametrizar su modelo. Durante esta semana los alumnos tienen la posibilidad, sin obligación, de acudir a distintos horarios de consulta para verificar con personal docente de la cátedra si los ensayos planificados son adecuados o para aclarar cualquier duda que tengan sobre la realización del trabajo. Esta etapa debe ser realizada por cada grupo para cada uno de los 3 equipos experimentales, aunque se les informa que debido al tiempo disponible para la tercera etapa, les tocará realizar los ensayos sobre uno solo de los 3 equipos.

La tercera etapa se realiza durante la semana siguiente a la etapa anterior. Cada grupo de 2 alumnos dispone de una hora de tiempo para realizar los ensayos necesarios sobre uno de los equipos experimentales, con supervisión docente. Durante esta etapa es muy importante que el docente comprenda qué hipótesis han realizado los estudiantes, qué modelo propusieron, qué ensayos planearon, si los están realizando como ellos los planearon, y que los alumnos expliquen de qué manera los ensayos que están realizando les servirán para parametrizar el modelo. En resumen, el docente debe asegurarse de que los ensayos estén conceptualmente bien planteados y prácticamente bien realizados.

La cuarta etapa consiste en la realización por parte de los alumnos de un informe escrito siguiendo pautas específicas dadas por la cátedra, donde deben constar: introducción con descripción del problema y equipamiento, hipótesis formuladas y modelo matemático, planificación de ensayos, resultado de los ensayos, parametrización del modelo, validación y conclusiones. Para la confección de este informe los estudiantes deben realizar por su cuenta los cálculos para la parametrización del modelo matemático así como la simulación por computadora del mismo que permita su validación. Se intenta que dicho informe constituya un ejercicio de comunicación profesional a través de solicitar a los alumnos que se imaginen a sí mismos como empleados de una empresa que les ha encomendado el trabajo que han realizado. El objetivo del informe es reportar su labor de manera que pueda ser entendida tanto por otros ingenieros empleados de la empresa (con conocimiento técnico pero no necesariamente de la misma área) como por sus jefes (con conocimiento del área pero no necesariamente interesados en los detalles técnicos específicos). Se les explicita específicamente que la redacción del informe será evaluada no sólo en función de la adecuada resolución del problema, sino también de acuerdo a criterios de claridad de exposición, concisión, precisión y buena ortografía. Se admite un plazo para la entrega de este informe de 2 o 3 semanas desde la realización de la tercera etapa.

Cada grupo de 2 alumnos que realiza este trabajo es evaluado a lo largo del TP, asignándose

una nota numérica global que contempla en qué medida se cumplieron los objetivos del trabajo y teniendo en cuenta también la creatividad y la atención a fenómenos ajenos a lo estrictamente desarrollado en las clases teóricas. Cabe aclarar que no necesariamente obtiene calificación más alta el grupo que obtenga un mejor ajuste del modelo, sino que se da gran importancia a la interpretación de los resultados de la validación en función del modelo propuesto, ya sean positivos o negativos, así como al análisis de las posibles causas de un resultado negativo.

2. Análisis didáctico

En esta sección intentaremos analizar el TP descrito desde el punto de vista didáctico tratando de determinar en qué medida contribuye o no a la comprensión e integración de conocimientos de la asignatura.

La Figura 3 presenta un esquema lógico-conceptual del proceso de análisis de la dinámica de un sistema, temática principal de la asignatura y del TP. Si bien en las clases teóricas de la asignatura

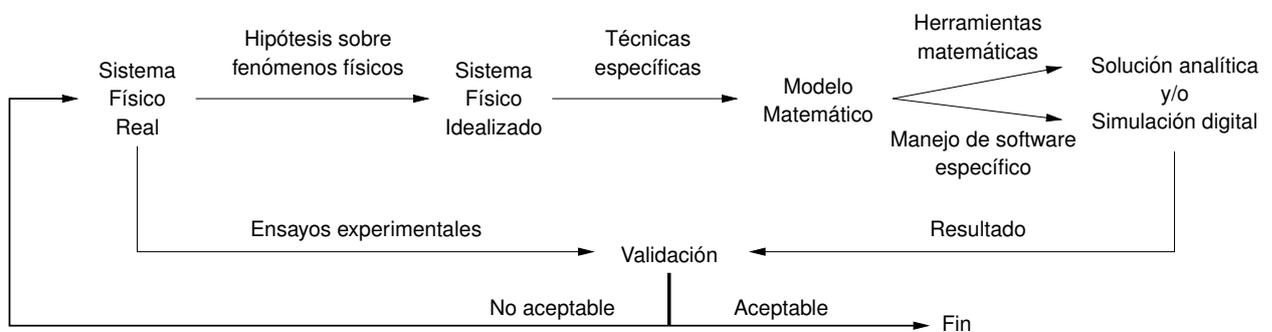


Figura 3: Análisis de la dinámica de sistemas. Esquema lógico-conceptual.

se menciona este proceso en su totalidad, la mayor parte de estas clases así como la mayoría de los problemas de práctica se focalizan en la obtención de un modelo matemático a partir de un sistema físico ya idealizado, en los distintos tipos de modelos matemáticos de interés, así como en el análisis del modelo obtenido mediante diversas herramientas matemáticas. Adicionalmente, la simulación digital es atacada principalmente a través de los TPs de la asignatura. Como es de esperarse, los temas a los que los estudiantes están menos expuestos son la obtención del sistema físico idealizado a partir del sistema físico real y la validación de un modelo matemático, debido a que estas tareas requieren acceso a sistemas reales para experimentar sobre ellos. Puede verse entonces que el TP tratado aquí contribuye a exponer a los estudiantes al proceso completo de análisis de la dinámica de un sistema y que el uso de tecnologías resulta una parte esencial en la realización del TP y no un mero agregado.

El análisis que sigue entiende al TP mencionado como una propuesta de evaluación. Se intenta justificar los puntos de vista sostenidos mediante literatura específica del área de didáctica.

En primer lugar, esta propuesta de evaluación está en claro acuerdo con que la evaluación no debe ser un apéndice de la enseñanza ni del aprendizaje (Celman, 1998), ya que se trata de una propuesta que integra la evaluación con la actividad a realizar. Por otro lado, tampoco se trata de una propuesta de evaluación continua, debido a que es realizada después de que en las clases de la asignatura se hayan desarrollado las técnicas necesarias y se haya dado tiempo a que los estudiantes realicen práctica técnica específica. En nuestra opinión, esta propuesta es un intento por “hacer de la evaluación una parte esencial dentro de la enseñanza y de integrarla dentro de actividades auténticas” (Hargreaves et al., 2001, cap.3).

Segundo, esta propuesta está claramente motivada debido a su relación con la labor profesional (Litwin, 1997), lo que debería justificar a los ojos de los alumnos el porqué de la realización de este trabajo. Esto es a lo que Litwin se refiere con “carácter auténtico del discurso pedagógico”, es decir, que las actividades no se realizan por puro capricho del docente sino que tienen una justificación y un fin determinado, y esto se explicita a los alumnos.

Las propuestas evaluativas reflejan una concepción sobre la enseñanza y el aprendizaje. En este caso, podemos apreciar relación con la Teoría Uno desarrollada en Perkins (1995), la cual sostiene que:

La gente aprende más cuando tiene una oportunidad razonable y una motivación para hacerlo.

Ya se comentó sobre la motivación brindada por esta propuesta. El hecho de que se realice el TP después de haber desarrollado distintos temas en las clases teóricas, abarcando un lapso total de 5 o 6 semanas debería proveer la “oportunidad razonable” mencionada.

El período total de tiempo asignado para la realización del TP así como su realización en etapas, algunas en clase y otras por cuenta de los estudiantes, están en acuerdo con las afirmaciones de (Litwin, 1998, p.14) de que “los aprendizajes significativos necesitan tiempos de consolidación” y que “probablemente, el verdadero aprendizaje tenga lugar cuando el alumno o la alumna se encuentren fuera del sistema o de la clase en donde se planteó la situación de aprendizaje”.

El trabajo propuesto, si bien sigue pautas precisas, es lo suficientemente flexible como para permitir distintos caminos de aproximación al conocimiento por parte de los alumnos, requiriendo además la aplicación de distintos procesos reflexivos (memoria, análisis, síntesis, resolución de problemas) en distintas partes, lo que favorece la comprensión y la construcción de conocimientos (Litwin, 1998).

Cabe preguntarse si la propuesta planteada efectivamente evalúa lo que se explicitó arriba como los objetivos del trabajo. Esto es a lo que Camilloni (1998) se refiere con “validez” del instrumento de evaluación. En nuestra opinión, la propuesta se adecúa perfectamente a los objetivos (a) y (b), esto es, a exponer a los alumnos al proceso completo de análisis de la dinámica de un sistema y a que los alumnos desarrollen la capacidad de aplicar las técnicas aprendidas de acuerdo a su necesidad para la resolución de problemas de índole profesional. Con respecto al objetivo (c), el de verificar que los alumnos sean capaces de informar claramente lo realizado y sus resultados, existe aquí el problema de que en las clases de la asignatura no se intenta enseñar cómo redactar mejor sino que sólo se intenta verificar con este TP cuán bien lo pueden hacer. Se supone que la capacidad de redacción es una habilidad que debe haber sido adquirida por los alumnos anteriormente. Con el informe escrito puede verificarse si efectivamente poseen esta capacidad, y el hecho de explicitar a los alumnos que se evaluará también la calidad de la redacción, dando pautas específicas, debería impedir la situación de que lo sepan hacer pero no lo hagan porque no sabían que había que hacerlo (síndrome del conocimiento frágil, Perkins, 1995).

Finalmente y en relación al trabajo del docente dentro de la concepción de enseñanza y aprendizaje evidenciada, se puede reconocer el trabajo del docente como intérprete, la enseñanza como interpretación (Gvirtz y Palamidessi, 1998), sobre todo durante la tercera etapa del TP donde se requiere un doble sentido en esta interpretación: de la disciplina hacia los alumnos y de los alumnos a la disciplina, al tener que esforzarse el docente por comprender cómo los alumnos han ideado la resolución del problema.

3. Posibles mejoras a implementar

Si bien la propuesta evaluativa parece ser adecuada desde distintos puntos de vista, podría ser incompleta debido a que una vez que los estudiantes entregan el informe escrito se los califica globalmente con una nota numérica y esto es lo último que reciben los estudiantes luego de la cuarta etapa. Una mejora concreta podría ser el agregado de una quinta etapa donde se devuelva a los estudiantes los informes corregidos (con o sin calificación), y se intente negociar con cada grupo la calificación que se merecen, explicitando el docente los criterios que utiliza para justificar una cierta calificación y escuchando y teniendo en cuenta los argumentos de los estudiantes. Esto sería un intento por minimizar la incertidumbre existente entre lo que se pretende enseñar y lo que realmente aprenden los estudiantes (Jackson, 2002) a través del logro de mayor realimentación de información de los estudiantes hacia los docentes. Además, esto concordaría con la concepción del juicio evaluativo como construcción social (Celman, 1998) y favorecería el conocimiento público de los criterios de corrección, tendiente a la igualdad (perspectiva política en Hargreaves et al., 2001, cap.3).

También para lograr mayor realimentación de información de los alumnos a los docentes, podría implementarse una encuesta de opinión donde se pregunte a los alumnos específicamente por diversos aspectos de la realización del TP y si consideran o no positiva la experiencia y en qué sentido.

Otra mejora posible sería un mayor esfuerzo docente por atender a lo espontáneo (Litwin, 1997) y organizar las interacciones con los alumnos a partir de eso. Esto es algo que los docentes debemos tener en consideración pero es difícil dar pautas específicas de cómo hacerlo. La forma de resolver esto estará indudablemente relacionada con la experiencia previa y las ideas que se forma el docente. En este sentido, también será muy importante apreciar dentro de la propuesta evaluativa la iniciativa de los alumnos, el cuestionamiento de las cosas y la creatividad. Pero esto sólo podrá evidenciarse si el clima creado por el docente en la clase lo permite y lo estimula (Hargreaves et al., 2001).

Una de las principales limitaciones de la propuesta planteada es sin duda el tiempo que requiere su desarrollo, tanto para los alumnos como para los docentes. Para los alumnos el problema es probablemente mayor debido a que cursan otras asignaturas simultáneamente y deben realizar distintos trabajos y estudiar para todas las asignaturas del semestre. Dentro de las posibilidades que brinda la institución, una posibilidad de mitigación de este problema para los alumnos es ponerse de acuerdo con los docentes de las otras asignaturas del mismo semestre y ser más flexible con los plazos cuando existe mayor exigencia de parte de las otras asignaturas.

4. Conclusiones

Se describió y analizó un trabajo práctico de laboratorio implementado en la asignatura Control I del ciclo profesional de la carrera de Ingeniería Electrónica, FCEIA-UNR. Dicho trabajo incorpora diversas tecnologías como parte medular para su realización y contribuye a la integración de conocimientos tanto de la asignatura Control I como con otras asignaturas del ciclo básico de la carrera, especialmente de Física y Matemática. Asimismo, fomenta la capacidad de expresión escrita mediante pautas específicas de redacción del informe, transformándolo en un ejercicio de comunicación profesional.

Además de su valor para la integración de conocimientos, consideramos al trabajo práctico descripto una propuesta evaluativa valiosa porque expone a los alumnos a un problema de índole profesional (dentro las posibilidades de la temática de la asignatura) cuya solución no es única y para lo cual se deben aplicar varias de las técnicas aprendidas en clase, de acuerdo a su necesidad.

Al mismo tiempo se expone a los estudiantes al proceso completo de análisis de la dinámica de sistemas, incluso a las partes que son más difíciles de atacar en las clases debido a requerir equipamiento experimental. La forma de plantear este trabajo a los estudiantes permite el surgimiento de labor creativa en la resolución del problema, característica importante en la labor ingenieril.

La respuesta de los estudiantes en este trabajo ha sido muy variada, tanto en el trabajo en clase como en la redacción de los informes. Con el fin de obtener más información de parte de los estudiantes, que permita decidir y ajustar detalles en la realización del trabajo práctico y en la asignatura en general, una encuesta de opinión podría resultar un buen aporte.

Si bien la desventaja principal en la implementación de este trabajo práctico es el tiempo que requiere, tanto de parte de estudiantes como de docentes, este inconveniente puede paliarse con mayor flexibilidad en los tiempos de entrega, y coordinación con otras asignaturas del cuatrimestre.

Referencias

- Camilloni, A. R. W. (1998). La calidad de los programas de evaluación y de los instrumentos que los integran. En Camilloni, A. R. W., Celman, S., Litwin, E., y Palou de Maté, C., editores, *La evaluación de los aprendizajes en el debate didáctico contemporáneo*, Paidós Educador. Buenos Aires: Paidós.
- Celman, S. (1998). ¿Es posible mejorar la evaluación y transformarla en herramienta de conocimiento? En Camilloni, A. R. W., Celman, S., Litwin, E., y Palou de Maté, C., editores, *La evaluación de los aprendizajes en el debate didáctico contemporáneo*, Paidós Educador. Buenos Aires: Paidós.
- Cátedra D.S.F. (2003). TP miniproyecto de modelado físico. Guía de Trabajo Práctico. Departamento de Control, Escuela de Ing. Electrónica, FCEIA-UNR.
- Gvirtz, S. y Palamidessi, M. (1998). *El ABC de la tarea docente: currículum y enseñanza*. Buenos Aires, Aique.
- Hargreaves, A., Earl, L., Moore, S., y Manning, S. (2001). *Aprender a cambiar: la enseñanza más allá de las materias y los niveles*. Barcelona: Octaedro.
- Jackson, P. W. (2002). *Práctica de la enseñanza*. Amorrortu Editores.
- Litwin, E. (1997). *Las configuraciones didácticas. Una nueva agenda para la enseñanza superior*. Buenos Aires, Paidós.
- Litwin, E. (1998). La evaluación: campo de controversias y paradojas o un nuevo lugar para la buena enseñanza. En Camilloni, A. R. W., Celman, S., Litwin, E., y Palou de Maté, C., editores, *La evaluación de los aprendizajes en el debate didáctico contemporáneo*, Paidós Educador. Buenos Aires: Paidós.
- Ogata, K. (1987). *Dinámica de sistemas*. Prentice Hall Hispanoamericana S.A.
- Ogata, K. (1998). *Ingeniería de control moderna, 3a ed.* México: Prentice-Hall Hispanoamericana S.A.
- Perkins, D. (1995). *La escuela inteligente: del adiestramiento de la memoria a la educación de la mente*. Barcelona: Editorial Gedisa. Traducción de Gabriela Ventureira.