

# La Dinámica de Sistemas: Un Paradigma de Pensamiento

9° Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas

14 al 16 de septiembre del 2011

Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario

Comunidad Colombiana de Dinámica de Sistemas

Bogotá – Colombia

## Competentes a los porrazos: la enseñanza de dinámica de sistemas en la Universidad de los Andes

Valentina Aceros  
Dept. de Ing. Industrial  
Universidad de los Andes

Adriana Díaz  
Dept. de Ing. Industrial  
Universidad de los Andes

J. Sebastian Escobar  
Dept. de Ing. Industrial  
Universidad de los Andes

Andrea García  
Dept. de Ing. Industrial,  
Universidad de los Andes

Juliana Gómez-Quintero  
Dept. de Ing. Industrial  
Universidad de los Andes

Camilo Olaya  
Dept. de Ing. Industrial – Grupo TESO  
Universidad de los Andes

Viviana Otero  
Dept. de Ing. Industrial  
Universidad de los Andes

Correspondencia (todos los autores):  
Universidad de los Andes  
Calle 19A No. 1-37 Este, Bogotá  
Tel. +57 1 339 49 49

Dirección electrónica para  
correspondencia:  
colaya@uniandes.edu.co

### RESUMEN

Compartimos el diseño del curso “Dinámica de Sistemas” de la Universidad de los Andes (Bogotá) que está basado en competencias. Este tipo de diseño implica un cambio radical en el salón de clase y en el diseño de programas, y trae retos para la pedagogía que merecen señalarse. Asumir la práctica de dinámica de sistemas como competencia invita a transformar un ambiente educativo. ¿Cómo desarrollar y promover esta competencia? El método de ensayo y error se antoja natural y consistente con dicha transformación. El artículo describe la forma como estamos diseñando el curso mencionado bajo los anteriores principios, los resultados logrados, su relevancia y las dificultades para superar.

### Palabras clave

Competencia, currículo, programa, educación, ensayo y error.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

9° Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas – 14 al 16 de septiembre de 2011, Bogotá - Colombia

Copyright 2011 Universidad del Rosario [ISBN]...US \$10.00

### 1. INTRODUCCIÓN

La Universidad de los Andes de Bogotá cuenta con un curso de dinámica de sistemas que es obligatorio para todos los estudiantes del programa de pregrado de ingeniería industrial. Este curso tiene como misión que los estudiantes desarrollen unas competencias mínimas en dinámica de sistemas las cuales constituyen sus objetivos de aprendizaje. Diseñar un proceso pedagógico fundado en la noción de “competencia” no ha resultado ser una tarea fácil y ha representado retos y también algunos logros reveladores.

El propósito de este artículo es compartir con la comunidad colombiana de dinámica de sistemas el diseño del curso mencionado y algunas implicaciones de la aplicación del esquema basado en competencias, además de recibir realimentación, críticas y sugerencias sobre el mismo.

### 2. COMPETENCIAS Y DINÁMICA DE SISTEMAS

Hay abundante literatura sobre el uso de dinámica de sistemas (DS) como recurso o estrategia en procesos de aprendizaje para diversos dominios, particularmente en Latinoamérica, e.g. en la enseñanza de ciencias [4, 25]. Sin embargo no es fácil encontrar antecedentes que aborden estrategias o marcos conceptuales para diseñar e implementar procesos de aprendizaje de la dinámica de sistemas misma, es decir, procesos en donde se le conciba como fin pedagógico en sí mismo y no sólo como recurso para otros

finest distintos; este tema es aun más escaso en la literatura si lo que se pretende es diseñar procesos de aprendizaje de dinámica de sistemas basados en enfoques por competencias.

Como punto de partida hay que anotar que es relativamente sencillo encontrar descripciones de cursos de dinámica de sistemas, e.g.[15, 17, 27, 31]. Sin embargo debemos destacar que no es fácil hallar descripciones completas que incluyan supuestos conceptuales, objetivos y actividades a realizar. Uno de los pocos “inventarios” formalizados que existen es el realizado por Kennedy [20] quien elabora una clasificación de diferentes trabajos publicados sobre algunas técnicas pedagógicas utilizadas en dinámica de sistemas, organiza las investigaciones desarrolladas en las áreas de calidad de la enseñanza, prácticas de enseñanza y micromundos a diferentes niveles (nacional, universitario y colegio). Aunque en trabajos como los anteriores se describen cursos y sus objetivos generales, no se definen ni mencionan específicamente conceptos o competencias de dinámica de sistemas que se pretenden desarrollar, los supuestos de pedagogía que las podrían sustentar, ni qué actividades se deben diseñar y cómo se deben organizar para lograrlo.

## 2.1 Habilidades en dinámica de sistemas

Algunos autores alcanzan a delinear más explícitamente algunas *habilidades* relacionadas directamente con procesos educativos en DS. Destacamos a Ford y a Saeed.

Ford [11] plantea la dinámica de sistemas como estrategia para aprender a aprender; propone que existen tres formas generales de aprender: memorizar, aplicar procedimientos definidos y desarrollar nuevo conocimiento; ésta última busca el desarrollo de habilidades para aprender a aprender sobre el sistema que se quiere intervenir; plantea un modelo de aprendizaje que se basa en el ciclo OADI (por sus siglas en inglés *observe, assess, design, implement*) para el cual propone el desarrollo de unas habilidades asociadas a cada parte del ciclo mediante la utilización de herramientas y material de dinámica de sistemas. Sin embargo Ford concibe la DS como recurso y no como fin, y define como objetivo de su modelo de aprendizaje el desarrollo de habilidades (en lugar de la transmisión de conocimientos y soluciones conocidas) para aprender sobre sistemas complejos. Por su parte Saeed [32] es quizás el primer autor en vincular el término “competencia” con DS, aunque concibe a esta última como vehículo de aprendizaje (es decir, como recurso) para educación multidisciplinaria en tecnología; propone cuatro competencias: reconocimiento de patrones, identificación del sistema, experimentación, y conceptualización, las cuales asocia a cuatro facultades del modelo de aprendizaje de Kolb: observar, pensar, hacer y sentir. Para cada una de estas competencias define principios y resultados con el fin de homogeneizar la práctica y garantizar el aprendizaje individual basándose en la acumulación cíclica de experiencia; este énfasis en la *acción* sobresale en su propuesta y es uno de los aspectos tradicionalmente más reconocidos en la DS: la prominencia del proceso de modelamiento sobre el modelo (resultado) mismo; ya desde 1971 el mismo Forrester [13] hacía este énfasis explícitamente el cual compartimos plenamente, tal como lo destacaremos más adelante.

## 2.2 Dinámica de sistemas como competencia

Los casos anteriores utilizan la noción de *habilidad* que es una aproximación más cercana a nuestro curso de DS. Sin embargo subrayamos que hay diferencias importantes entre “habilidad” y “competencia”, e.g. las habilidades forman parte de las

competencias, son constructores de éstas, las habilidades conciernen al aprendizaje y la educación de los individuos en todas las etapas de la vida, la práctica de una habilidad no significa la práctica de una competencia, es posible diseñar competencias pero no habilidades [10]. Efectivamente la importancia de basar un proceso de aprendizaje en competencias ha sido reconocida cada vez más enfáticamente en marcos y políticas encaminadas a diseñar cursos y procesos académicos en general [6]. Sin embargo, encontramos que la literatura sobre este enfoque para la enseñanza de dinámica de sistemas es escasa. En el mencionado inventario de cursos y prácticas de enseñanza de DS de Kennedy [20] no se encuentran referencias asociadas a competencias. Una primera aproximación puede ser el trabajo de Andrade y Parra [5] que aunque no menciona de forma explícita la palabra “competencia”, sí incorpora la idea de una educación no basada en contenidos y que sea capaz de desarrollar en los individuos capacidades de aprender y pensar. El trabajo mencionado de Saeed [32] es tal vez uno de los primeros en señalar explícitamente una relación entre la noción de “competencia” y la DS para el aprendizaje.

El trabajo más cercano al esquema que presentamos en este artículo— y se constituye en su antecedente directo—es el de Shaffernicht y Madariaga [35] quienes elaboran un marco conceptual para diseñar cursos de dinámica de sistemas en currículos basados en competencias en Chile. Efectivamente resaltan la escasez de literatura sobre cómo diseñar un proceso pedagógico para enseñar dinámica de sistemas en el que se haga explícito cómo progresa el aprendizaje, las etapas que un estudiante atraviesa durante su formación y el tipo de actividades que se deben realizar. Como respuesta a esto realizan una caracterización de “lo que se aprende cuando se aprende dinámica de sistemas” con la utilización de la reconocida taxonomía de Bloom de objetivos de aprendizaje y la aplican para identificar los componentes y el diseño que debe seguir un proceso de aprendizaje de DS en el contexto de un currículo basado en competencias. Definen “competencia” como “saber actuar en una familia de situaciones mediante la utilización de una combinación exitosa de recursos internos (conocimiento) y externos”. Con esta definición definen entonces que un estudiante es competente en DS cuando puede “desarrollar un modelo de simulación validado conceptual y dinámicamente de una situación dinámica que permite comprender la estructura causal y cómo ésta genera la situación para así explicar políticas de alta influencia y sus ventajas sobre políticas alternativas y para explicar y argumentar las condiciones para su implementación exitosa”, competencia que se convierte entonces en el punto satisfactorio final de un curso de DS.

Destacamos de este último trabajo que aborda la dinámica de sistemas como competencia y fin en sí misma y no como recurso, define lo que se debe aprender en un curso de DS así como también las herramientas que promueven este aprendizaje. Resaltamos también un aspecto que podría diferenciarnos de esta propuesta de Shaffernicht y Madariaga; identifican componentes puntuales para la evaluación del logro de las habilidades que proponen, lo cual parecería sugerir la evaluación directa de componentes o conceptos específicos, punto que nuestra propuesta no contempla y que en su lugar, como explicaremos más adelante, propone examinar *actuaciones* en donde se integran conocimiento y habilidad sin la evaluación directa de información o de contenidos. En todo caso, hasta donde es de nuestro conocimiento, el trabajo de Shaffernicht y Madariaga es el único

actualmente disponible para conceptualizar de manera específica y completa la enseñanza de la dinámica de sistemas desde un enfoque de competencias.

### 2.3 Auge y significación de las competencias

Colombia no es ajena a estos cambios en la forma de entender procesos educativos. Un punto de partida natural para abordar la noción de “competencia” es examinar el reciente diseño de los exámenes nacionales de Estado para graduandos; en 2005 la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería resaltó en el documento que da el marco de fundamentación conceptual para dichos exámenes:

En el ámbito educativo Colombiano el ICFES plantea la competencia como “un saber hacer en contexto”, es decir, el conjunto de acciones que un estudiante realiza en un contexto particular y que cumple con las exigencias específicas del mismo...El grupo de trabajo en competencias de la Universidad Nacional plantea la competencia como **“una actuación idónea que emerge en una tarea concreta, en un contexto con sentido. La competencia o idoneidad se expresan al llevar a la práctica, de manera pertinente, un determinado saber teórico”**...De otra parte, Torrado define la competencia como un **conocimiento que se manifiesta en un saber hacer o en una forma de actuar frente a tareas que plantean exigencias específicas y que ella supone conocimientos, saberes y habilidades, que emergen en la interacción que se establece entre el individuo y una situación determinada**...Estas, entre otras definiciones apuntan a concebir la competencia como un conjunto de características propias del ser humano que se ponen en juego en un contexto específico y particular, **evidenciada a través de acciones concretas que se consideran indicadores de la misma**—[2] énfasis añadidos.

En esta misma dirección en 2006 la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes modificó sus programas para orientarlos al desarrollo de competencias. Uno de los documentos de trabajo para dicha reforma sintetiza los principios de este cambio:

La noción de competencia viene del campo de las lenguas donde el concepto resulta de gran claridad en la práctica: un individuo puede conocer la gramática de una lengua, puede conocer un gran número de palabras, pero ser absolutamente incapaz de comunicarse en dicha lengua... **Entendemos por competencias aquello que el estudiante debe poder hacer al final de una sesión, un curso, un bloque de cursos o un programa de ingeniería completo**. La descripción de la competencia se construye utilizando verbos que indican acciones observables. —[16] énfasis añadidos.

Tomamos esta última definición y consecuentemente entendemos que una competencia significa *mostrar un desempeño aceptable a partir de un conjunto concreto de acciones para un contexto o situación específica*, noción usualmente aceptada, e.g. [21]. Dado que este desempeño implica combinaciones de conocimiento, habilidades y actitudes, entonces las instancias de evaluación deben examinar de manera integral estos elementos [7] y considerar la preponderancia de la acción en la situación particular en la cual se muestra el nivel de competencia; la evaluación enfatiza entonces el desempeño y no simplemente el manejo de información; no es suficiente (¡ni estrictamente necesario!) la evidencia de “saber” unos contenidos [26]. De hecho se considera que una competencia no se puede examinar directamente sino que se evalúa a través de una actuación que es además en donde se integran conocimiento y habilidad; una persona sólo es competente *en-acción* [19]. La relación con el conocimiento se invierte y en lugar de identificar y comenzar con

temas y conceptos el punto de partida es la situación misma en la cual se espera que un estudiante sea competente [19]. Cada instancia de evaluación intenta responder a la pregunta: *¿Qué acciones debería emprender una persona competente bajo este tipo de situaciones?*

Esta conceptualización implica un cambio importante en el rol del estudiante dado que ya no se busca que memorice reglas, procedimientos o conceptos sino que se le exige mostrar una inteligencia “situacional”, es decir que debe demostrar que puede actuar competentemente frente a un tipo de situación específica; el centro del proceso pedagógico es una “persona-situada-en-acción” [19]. Se puede notar que un curso basado en contenidos y evaluaciones parciales de conceptos y de bloques de conocimiento no puede consistentemente evaluar competencias. Una perspectiva de competencias cuestiona implícitamente el supuesto de romper el proceso de aprendizaje en ítems específicos de conocimiento que se pueden evaluar parcialmente y que se pueden promediar. En cambio, la premisa es contextual y situacional; la competencia de un estudiante depende de todo lo que es capaz de hacer en una *situación* concreta y según unos *recursos disponibles*; una competencia se desarrolla, ejercita, modifica y evalúa en *situaciones*, al contrario de la educación basada en contenidos en la que hay una *adquisición gradual de conocimiento con una eventual posterior aplicación del mismo* [19].

La utilización de competencias como principio alrededor del cual se organiza un curso afecta las prácticas cotidianas en clase y, de manera más importante, se convierten en vehículos que dan sentido a los estudiantes pues es una forma de traer de vuelta la vida real al salón de clase [19]. La instancia de evaluación se convierte así en piedra angular de un curso de esta naturaleza e involucra criterios y principios que no son necesariamente los mismos de la educación tradicional; destacamos el abandono de la arraigada “cultural del test” (preguntas descontextualizadas de opción múltiple con restricciones de tiempo y sin la ayuda de recursos que en la vida real están disponibles) anclada en modelos psicométricos que hoy en día son cada vez más cuestionados por su desconexión con la vida real y por las crecientes dudas sobre su confiabilidad como “instrumentos de medición de aprendizaje” [6]. En cambio, en esquemas basados en competencias cobra especial relevancia que las evaluaciones representen situaciones lo más auténticas posibles en donde hay disponibilidad de recursos y una necesidad de efectividad en la práctica que está por encima de una correspondencia con conceptos, procedimientos o teorías; igualmente importante es el mismo proceso de mejoramiento en desempeño que haga el estudiante a lo largo de un curso dado que se asume que el desarrollo de una competencia cambia y puede mejorar con el tiempo, y además se reconoce que no todos los estudiantes avanzan al mismo tiempo [6]. Implica también el reto de reconocer que no hay universalidad en respuestas correctas y significados; muchos desempeños adecuados diferentes son posibles, eventualmente tantos como estudiantes hay. Igualmente se debe resaltar que es imposible asumir como condición suficiente de evaluación un fraccionamiento del conocimiento para luego calcular un desempeño global a partir de un promedio de unas calificaciones parciales; esto contradice la integralidad implicada en una competencia como referente de valoración.

El interrogante natural entonces es cómo realizar diseños de espacios educativos para el desarrollo de competencias que sean consistentes con dicha noción. Consideramos que un proceso continuo de ensayo y error es consistente con la idea misma de

“competencia”, de la misma forma que desarrollamos competencias como nadar o a montar en una bicicleta: ensayo y error.

## 2.4 Ensayo y error

Nuestro curso tiene como objetivo la enseñanza de la dinámica de sistemas para modificar modelos mentales, reflexionar y ser más efectivos acerca de la forma como entendemos el mundo, punto en el que coincidimos con los elementos básicos y tradicionales de DS [12, 36]. ¿Cómo diseñar un curso fundado en competencias bajo estas premisas? Seguramente hay numerosas opciones; nosotros presentaremos la forma como estamos abordando esta pregunta.

Como ya señalamos, la misma naturaleza de las competencias implica que éstas sólo se pueden construir y desarrollar en situaciones y en acción, al contrario de la educación tradicional en la que se asume que los estudiantes primero deben adquirir progresivamente unos conocimientos y luego después, eventualmente, aplicarlos en situaciones diseñadas para examinar dichos conocimiento. Es decir, partimos de la idea de “aprender haciendo” en lugar de la idea de “aprender primero y aplicar después”. Y efectivamente en la tradición de la DS se reconoce la necesidad de aprender a través de la experiencia y del proceso de modelaje el cual resulta siendo más importante que el modelo mismo [13, 32]. De manera explícita el mismo Forrester [14] afirma que una persona aprende de la experiencia y que la construcción de modelos computacionales es una forma acelerada de generar aprendizaje a partir de la experiencia de interactuar con el simulador. Sugiere que la dinámica de sistemas se aprende haciendo y cometiendo errores, y afirma que este proceso de ensayo y error permite cambiar modelos mentales.

De manera semejante, nuestro enfoque sigue epistemológicamente un modelo popperiano de “ensayo y error” [29, 30]: evolución de competencias a través de la continua confrontación de conjeturas no predecibles (en forma de hipótesis, ensayos, intentos, propuestas) realizadas por los estudiantes, enfrentadas continuamente a la crítica y las refutaciones (eliminación, selección) recibidas en diversos espacios en el curso. Las competencias no sólo se evalúan de acuerdo con la acción que realiza un estudiante en una situación sino que también se desarrollan, ejercitan y mejoran de la misma forma [19]. Bajo esta perspectiva se reconoce a los estudiantes como agentes activos (en lugar de receptores de conocimiento) que además son falibles, al igual que todo ser humano, incluyendo a los profesores, con el inherente acogimiento del error como motor de innovación y del proceso educativo y no como motivo de vergüenza o como criterio final de falla. A partir de la aceptación legítima del error se busca que los estudiantes generen intentos (acciones) para situaciones que les exigen desempeños competentes y que implican la utilización e integración de múltiples habilidades y recursos; esto plantea la necesidad de diseñar presiones de selección que promueven la generación y observación de errores por parte de los estudiantes. Este proceso debería lograr que los proponentes de dichas conjeturas, enfrentados a este proceso continuamente, sean cada vez más competentes a través de un proceso de selección natural que elimina hipótesis e intentos fallidos y retiene los exitosos; detalles conceptuales y metodológicos de este esquema se encuentran en [28, 33, 34]. El resto del documento está dedicado a presentar y discutir la forma como implementamos estas ideas.

## 3. NUESTRO CURSO

### 3.1 El primer diseño: contenidos

Cuando se incluyó el curso como obligatorio en el programa de pregrado de Ingeniería Industrial en la Universidad de Los Andes en el primer semestre de 2002 su diseño estaba orientado por objetivos y contenidos. Los objetivos de aprendizaje, los temas que cubría, y su respectiva evaluación, suponían como principio organizador del curso los *conceptos* considerados como relevantes en dinámica de sistemas. El documento de programa del curso incluía una lista de temas que se evaluaban mediante comprobaciones de lectura, un trabajo de profundización, un proyecto de investigación, dos exámenes parciales y un examen final. Cada elemento de evaluación tenía un porcentaje asociado y el promedio ponderado de las calificaciones constituía la nota final del estudiante. Bajo este esquema, para aprobar el curso era necesario obtener una calificación final mínima de 3,0 (en una escala de 0,0 a 5,0) calculada como promedio ponderado de todas las notas parciales.

Los exámenes estaban diseñados para evaluar si un estudiante “conocía” y “comprendía” conceptos, e.g. nivel, convertidor, flujo, hipótesis dinámica, ciclos de realimentación etc.; se utilizaban preguntas de opción múltiple, falso y verdadero, y casos sencillos de aplicación diseñados específicamente para examinar dichos conceptos. En cada pregunta se evaluaba un concepto particular y la suma de respuestas correctas constituía la calificación de dicha evaluación. De acuerdo con el diseño y evaluación del curso, se podía esperar que un estudiante que aprobara entendía—*en promedio*—los conceptos relacionados con dinámica de sistemas. Notablemente, el curso era aprobado por la mayoría de los estudiantes.

Este diseño anterior ilustra el supuesto de que es posible medir el desempeño de un estudiante por medio del fraccionamiento del conocimiento el cual a su vez está definido por conceptos y contenidos. Las limitaciones de este supuesto se evidencian en algunos indicadores para dos semestres académicos en los que el curso se había consolidado con un diseño estable y aceptado (Tabla 1). Buena parte de los estudiantes que no habían aprobado algún examen—entendidos estos como las instancias evaluativas de los objetivos de aprendizaje del curso—aprobaron el curso simplemente porque el promedio de las calificaciones resultaba aprobatorio; por ejemplo el 55.38% de los estudiantes que aprobaron el curso en el segundo semestre de 2002 perdieron al menos un examen; y aún más dramáticamente el 12.31% reprobaron los tres exámenes y sin embargo aprobaron el curso. La paradoja más significativa seguramente se dio en el primer semestre de 2003: el único estudiante que perdió el curso aprobó los tres exámenes del mismo.

**Tabla 1. Aprobación del curso - diseño por contenidos**

	Semestre	
	2002-II	2003-I
Estudiantes que aprobaron el curso y que perdieron al menos un examen (%)	55.38%	61.11%
Estudiantes que aprobaron el curso y perdieron los tres exámenes (%)	12.31%	11.11%
Estudiantes que aprobaron los tres exámenes y perdieron el curso (%)	0.00%	2.78%
Estudiantes que pierden el curso (%)	0.00%	2.78%

### 3.2 De contenidos a competencias

Desde entonces el curso se ha transformado radicalmente, cambio que fue impulsado y concebido desde sus comienzos por el profesor Andrés Mejía. Hoy en día está diseñado con base en competencias como principio organizador y bajo un esquema explícito de aprendizaje a través de procesos de ensayo y error; se han rediseñado las actividades educativas, los instrumentos de evaluación y los espacios de aprendizaje. Cada semestre este diseño es revisado y cuestionado por el equipo docente del curso.

Actualmente consideramos que una persona competente en DS debería: (1) construir modelos confiables de simulación (niveles y flujos) de situaciones no estructuradas, (2) conceptualizar situaciones complejas y reales desde una perspectiva de realimentación, y (3) construir hipótesis dinámicas que apoyen el diseño de políticas para sistemas sociales. En el curso estas tres competencias son consideradas *necesarias y suficientes* para aprobarlo lo que implica que la aprobación del curso requiere de la demostración de un nivel mínimo de desempeño *en cada una de ellas*—el curso cuenta además con un componente de competencia de trabajo en equipo que no abordaremos en este artículo y que no es necesaria para aprobarlo por parte de los estudiantes. Estas competencias son ahora nuestro punto de partida y entonces el reto del curso es construir espacios en los que los estudiantes las desarrollen y no que memoricen o que aprendan conceptos, métodos, técnicas o teorías. El diseño de las clases, los espacios de aprendizaje, las actividades y la forma como las evaluaciones están diseñadas y son calificadas están en función de estas competencias.

La evaluación de cada competencia consiste en la realización de un examen individual en el cual cada estudiante cuenta con dos horas y media para mostrar su desempeño al abordar un caso el cual se busca que sea auténtico y que esté conectado con temas de interés de la vida real. Los instrumentos de evaluación no constan de preguntas sobre conceptos específicos sino que exigen que el estudiante utilice recursos que en la vida real están a su disposición, e.g. computador, libros, apuntes de clase, ejercicios, exámenes anteriores (que están a disposición de los estudiantes) en combinación con comprensión de conceptos y habilidades para: construir un modelo de simulación (competencia 1), construir un modelo conceptual de ciclos de realimentación (competencia 2) y construir una hipótesis dinámica para diseñar políticas (competencia 3).

Los exámenes exigen de los estudiantes la selección de información adecuada, la elaboración de supuestos de información que no conozcan, la articulación de diversos conceptos y el criterio para elaborar una posible solución al caso planteado en cada examen. Los instrumentos de evaluación no exigen una única respuesta, en cambio, están diseñados para examinar el nivel de desempeño de un estudiante para desarrollar un modelo o una hipótesis dinámica de una situación relativamente no estructurada. De hecho usualmente los estudiantes proporcionan diferentes “soluciones” que evidencian niveles similares de desempeño y que por lo tanto obtienen una calificación similar. Los estudiantes cuentan además con dos oportunidades de evaluación para aprobar cada competencia. La primera oportunidad se realiza durante el semestre regular y la segunda al finalizar el período académico. Este esquema pretende reconocer las diferencias en el tiempo que les toma a los diferentes estudiantes desarrollar las competencias. Adicionalmente, conforme se avanza en el curso en cada competencia los estudiantes pueden requerir de competencias

anteriores, e.g. construir una hipótesis dinámica requiere ser competente en comprender un modelo de simulación. Este diseño destaca que ser competente en dinámica de sistemas requiere de desempeños mínimos en cada una de las tres competencias y que éstas además no se agregan o promedian en una calificación.

Para evaluar integralmente la combinación de conocimientos, habilidades y actitudes en una competencia específica, el desempeño de los estudiantes en dichas evaluaciones se determina a partir de una matriz en la que la calificación está sujeta a diferentes niveles de desempeño los cuales a su vez están asociados a un intervalo en una escala numérica; la Tabla 2 muestra un ejemplo para la tercera competencia con dos niveles de desempeño. Dicha matriz parte de la pregunta de qué acciones debe realizar y mostrar una persona competente en lo que se desea evaluar. Los diferentes niveles de desempeño se articulan con el objetivo del curso, pues permiten diferenciar que tan competente es el estudiante en cada una de las competencias.

**Tabla 2. Instrumento de evaluación y dos niveles de desempeño para la competencia 3**

<b>Competencia 3: hipótesis dinámica y políticas</b>	
<b>Instrumento de evaluación</b>	Examen parcial. A los estudiantes se les entrega un modelo de simulación asociado a una situación relativamente no estructurada expresada en un texto.
<b>Desempeño mínimo (nota aprobatoria, 3.0)</b>	Identifica en un modelo de simulación las realimentaciones y sus polaridades correctamente y articula, con algunas imprecisiones, su funcionalidad y la estructura del modelo con el resultado de simulación experimental para sustentar, explicar o anticipar comportamientos posibles de un sistema; sin embargo no es preciso en el diseño de experimentos ni en el análisis de sus resultados y/o no aprovecha completamente el análisis estructural o la simulación para sustentar sus hipótesis dinámica. Diseña escenarios y políticas parcialmente coherentes con dichas explicaciones.
<b>Desempeño ideal (nota máxima, 5.0)</b>	Identifica en un modelo de simulación las realimentaciones y sus polaridades correctamente y articula su funcionalidad y la estructura del modelo con el resultado de simulación experimental para explicar o anticipar comportamientos posibles de un sistema; diseña y aplica correctamente experimentos de simulación e integra el análisis estructural para desarrollar consistentemente una hipótesis dinámica. Diseña escenarios y políticas coherentes con dichas explicaciones para intervenir sistemas

Este diseño les exige a los estudiantes un rol activo desde el mismo comienzo. Para esto cuentan con múltiples espacios para generar intentos (ensayos) que son sometidos a presiones de selección (error); las sesiones de clase se realizan bajo el supuesto que el estudiante ha preparado la clase y se utilizan entonces para aclarar dudas, señalar aspectos importantes, confrontar lo que los estudiantes entendieron con lecturas previas y ejercicios, realizar talleres, y para contextualizar temas y aplicaciones; hay también una sesión semanal de laboratorio computacional para desarrollar prácticas con paquetes de software y así poner a prueba lo que saben hacer, cuentan con el apoyo de un asistente y monitores para confrontar las propuestas de solución a casos y ejercicios desarrollados previamente por los estudiantes e identificar posibles errores o fallas conceptuales. Cuentan también con una

sala de atención especializada por parte de los monitores del curso que está disponible 20 horas a la semana; allí además tienen acceso a numeroso material (tareas, ejercicios, laboratorios, exámenes de semestres anteriores, etc.) el cual también está disponible a través de Internet. Los estudiantes también tienen la opción de enviar al equipo docente en cualquier momento de tiempo las propuestas de solución que elaboren a cualquier ejercicio disponible con el fin de obtener realimentación. En todos estos espacios se confrontan los ensayos, intentos y propuestas de los estudiantes con las sugerencias y la crítica detallada de monitores, asistentes y profesores.

### 3.3 Resultados

Presentamos varios resultados para ilustrar algunos aspectos distintivos del diseño actual del curso.

#### 3.3.1 Aprobación del curso

Al observar los porcentajes históricos de estudiantes que han reprobado el curso (Figura 1) llama la atención el incremento de este porcentaje en el diseño del curso por competencias en relación con el diseño anterior por contenidos. De cifras aproximadas de 0% ahora cerca del 18% de los estudiantes reprobaban. Esto podría evidenciar limitaciones del diseño anterior basado en contenidos pues con su distribución porcentual del valor de la nota en los diferentes elementos de evaluación (parciales, quices, talleres, proyectos, ensayos, etc.) un estudiante podía reprobado los exámenes, y aun así aprobar el promedio final del curso por medio de las otras notas; esto evidentemente impide establecer con base en la calificación final si el estudiante “sabe” los conceptos que se asumían como importantes y como objetivos de aprendizaje; de hecho las cifras evidencian la limitación misma del diseño pues el curso se podía aprobar sin necesidad de demostrar en los exámenes la comprensión de los conceptos. El diseño por competencias permite que la calificación final refleje de forma más confiable si el estudiante ha cumplido de forma mínima con los objetivos de aprendizaje del curso pues para aprobarlo es necesario que muestre un nivel mínimo de desempeño en cada una de las competencias. Se debe anotar que los temas y conceptos en ambos tipos de cursos son los mismos, inclusive el texto guía es el mismo. También se podría pensar que el diseño por competencias exige mucho más a los estudiantes; parecería sugerirse que “ser competente” es más retador que “dominar conceptos o técnicas”.

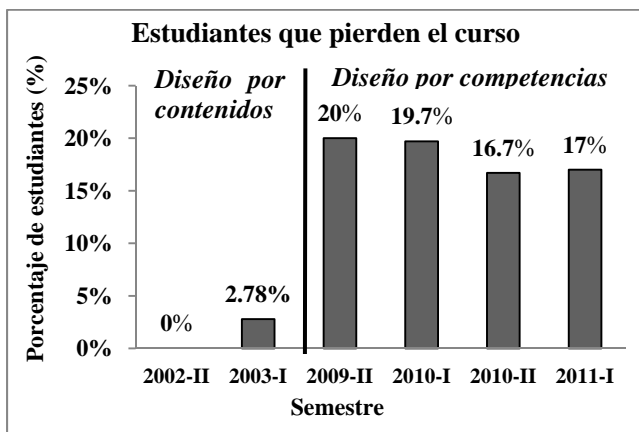


Figura 1. Estudiantes que han perdido el curso

#### 3.3.2 Desarrollo durante el semestre

En las Figuras 2, 3 y 4 se muestran los más recientes (de 2009 a 2011) porcentajes semestrales de estudiantes que aprobaron cada una de las competencias, tanto en la primera oportunidad como al final del curso; evidencian que efectivamente es posible que buena parte de los estudiantes alcancen niveles mínimo de desempeño en cada competencia.

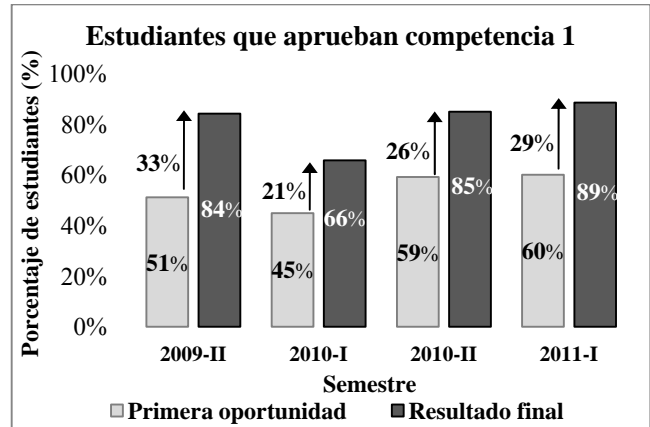


Figura 2. Progreso de estudiantes en la competencia 1: estudiantes que alcanzan al menos un nivel mínimo de desempeño en la primera oportunidad y al final del curso.

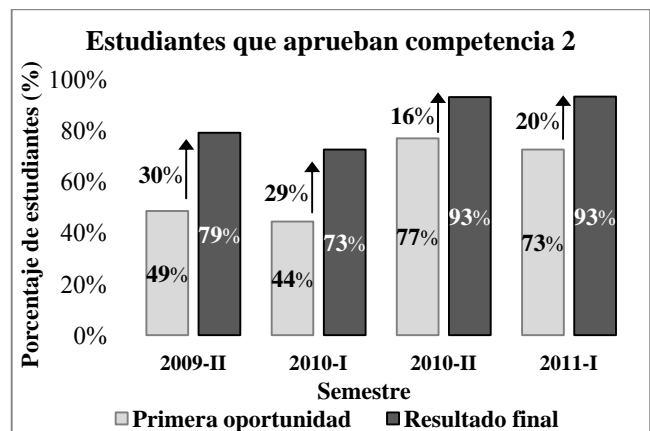


Figura 3. Progreso de estudiantes en la competencia 2.

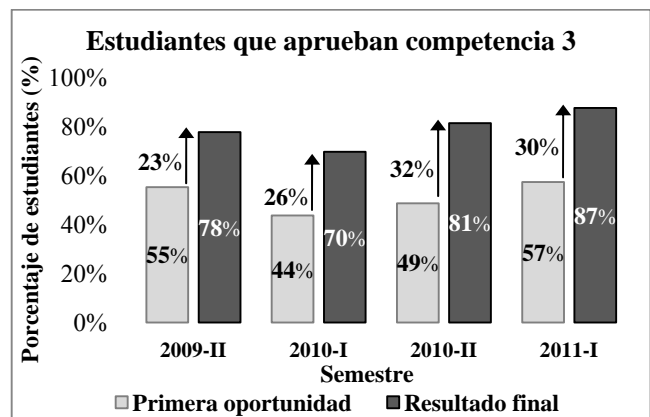


Figura 4. Progreso de estudiantes en la competencia 3.

El diseño por competencias reconoce el progreso que hace un estudiante durante un curso; la metodología fomenta que el estudiante desarrolle un proceso de aprendizaje durante el semestre teniendo en cuenta que no todos los estudiantes progresan al mismo tiempo. Se puede observar que inicialmente hay porcentajes significativos de estudiantes que reprobaban las competencias en la primera oportunidad, cercanos y superiores al 50%, sin embargo, al finalizar el curso un porcentaje alto de estudiantes logra niveles de desempeños aprobatorios en la segunda oportunidad; en general alrededor de la tercera parte de estudiantes que aprueban cada competencia lo logran al finalizar el semestre. Sin duda a algunos estudiantes les toma menos tiempo ser competentes de acuerdo con la situación que enfrentan. Es importante resaltar este contexto situacional y la diversidad de los agentes; estudiantes que aprueban alguna competencia en la primera oportunidad no necesariamente lo logran en otras competencias.

### 3.3.3 Niveles de desempeño

Las Figuras 5 y 6 ilustran resultados al final del curso para las competencias 2 y 3 discriminados por semestres y para diferentes niveles de desempeño.

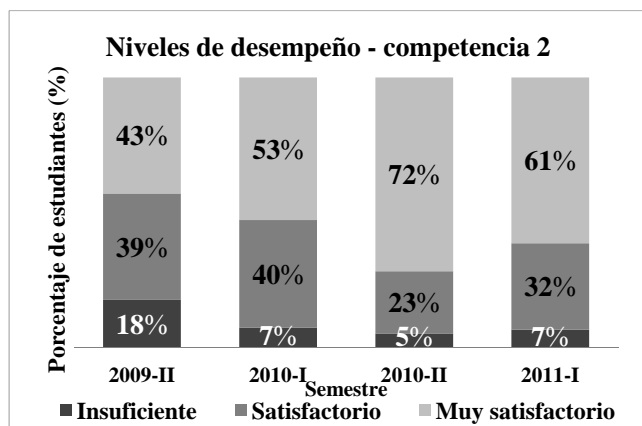


Figura 5. Nivel de desempeño alcanzado por los estudiantes en la competencia 2 al final del curso. Insuficiente equivale a no aprobar la competencia (nota menor a 3.0), satisfactorio entre 3.0 y 4.0 y muy satisfactorio a una nota mayor a 4.0.

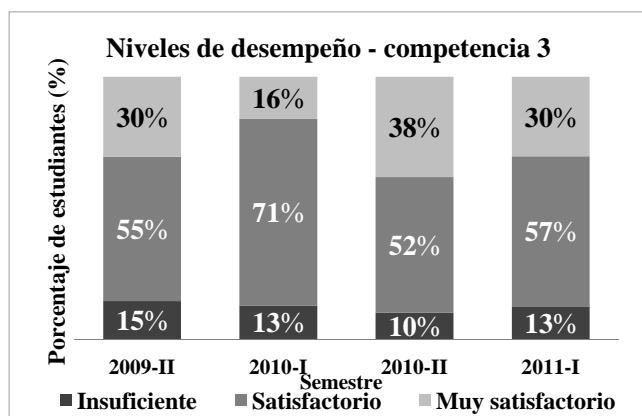


Figura 6. Nivel de desempeño alcanzado por los estudiantes en la competencia 3 al final del curso. Insuficiente equivale a no aprobar la competencia (nota menor a 3.0), satisfactorio entre 3.0 y 4.0 y muy satisfactorio a una nota mayor a 4.0.

Se destaca que la competencia 2 presenta porcentajes aceptables de desempeño idóneo (muy satisfactorio) mientras que para la competencia 3 estos porcentajes son menores. Dado esto se reconoce que es posible que existan más dificultades para el desarrollo de la competencia 3, posiblemente esto esté relacionado con el hecho de que es la última competencia que se desarrolla en el semestre y el tiempo que se dedica a ella es más corto; además esta competencia tiene elementos de las competencias 1 y 2, luego las falencias que puedan existir en éstas últimas pueden influir en el desempeño de la competencia 3.

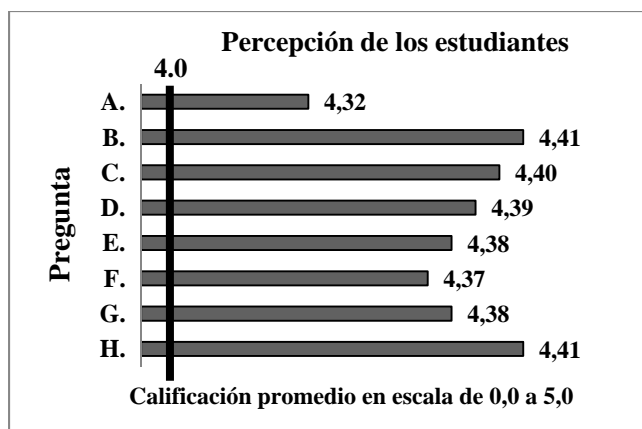
### 3.3.4 Percepción de los estudiantes

La Universidad realiza al final de cada semestre una encuesta a los estudiantes la cual es anónima y pretende examinar su percepción en diferentes aspectos del proceso educativo. Los resultados de dichas evaluaciones se hacen públicos a través de internet. La Tabla 3 muestra una selección de preguntas que son relevantes para el esquema que estamos presentando.

Tabla 3. Preguntas de la encuesta de percepción a estudiantes.

Pregunta		
Metodología	A	El profesor realiza y promueve actividades que son efectivas para mi aprendizaje
	B	Las evaluaciones son adecuadas y consistentes con los objetivos del curso
Evaluaciones	C	El curso ha contribuido a desarrollar habilidad para diseñar un sistema que satisfaga necesidades bajo restricciones
	D	El curso ha contribuido a desarrollar mi habilidad para aplicar conocimientos de ingeniería en la solución de problemas
Competencias 1 y 3	E	El curso ha contribuido a desarrollar mi habilidad para identificar, formular y/o resolver problemas relacionados con la ingeniería
	F	El esfuerzo que le he dedicado a este curso
Competencia 2	G	El nivel del aprendizaje que he logrado en este curso
	H	Mi compromiso con el desarrollo del curso
Rol del estudiante		

La Figura 7 sintetiza los promedios de los resultados de estas encuestas de los últimos cuatro semestres en una escala de 0.0 a 5.0. Las percepciones de los estudiantes acerca de las competencias que desarrollan en el curso y acerca de la metodología (preguntas A, B, C, D y E) permiten pensar que de acuerdo con los estudiantes la metodología efectivamente promueve el desarrollo de las competencias; y en términos globales califican positivamente la metodología del curso y sienten que éste ha contribuido a su desarrollo. Adicionalmente hemos mencionado que el diseño por competencias requiere de un rol activo por parte de los estudiantes. Los resultados de las preguntas F, G y H indican que la mayoría de estudiantes consideran que el nivel de esfuerzo, aprendizaje y compromiso realizados durante el curso es alto.



**Figura 7. Percepción de los estudiantes sobre la metodología, evaluaciones, efectividad del curso para el desarrollo de las competencias, y su rol como estudiantes.**

La encuesta incluye además preguntas abiertas. La Tabla 4 presenta algunas citas textuales escritas por estudiantes sobre la metodología del curso; las dos primeras ilustran que se puede efectivamente aspirar a que los estudiantes comprendan los propósitos de un diseño de curso que entienden “más humano” y “más justo”. Las citas restantes ilustran algunas dificultades típicas que hemos encontrado en la forma como los estudiantes pueden llegar a percibir el diseño del curso: muy rígido, demasiado agregado en donde inclusive los mismos estudiantes prefieren la usual parcelación de temas y conceptos ponderados por pesos en la calificación final antes que situaciones que demandan integración de múltiples contenidos y habilidades, la expectativa de encontrar explicaciones por parte del profesor (o en un texto) antes que favorecer la práctica misma por encima de la “explicación” exógena, lo radical que puede percibirse el diseño, y la presión que genera el sistema de calificación en las instancias de evaluación.

**Tabla 4. Citas ilustrativas de estudiantes.**

<i>Este curso está muy bien diseñado. El hecho de exigir la aprobación de los tres parciales genera en los estudiantes una mentalidad de hacer las cosas bien y no por obligación.</i>
<i>Muy buen curso!! Me parece que el trato a los estudiantes es muy humano! Los profesores se esfuerzan por hacer evaluaciones justas y diferentes para cada semestre.</i>
<i>El sistema de evaluación es muy rígido y demanda casi perfección en la elaboración de modelos dinámicos. Posiblemente si el criterio de evaluación se desagrega más sería más beneficioso para los estudiantes y les haría ver más claramente los objetivos y habilidades que se desarrollan.</i>
<i>Intenta promover la autonomía pero la forma no es la correcta ya que las lecturas relacionadas con los temas son muy largas y su explicación es demasiado superficial.</i>
<i>La teoría de que el estudiante es el que debe aprender tiene cierto sentido, pero en este curso se toma al pie de la letra, de forma radical. Sería valioso que el profesor expusiera más temas en clase.</i>
<i>El sistema de calificaciones genera mucha presión pues un estudiante muy bueno podría terminar perdiendo el curso por errores que en últimas pueden no ser significativos.</i>

## 4. DISCUSIÓN

El continuo desarrollo, puesta a prueba, rechazo y selección de desempeños debería propiciar procesos de aprendizaje [30]. Los estudiantes de nuestro curso se enfrentan a través de este proceso a continuos eventos de “ensayo y error”, es decir, es un proceso que exige la participación activa de los estudiantes quienes autónomamente proponen conjeturas que demuestran en desempeños y que pueden ser rechazadas en la interacción con sus compañeros y docentes, es un aprendizaje “a los golpes” el cual los debería hacer más competentes; este esquema además lo juzgamos consistente y adecuado para procesos educativos fundados en competencias.

Consideramos que el desarrollo y la evaluación de competencias a través de un curso implican un rediseño y una reflexión del proceso pedagógico, transformación necesaria que a veces no parece apreciarse en su justa dimensión. Enfatizamos que fundar un curso en competencias implica transformaciones radicales que excluyen inclusive la posibilidad de modelos híbridos que pretendan combinar la educación basada en competencias con otros esquemas, e.g. por objetivos, basada en problemas, casos, etc. Con nuestro curso estamos viviendo de primera mano lo que varios autores [19] caracterizan para la educación basada en competencias: un cambio *paradigmático* (en el sentido de Kuhn) que afecta a todo el sistema educativo y que redefine para los actores involucrados su relación con el conocimiento y que requiere de un cambio de mentalidad. Esto naturalmente no ocurre de la noche a la mañana; este experimento completa ya un poco más de cinco años y se pueden notar algunos logros pero también diversas dificultades, algunas de las cuales hemos ya señalado.

Algunas lecciones de la práctica de este diseño subrayan retos importantes. Un aspecto que hemos encontrado persistente es que una buena parte de los estudiantes espera que el profesor “les enseñe”; esto representa un “corto-circuito” entre el equipo docente y los estudiantes que exige innovación y creatividad en el diseño e implementación de actividades y evaluaciones [24]. En particular las instancias de evaluación son retadoras para los estudiantes no sólo por la presión que generan sino también por lo extraño que les puede resultar el esquema frente a lo que están acostumbrados a enfrentar—este curso es el único del programa de pregrado que les exige aprobar todos los exámenes parciales. De hecho inclusive el curso encuentra dificultades en el reglamento general de la Universidad que exige que ningún examen de ningún curso puede tener “un peso” mayor al 35% de la calificación, norma que asume el supuesto de fraccionamiento parcial de evaluaciones que se suman en un promedio ponderado para obtener una calificación final.

También hemos encontrado que no es fácil para los estudiantes, acostumbrados a memorizar, a replicar técnicas y a buscar respuestas única y correctas, comprender que un examen puede tener una gran cantidad de “respuestas correctas y diferentes” que además impliquen calificaciones equivalentes; la tendencia a creer que se espera que se produzca “la” respuesta correcta, “la” solución”, “el” modelo correcto, dificulta el desarrollo de las clases, la comprensión de los objetivos del curso y el desarrollo de las competencias. Esto se añade al hecho de que juzgar qué tan competente es una persona involucra el juicio de un “experto”[6], situación que a veces los estudiantes perciben como “evaluación subjetiva” que depende de quién califica; asegurar la consistencia de criterios entre calificadores y a lo largo del tiempo ha sido una de las tareas más enriquecedoras pero también más demandantes



para nosotros. Más importante en este punto es señalar que al conceder preponderancia al juicio del evaluador se otorga autoridad de conocimiento al profesor con el riesgo de menguar la posibilidad de que el estudiante tome un rol activo auto-crítico y en contravía de procesos educativos emancipadores y liberadores, una de las críticas que se encuentran a esquemas de competencias [18]. Adicionalmente la implementación de procedimientos sistemáticos de auto-evaluación institucional [7] es una de las tareas que nos falta por hacer para examinar específicamente el diseño del curso. Hay que reconocer también que si se entiende que una competencia es un complejo integral de conocimientos, recursos y actitudes entonces los métodos de evaluación podrían pensarse en términos de combinaciones de diversos instrumentos y no solamente a través de un solo tipo de instancia evaluativa [6]. Un último riesgo para mencionar es el señalado por Climent [10] quien advierte que las competencias pueden llegar a desalentar al estudiante por su énfasis en resultados.

Baartman propone diversos criterios para juzgar la calidad de evaluaciones basadas en competencias [6]: autenticidad (las evaluaciones deben asemejarse a situaciones que se enfrentan en la vida real), complejidad cognitiva, igualdad de oportunidades para estudiantes, valor significativo y con sentido para estudiantes y profesores, posibilidad de evaluar directamente el desempeño sin mediar traducciones de teoría a práctica, transparencia (las evaluaciones deben ser claras y comprendidas para todos los participantes), deben tener consecuencias para el proceso educativo, las decisiones deben ser reproducibles (estudiantes evaluados en múltiples ocasiones y con múltiples evaluadores). Según estos criterios, y a la luz de lo presentado, se puede pensar que vamos por buen camino aunque ya señalamos también las dificultades y fallas. Un último criterio de calidad sugerido también por Baartman es el de eficiencia, criterio que hemos encontrado difícil de realizar; la carga de trabajo que representa este esquema por parte de la institución educativa es notable; cada semestre se realizan exámenes nuevos cuyo diseño exige numerosas revisiones y discusiones; igualmente mantener la consistencia entre diferentes secciones del mismo curso y a lo largo del tiempo exige que tanto el diseño como la calificación de los exámenes sea minuciosa y con varias revisiones por parte de varias personas; se puede afirmar que de hecho este tipo de esquemas son por definición ineficientes, i.e. múltiples exámenes, múltiples evaluadores, exámenes nuevos cada semestre, evaluaciones que requieren juzgar integralmente un desempeño y no simplemente verificar una respuesta única, etc. Aunque siempre se puede cuestionar dicho criterio; parafraseando a Ackoff, seguramente es preferible intentar ser ineficientemente efectivos en la tarea y no al revés [1].

Queremos recalcar que el diseño del curso reconoce que a los estudiantes no les toma el mismo tiempo desarrollar procesos educativos, y en particular alcanzar niveles de competencia; se pueden observar diferencias en el tiempo y esfuerzo que les toma a los estudiantes desarrollar las competencias; el desarrollo de competencias depende de las características individuales y singulares de cada estudiante, aspecto poco reconocido en los sistemas educativos que usualmente están anclados en ideas de promedios, agentes representativos y estandarización; la necesidad de reconocer “poblaciones” de estudiantes [8, 22, 23], es decir, grupos heterogéneos de *individuos*, y articular este reconocimiento con procesos pedagógicos es quizás uno de los

retos más grandes. Destacamos también la relevancia de que las evaluaciones representen situaciones más auténticas y semejantes a la vida real en las que hay acceso a recursos y, de manera más importante, en donde el criterio de éxito es la efectividad en la acción por encima de la habilidad intelectual para dominar (y muchas veces de forma descontextualizada) contenidos y conceptos que además se terminan promediando.

Este artículo no pretende teorizar ni ahondar en conceptualizaciones de procesos educativos; simplemente busca compartir un caso y la forma como se ha vendido aplicando. De hecho se viene reconociendo con cada vez más insistencia la enorme brecha que parece haber entre la investigación en educación y su relevancia para la práctica; se reconocen disociaciones entre programas (la práctica misma de la educación) y las elaboraciones teóricas enfocadas en medir, comprender y mejorar procesos educativos [9]; una de las razones para esta brecha puede ser la ausencia, en el diseño de cursos y programas, de referencias a situaciones concretas en las cuales se espera que un estudiante muestre su competencia en-acción, para no mencionar la conveniencia o inclusive necesidad de utilizar este esquema como posible principio organizador de procesos pedagógicos [19]. Los investigadores en educación se están concentrando cada vez más en la realización de intervenciones pedagógicas de prácticas educativas “en el mundo real” para estudiar “in situ” el alcance de teorías y sobrepasar así tradicionales perspectivas basadas en psicometría, “mediciones de aprendizaje” y evaluaciones de currículo [3, 19]. Sin embargo, en ningún momento queremos sugerir que el enfoque que presentamos sea una “panacea”. Falta mucho camino por recorrer y en general se reconoce en la literatura de educación que no hay suficiente claridad sobre cómo diseñar procesos que verdaderamente promuevan competencias de *estudiantes-en-situación y en-acción* [19] y mientras no avancemos en estos interrogantes los cuestionamientos a esquemas basados en competencias perdurarán, e.g. [18]. En todo caso, nuestro curso no es más que una conjetura que, desde un enfoque popperiano de conocimiento científico, no necesita de justificación o de “fundamento” filosófico. En últimas se sospecharía que un camino posible ha estado siempre al alcance de la mano y que intuitivamente se antoja casi obvio (aunque no por ello fácil de realizar): desarrollar competencias en entornos educativos no es diferente del desarrollo de otras competencias que ya conocemos como por ejemplo montar en bicicleta: ensayo y error, es decir, a los porrazos.

## 5. AGRADECIMIENTOS

Mucha personas han contribuido al diseño actual del curso; debemos mencionar especialmente al profesor Andrés Mejía quien ha sido el iniciador y motor detrás de este diseño. También a numerosas personas que han contribuido para que el curso se haya ido revisando y mejorando: Isaac Dyner, Luis Pinzón, Gloria Díaz, Fabio Díaz, Santiago Caicedo, Andrés Obando, Felipe Venegas, Lina Burgos, y a todos los monitores que han sido parte de este experimento. También agradecemos a un revisor anónimo cuyos comentarios nos motivaron a revisar y modificar algunas perspectivas e ideas iniciales.

## 6. REFERENCIAS

- [1] Ackoff, R.L. 2001. Or: After the Post Mortem. *System Dynamics Review*. 174, 341-346.

- [2] Acofi. 2005. Marco De Fundamentación Conceptual. Especificaciones De Prueba Ecaes Ingeniería Industrial, in Asociación Colombiana De Facultades De Ingeniería, Icfes-Acofi, Bogotá.
- [3] Akkerman, S.F., Bronkhorst, L.H., and Zitter, I. 2011. The Complexity of Educational Design Research. *Quality & Quantity*. DOI: 10.1007/s11135-011-9527-9.
- [4] Andrade, H. and Navas, X., *La Informática Y El Cambio En La Educación*. 2003: Abril 10 - 12, Monterrey, México.
- [5] Andrade, H. and Parra, C., *Esbozo De Una Propuesta De Modelo Educativo Centrado En Los Procesos De Pensamiento*. 1998: IV congreso Iberoamericano de Informática Educativa. Brasilia, Brasil.
- [6] Baartman, L.K.J., Bastiaens, T.J., Kirschner, P.A., and van der Vleuten, C.P.M. 2007. Evaluating Assessment Quality in Competence Based Education: A Qualitative Comparison of Two Frameworks. *Educational Research Review*. 2, 114–129.
- [7] Baartman, L.K.J., Prins, F.J., Kirschner, P.A., and van der Vleuten, C.P.M. 2007. Determining the Quality of Competence Assessment Programs: A Self-Evaluation Procedure. *Studies in Educational Evaluation*. 33, 258–281.
- [8] Bates, E., Dale, P.S., and Thal, D. 1995. Individual Differences and Their Implications for Theories of Language Development, in Handbook of Child Language, P. Fletcher and B. MacWhinney, Editors., Basil Blackwell: Oxford, UK. 96-151.
- [9] Broekkamp, H. and van Hout-Wolters, B. 2007. The Gap between Educational Research and Practice: A Literature Review, Symposium, and Questionnaire. *Educational Research and Evaluation*. 133, 203-220.
- [10] Climent, J.B. 2010. Reflexiones Sobre La Educación Basada En Competencias. *Revista Complutense de Educación*. 211, 91-106.
- [11] Ford, D., *System Dynamics as a Strategy for Learning to Learn*. 1998: Proceedings of the 16th International Conference of the System Dynamics Society, July 20 - 23, Québec City, Canada.
- [12] Forrester, J.W. *Industrial Dynamics*. Productivity Press, Cambridge, MA, 1961.
- [13] Forrester, J.W. 1985. "The" Model Versus a Modeling "Process". *System Dynamics Review*. 11, 133-134.
- [14] Forrester, J.W., *Learning through System Dynamics as Preparation for the 21st Century*. 1994: Keynote Address for Systems Thinking and Dynamic Modeling Conference for K-12 Education, June 27-29, 1994, Concord, MA, USA.
- [15] Glass-Husain, W., *Teaching System Dynamics: Looking at Epidemics*. 1991: System Dynamics in Education Project. Massachusetts Institute of Technology.
- [16] Hernández, J.T., Caicedo, B., Caro, S., Duque, M., and Gómez, R., *Formar Ingenieros: Un Asunto De Tradición O De Ciencia*. 2004: Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes.
- [17] Hovmand, P. and O’Sullivan, J. 2008. Lessons from an Interdisciplinary System Dynamics Course. *System Dynamics Review*. 244, 479 - 488.
- [18] Hyland, T. 1997. Reconsidering Competence. *Journal of Philosophy of Education*. 313, 491-503.
- [19] Jonnaert, P., Masciotra, D., Barrette, J., Morel, D., and Mane, Y. 2007. From Competence in the Curriculum to Competence in Action. *Prospects*. 37, 187–203.
- [20] Kennedy, M., *A Taxonomy of System Dynamics Models of Educational Pedagogic Issues*. 2008: Proceedings of the 26th International Conference of the System Dynamics Society, July 20 - 24, Athens, Greece.
- [21] Lizzio, A. and Wilson, K. 2004. Action Learning in Higher Education: An Investigation of Its Potential to Develop Professional Capability. *Studies in Higher Education*. 294, 469-488.
- [22] Mayr, E. 1969. Footnotes on the Philosophy of Biology. *Philosophy of Science*. 362, 197-202.
- [23] Mayr, E. 2002. The Biology of Race and the Concept of Equality. *Daedalus*. 1311, 89-94.
- [24] McDowell, L. 2001. Students and Innovative Assessment. *Commissioned paper for ILTHE Members Resource Area*. Institute for Learning and Teaching in Higher Education.
- [25] Medin, J. 2007. Modelado De Sistemas Dinámicos Y Educación En Ciencias E Ingeniería. *Latinamerica and Caribbean Journal of Engineering Education*. 12, 75-82.
- [26] Ospina, R. and D., L. 2005. Las Competencias. Nuevo Paradigma En La Educación Superior Para El Siglo Xxi. *Cuadernos Latinoamericanos de Administración*. 1, 63–73.
- [27] Ossimitz, G., *Teaching System Dynamics and Systems Thinking in Austria and Germany*. 2000: Proceedings of the 18th International Conference of the System Dynamics Society, August 6 - 10, Bergen, Norway.
- [28] Perkinson, H.J. *Learning from Our Mistakes: A Reinterpretation of Twentieth-Century Educational Theory*. Greenwood Press. , London. p 3-20, 163-190, Caps 1, 8, 1984.
- [29] Popper, K. *Conjectures and Refutations. The Growth of Scientific Knowledge*. Routledge and Kegan Paul, London, UK, 1963.
- [30] Popper, K. *Objective Knowledge. An Evolutionary Approach*. Oxford University Press, Oxford, UK, 1972.
- [31] Pruyt, E., *Making System Dynamics Cool II: New Hot Teaching and Testing Cases of Increasing Complexity*. 2010: Proceedings of the 28th International Conference of the System Dynamics Society, July 25 - 29, Seoul, Korea.
- [32] Saeed, K., *System Dynamics as a Technology of Learning for New Liberal Education*. 1997: (Working Paper) Worcester Polytechnic Institute.
- [33] Salas, D. and Olaya, C. 2009. No More “Learning”?: Selectionist Education for the Classroom., in Proceedings of the 21st Annual Meeting of the Human Behavior and Evolution Society. HBES: Fullerton, California State University, CA, USA.
- [34] Salas, D. and Olaya, C. 2010. Darwin En El Aula: Conjetura Sobre La Posibilidad De Una Educación Seleccionista. *12th International Conference on Philosophy of Education*. Universidad de los Andes, Colombia.
- [35] Schaffernicht, M. and Madariaga, P. 2010. What Is Learned in System Dynamics Education: A Competency-Based Representation Based Upon Bloom’s Taxonomy, in Proceedings of the 28th International Conference of the System Dynamics Society.
- [36] Serman, J. *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. McGraw-Hill, Boston, MA, 2000.