

# Un curso de mecánica clásica sin conferencias magisteriales: objetivos, elementos del diseño y efectos en los estudiantes



Josip Slisko<sup>1</sup>, Rebeca Medina Hernández<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México.

<sup>2</sup>Departamento de Matemáticas y Física, ITESO, Tlaquepaque, Jal. México.

E-mail: jslisko@cfm.buap.mx

(Recibido el 20 de Agosto de 2007; aceptado el 17 de Septiembre de 2007)

## Resumen

Se presentan objetivos, diseño y efectos en los estudiantes de un curso de mecánica clásica caracterizado por la eliminación completa de las conferencias magisteriales. Los objetivos del curso, que se refieren a diferentes maneras de promover la gestión personal de aprendizaje (aprender a aprender solo y en equipo), se derivaron de las tendencias actuales, tanto en la enseñanza de la física y en la educación de los ingenieros como en la economía de conocimiento. La encuesta anónima realizada en la última semana del curso demostró que la gran mayoría de los objetivos y elementos del diseño tenían una resonancia muy favorable en los estudiantes (reflexión sobre propia manera de aprender, importancia del trabajo en equipo, el uso de la secuencia Predecir – Observar – Explicar, la visión sobre resolución de problemas, la adecuación cognitiva de los videos didácticos y de las actividades con medición).

**Palabras clave:** Aprendizaje activo, predecir – observar – explicar, creencias sobre aprendizaje, resolución de problemas, gestión personal de aprendizaje.

## Abstract

Aims, design and effects in students of a classical mechanics course, characterized by complete lecture elimination, are presented. The aims of course, related in different ways to promotion of personal learning management (learning to learn, alone or in a group), were derived from actual trends in physics teaching, engineering education and knowledge-based economy. A survey, filled by students anonymously in the last week of the course, shown that big majority of the aims and design elements had a favorable resonance in students (reflection about own way of learning, importance of group work, usage of the sequence Predict – Observe – Explain, vision of problem solving, cognitive adequacy of didactic videos and activities with measurement).

**Key words** Active learning, predict – observe – explain, beliefs about learning, problem solving, personal learning management.

PACS: 01.40.-d, 01.50.My, 01.50.Pa

## I. INTRODUCCIÓN

Centrar el proceso educativo en el estudiante y aprovechar cabalmente los resultados de la investigación educativa sobre cómo se aprende en los entornos escolares son características fundamentales de un movimiento importante para mejorar el aprendizaje en muchos cursos universitarios. En el caso de la física ya es posible consultar una considerable bibliografía de investigación, tanto sobre las dificultades conceptuales que revelan los estudiantes al aprender conceptos y fenómenos físicos como sobre diferentes enfoques didácticos [1,2].

Para los cursos de mecánica existen evidencias experimentales (basadas en análisis de los resultados de 62 cursos con más de 6,000 estudiantes) de que la didáctica con “estudiantes activos” rinde mejores resultados que la

didáctica con “profesor activo – estudiantes pasivos”, que caracteriza a la enseñanza tradicional [3].

Las implementaciones de esos conocimientos en la práctica han causado diferentes cambios. El más fuerte de ellos es que, prácticamente, no existen las conferencias tradicionales que consumen casi todo el tiempo de clase y cuyo objetivo es cubrir el contenido, es decir, presentar detalladamente a los estudiantes la información sobre los conceptos, leyes y teorías y su aplicación en la resolución de problemas.

En algunos casos se eliminan por completo las conferencias del maestro y los estudiantes *hacen física* en el aula siguiendo una guía de actividades, desde las prácticas basadas en computadora hasta las respuestas a las preguntas conceptuales [4,5,6]. En otros casos, el profesor solamente aborda los puntos que los estudiantes no pueden

comprender solos mediante lectura en casa o en grupos de discusión [7,8,9].

También es posible que el profesor reduzca su comunicación “plenaria” solamente al aviso de las actividades por hacer y al cierre de la sesión, reafirmando los principales resultados obtenidos por los estudiantes [10].

La tendencia de reducir o eliminar el discurso del profesor que proporciona información y sustituirlo por actividades múltiples de los estudiantes, asesorados por el profesor y/o sus ayudantes en el aula y retroalimentación en línea, parece ser una estrategia general de mejorar la calidad y reducir los costos de la educación universitaria en los Estados Unidos [11]. La necesidad de cambios en el paradigma educativo no surge solamente de la lucha para mejor posición en el turbio mercado académico, en que compiten las universidades presenciales, virtuales y mixtas, sino aún más debido a las tendencias en la economía globalizada.

La “*economía de conocimiento*” [12,13] y las “*empresas que aprenden*” [14,15] dependen críticamente, y cada día más, de la fuerza laboral que es capaz de aprender y emplear creativamente el conocimiento existente o de crear el conocimiento nuevo para enfrentar de manera novedosa los retos que generan cambios rápidos en el mercado [16]. La más apreciada característica de esa fuerza laboral es la disposición y las habilidades para el aprendizaje continuo a lo largo de la vida (life-long learning).

Se sobreentiende que la calidad y la rapidez aprendizaje empresarial, que el día de hoy son las únicas ventajas competitivas confiables, no se pueden lograr de manera organizada y eficiente sin contar con los “trabajadores de conocimiento”, capaces de detectar, discutir y solucionar los problemas vitales de la empresa. Las instituciones de la educación superior tienen la responsabilidad de preparar esos trabajadores, no solamente para los actuales y potenciales problemas de hoy sino, mucho más, para los que surgirán en las décadas que vienen [17,18]. El cambio urgente, que ya se comentó, es pasar de la educación en que los estudiantes reciben la información de manera pasiva, mediante las conferencias magisteriales, a la educación en que los estudiantes activamente construyen el conocimiento, dentro y fuera del aula.

Como la creación y el fomento de los entornos de aprendizaje activo en el aula no son una tarea trivial, ya aparecen manuales para los docentes interesados en el cambio, desde el nivel de secundaria hasta el nivel universitario [19,20,21].

No sobra destacar, también, la gran diversidad terminológica en los escritos que abogan por los cambios deseables. Por ejemplo, algunos autores en lugar de “entorno de aprendizaje activo” usan el término “entorno de aprendizaje auténtico” [22].

La tendencia de explorar posibilidades del aprendizaje activo es notable, también, en la educación de los ingenieros [23,24,25]. No es ocioso agregar que Prince [23] considera que el aprendizaje activo es todavía un tema polémico que con frecuencias polariza a las comunidades

de profesores. Los partidarios lo ven como una alternativa viable para los métodos tradicionales, que no promueven conocimientos y habilidades profesionales deseados para poder trabajar en el mundo cambiante. Sin embargo, los escépticos lo perciben como un futuro ejemplo en la larga lista de fracasos educativos.

Según Prince [23], el aprendizaje activo se genera con cualquier método de instrucción que involucre a los estudiantes en el proceso de aprendizaje. Obviamente, si el aprendizaje se considera como proceso que va más allá de la memorización y de la repetición de lo dicho y hecho por el profesor, entonces un diseño didáctico que pretenda promover aprendizaje activo, debe exigir que los estudiantes realicen actividades del aprendizaje significativo y que piensen, de manera deliberada y detenida, sobre lo que están haciendo.

Consecuentemente, el núcleo del aprendizaje activo es la verdadera participación y el compromiso intelectual de los estudiantes con el proceso de aprendizaje. Como contraste se puede tomar la enseñanza tradicional basada en la conferencia del maestro, en que los estudiantes reciben pasivamente la información o copian lo escrito en el pizarrón.

Prince [23] afirma que todas las formas del aprendizaje activo practicadas y evaluadas de manera científica en la educación de los ingenieros (aprendizaje cooperativo, aprendizaje colaborativo y aprendizaje basado en problemas) cuentan con evidencias experimentales de su eficacia (aunque con diferentes magnitudes).

En este escrito se reportan los objetivos relacionados con el aprendizaje y las habilidades de desempeño profesional, los elementos del diseño didáctico que los fomentan y sus efectos en cuatro grupos de los estudiantes que tomaron (en el otoño de 2005, durante la estancia sabática del primer autor) un curso de mecánica clásica en el ITESO (Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente, Tlaquepaque, Jalisco, México). Se trata un curso de servicio a las carreras de ingeniería que imparte el Departamento de Matemáticas y Física. También se comentan algunos cambios en la segunda implementación del curso en la Primavera de 2006.

El artículo está organizado de la siguiente forma: en la sección II se presentan los objetivos del curso relacionados con las habilidades de aprendizaje, los elementos didácticos del curso se justifican y describen en la sección III, la sección IV contiene la descripción de la metodología y de los efectos del curso en los estudiantes y finalmente, en la sección V, se reportan nuestras conclusiones.

## II. LOS OBJETIVOS DEL CURSO RELACIONADOS CON LAS HABILIDADES

En este escrito se consideran solamente los objetivos relacionados con las habilidades deseables, sin analizar los objetivos específicos relacionados con el contenido del curso. Como es por esperar, enfatizando el aprendizaje individual y en equipo, en la implementación se siente fuertemente que el contenido del curso se determinó teniendo en mente que la manera de cubrirlo será,

básicamente, mediante las conferencias magisteriales. No cabe duda que un físico puede “cubrir” muchísimo más del contenido hablando de física en comparación con lo que pueden “descubrir” los estudiantes haciendo física. Por eso, muy pronto se tendrá que considerar y realizar un ajuste entre los objetivos de habilidades y los objetivos del contenido.

Ya existe un amplio consenso [26,27] de que entre las habilidades más deseadas en el caso de los ingenieros, necesariamente figuran las que hacen posibles las siguientes actividades laborales:

- Comunicación, oral y escrita, de ideas científicas,
- técnicas y personales;
- Trabajo en equipo;
- Resolución de problemas;
- Aprender a aprender.

Mientras en la enseñanza tradicional se supone erróneamente que esas habilidades son fáciles de lograr, en este curso a los estudiantes se les proporcionan múltiples oportunidades para conocerlas y practicarlas en los contextos relacionados con los contenidos de mecánica. En el curso de mecánica se mencionaba y ejemplificaba, de manera explícita, que el aprendizaje conceptual y procedimental de mecánica requiere mucha práctica en los procesos metacognitivos y de autorregulación [28,29].

La búsqueda y la formulación de dudas justificadas en la lectura, la construcción individual de los mapas conceptuales, la conclusión en el proceso de resolución de problemas, la formulación, la justificación y la corrección de las predicciones sobre el posible suceso en una situación física son solamente unos ejemplos de las actividades metacognitivas y reflexivas sin las cuales es imposible hablar de un aprendizaje significativo y basado en competencias.

De tal manera, los objetivos del curso relacionados con las habilidades fue lograr que los estudiantes activen, fomenten y desarrollen la *gestión personal de aprendizaje* como la base indispensable del aprendizaje continuo (*life-long learning*).

### III. LOS ELEMENTOS DEL DISEÑO DIDÁCTICO DEL CURSO

Para desarrollar el curso en la dirección de la *gestión personal de aprendizaje*, se optó por un formato de implementación basado en tres elementos claves:

- (1) Todas actividades de aprendizaje se realizan en equipo, aunque una parte debe ser individual;
- (2) en la resolución de problema los estudiantes deben comprender y perfeccionar los pasos de experto;
- (3) la secuencia Predecir – Observar – Explicar perfila todas las actividades con vídeos didácticos y prácticas en el laboratorio (actividades con medición).

Para poder implementar estos elementos del diseño, que consumen mucho tiempo de clase, fue necesario eliminar por completo las conferencias magisteriales. Esa decisión tiene como consecuencia que los conocimientos necesarios

para el trabajo en el aula, los deben adquirir los mismos estudiantes mediante lecturas en casa. De tal manera fue posible liberar todo el tiempo de la clase para que los estudiantes pudieran “hacer física”, sea respondiendo preguntas conceptuales sin y con vídeo, formulando y discutiendo sus ideas, realizando mapas conceptuales en el grupo y resolviendo problemas con la estrategia del experto.

#### A. Aprender con los demás: formación de equipos y retos intelectuales

Antes de iniciar el programa del curso, para afinar sus objetivos de aprendizaje, era importante conocer.

- (1) el nivel cognitivo de los estudiantes y
- (2) sus habilidades para el pensamiento crítico

Para este fin, en la primera sesión del curso, se aplicaron “La prueba de aula del razonamiento científico”, también llamada “La prueba de Lawson” [30], y “La prueba del pensamiento crítico”, preparado por el primer autor y basada en algunas preguntas del libro “Rompecabezas del pensamiento crítico” [31].

Estas pruebas permiten saber no solamente la posición de cada alumno en la escala de desarrollo cognitivo (pensador concreto o empírico inductivo, en transición, pensador formal o hipotético – deductivo) sino también cómo son sus formas de pensar, qué recursos utiliza para resolver un problema (visualización del problema, intuición, conocimiento empírico). Tales conocimientos son indispensables, tanto para afinar la metodología y las actividades del curso y como para formar los equipos de manera equilibrada. En un artículo anterior [32] se han descrito detalladamente los resultados de las pruebas y su uso para introducir el trabajo en equipos y las estrategias de experto en la resolución de problemas.

Al formar los equipos se aclaró que el líder (el estudiante sobresaliente en las pruebas mencionadas) no era aquel que impusiera, ordenara, oprimiera o representara al equipo sino que tuviera la intención de ayudar a los demás. El problema de formar equipo todavía no tiene una solución universalmente aceptada. Incluso, parece que el método selección (al azar vs. mediante un cuestionario sobre los estilos de aprendizaje) no influye en el desempeño académico de los equipos, cuantificado mediante la calificación del reporte de proyecto [33].

Aquí bien cabe destacar lo siguiente: Los problemas que deben enfrentarse en la educación de los ingenieros van más del puro desarrollo cognitivo y de las habilidades para el pensamiento crítico elemental, que, de hecho, sirven solamente como una precondition para un desarrollo intelectual más exigente.

Cada día crece la conciencia de que el resultado de la enseñanza de ingeniería debe ser el cambio adecuado de las creencias que sostienen los estudiantes sobre la enseñanza, el aprendizaje y la naturaleza del conocimiento [34]. La enseñanza que promueve esos cambios fuertes (por ejemplo, que el conocimiento no es absoluto sino dependiente del contexto) debe necesariamente estar centrada en el estudiante y hacerlo responsable de su

crecimiento intelectual [35]. No cabe duda que ese crecimiento será más rápido al aprender con los demás.

De tal manera, con el fin de conocer aún más el perfil académico inicial de los estudiantes, será necesario detectar y tomar en cuenta, en las actividades del curso, sus creencias epistemológicas sobre el conocimiento y el aprendizaje que parecen influir el proceso de aprender y afectar de manera notable los resultados académicos (son buenos predictores de los últimos) [36].

### B. Resolución de problemas mediante la estrategia de experto

Sabiendo que la mayor parte de los estudiantes cree que la física es sinónimo de la resolución de problemas y que la

resolución de problemas consiste en insertar números en fórmulas, hemos decidido presentar una visión más adecuada de la resolución de problemas. Tal visión está basada en los conocimientos científicos actuales sobre los procesos mentales que usan los expertos en la resolución de problemas [37].

Esta visión, desde hace ya una década, forma parte de la didáctica de resolución de problemas en la mecánica universitaria [38]. Los pasos del experto en la resolución de problemas es la estrategia que deben promover los cursos de física en la educación de los ingenieros [27]. Para conocer y practicar la estrategia del experto, en la resolución de un problema se le exige al estudiante seguir de manera formal la siguiente secuencia, presentada en la Tabla 1.

**Tabla I.** Los pasos del experto en la resolución de problemas.

<b>El paso del experto</b>	<b>¿Qué debe hacer el estudiante?</b>
<b>1. Visualización de la situación problemática</b>	Representa, mediante un dibujo, gráfica o diagrama de vectores o de fuerzas, la situación del problema.
<b>2. Análisis conceptual</b>	Del enunciado del problema determina el tipo de movimiento o concepto(s) que deberá tratar en su solución.
<b>3. Modelación matemática</b>	Considera las ecuaciones que se deberán utilizar para definir el modelo matemático de la solución.
<b>4. Planteamiento verbal de la solución</b>	Establece el plan de la solución verbalmente. Como se esperaba, este paso fue el más difícil en la implementación.
<b>5. Ejecución matemática del planteamiento verbal de la solución</b>	Ejecuta su plan verbal utilizando las ecuaciones correspondientes para el problema. Como se puede ver, el estudiante está obligado a realizar cuatro actividades previas a la manipulación matemática, la que en su creencia anterior era la única actividad en la resolución de problemas.
<b>6. Análisis de la solución</b>	Compara con una situación real o verifica la solución por otro camino.
<b>7. Conclusión</b>	Describe el papel que jugó el problema en cuestión de su conocimiento y aprendizaje. También costó mucho trabajo lograr que los estudiantes comenzaran a ver la importancia de estos dos últimos pasos y aportar sus ideas.

### C. La secuencia Predecir – Observar – Explicar: videos didácticos y actividades con medición

En este tipo de actividades se usa una variante de la conocida secuencia POE (Predecir - Observar – Explicar; Predict – Observe – Explain) propuesta por White y Gunstone [39] como un instrumento para evaluar la comprensión de los fenómenos que se estudian en la ciencia escolar.

En la primera versión del curso se usaba sistemáticamente con los videos didácticos y en las prácticas de laboratorio. También se tenían dos implementaciones – piloto con las demostraciones interactivas (movimientos sencillos y ondas estacionarios en una cuerda). En la segunda versión del curso (Primavera 2006) se comenzó usar, también, con los applets de física (por ejemplo, al estudiar el tiro parabólico).

#### C.1 POE con videos didácticos

##### Predicción

Previo a ver el video se les entrega a cada alumno una hoja (o juego de hojas) previamente redactada(s) con un

formato estructurado. La primera parte contiene los siguientes rubros:

- a) El evento descrito.
- b) Predicción individual
- c) Justificación

Enseguida los alumnos comparan con su equipo la actividad individual. Aquí se les pide no cambiar lo predicho de forma individual, mientras no se presenten argumentos aceptables para el cambio. Se dice explícitamente, que la adecuación de una predicción no depende del número de las personas que la lanzan, sino de la calidad del razonamiento empleado y las evidencias disponibles. Se mencionan casos históricos en que solamente unas pocas personas tenían ideas rechazadas por la mayoría, pero que hoy en día esas ideas se consideran científicamente correctas.

##### Observación y Explicación

En esta parte se realizan las siguientes tareas:

- d) Observación de lo que ocurre en el video.
- e) Comparación de lo predicho con lo observado.
- f) Explicación de las diferencias y

g) Justificación del razonamiento que llevaba a la predicción correcta.

Esta actividad comienza al presentar una situación física concreta en el vídeo y preguntar qué pasará (de hecho, el propio vídeo muestra la situación y pregunta). El vídeo se detiene sólo, y siguen las actividades individual y grupal. Después la reproducción es activada de nuevo por el profesor (después un tiempo estimado previamente), y el vídeo muestra lo que sucede y lo justifica, mientras el alumno observa y luego responde la segunda parte de la hoja (o juego de hojas).

## C.2 POE en actividades de medición

La actividad se lleva a cabo de manera individual y grupal.

1. El alumno hace sus predicciones justificadas (actividad individual);
2. Se monta el equipo (actividad grupal);
3. Se realiza y observa el fenómeno (actividad grupal);
4. Se explican eventuales diferencias entre lo predicho y lo observado (actividad individual combinada con actividad grupal);
5. Se entrega un reporte (actividad grupal).

La práctica a realizar se entrega con antelación para que el alumno la lea y conozca lo que va a realizar en la actividad de laboratorio.

## D. El esquema de evaluación

Con las actividades mencionadas, el estudiante aprende continuamente y evalúa el avance de su aprendizaje mediante lecturas comprensivas en casa, observaciones y discusiones con los compañeros o gracias a las aclaraciones del maestro (cuando una duda o dificultad conceptual está compartida por todos los miembros del equipo). Esta evaluación formativa, por supuesto, requiere que el estudiante haga un esfuerzo por activar sus ideas y exponerlas a la crítica de sus compañeros.

En la asignatura de mecánica del semestre pasado estaba establecido que el 70 % de la calificación les corresponde a las tareas y los exámenes parciales (que evalúan lo que se ha trabajado en la parte teórica del curso) y el 30 % le corresponde a las prácticas realizadas en laboratorio. Prácticamente se han respetado estos porcentajes, con las siguientes modificaciones.

Del 70 % quedó:

- Exámenes de diagnóstico de lectura (10 %)
- Tareas (10 %)
- Dudas justificadas, autoexplicaciones, inferencias o ejemplos auto generados (10 %)
- Exámenes parciales (40 %)

El 30 %, que corresponde a las prácticas, se reparten de la siguiente manera: (*Idem*)

- El trabajo individual en la secuencia Predecir – Observar – Explicar (15 %);
- El reporte grupal de la práctica realizada en el laboratorio (15 %).

El contenido de los exámenes parciales refleja las actividades conceptuales y el trabajo hecho en la resolución de problemas. Constan de dos preguntas conceptuales cuya respuesta debe estar ampliamente justificada y 3 problemas con los pasos de experto practicados en el aula.

Como puede verse, el esquema de evaluación da un peso considerable a la lectura. Con una buena práctica de lectura, el estudiante puede “ganar” 20 % de la calificación (diagnóstico de lectura y un “producto” de la lectura, como duda justificada o autoexplicación). Al comenzar el curso, solamente se ha pensado “premiar” las dudas justificadas como producto de lectura, pero debido a la inadecuada participación de los estudiantes, el concepto “producto o experiencia de lectura” se amplió para dar más oportunidades a los estudiantes.

Los detalles de este ajuste entre lo planteado y la disposición de los estudiantes de mejorar su comprensión lectora son interesantes, pero quedan fuera de lo que se pretende reportar en este artículo [32].

Finalmente, como productos “aceptables” de lecturas, aparte de dudas justificadas, quedaron:

- a) Autoexplicaciones de un concepto, un fenómeno, un ejemplo, una figura, una gráfica o un desarrollo matemático;
- b) Inferencias que se puedan hacer de un concepto, una ley o un ejemplo) etc.
- c) Ejemplos nuevos que ayuden a explicar o entender algo.
- d) Mapas conceptuales.

Como es bien sabido de la investigación en psicología cognitiva [40], las actividades de autoexplicación, como todas las actividades metacognitivas, mejoran la calidad de aprendizaje. De manera similar, realizar de manera sistemática y seria la actividad de construcción y revisión de mapas conceptuales propicia la organización del conocimiento y eleva considerablemente la calidad del aprendizaje [41,42].

## IV. LOS EFECTOS DE LOS OBJETIVOS DE HABILIDADES Y ELEMENTOS DE DISEÑO EN LOS ESTUDIANTES

Para documentar los efectos del curso en los estudiantes, se elaboró una encuesta que consistía de varias afirmaciones sobre el curso y se pedía que los estudiantes, guardando su anonimato, escogen y justifiquen la postura que les parece la más adecuada para cada afirmación. Las posibles posturas fueron las siguientes:

### Posturas favorables

A. Comparto fuertemente la afirmación.

B. Comparto la afirmación.

### Postura neutra

C. No tengo opinión.

### Posturas desfavorables

D. Me opongo a la afirmación.

E. Me opongo fuertemente a la afirmación.

Una posible medida de los efectos en los estudiantes, o *Medida de Aceptación* (Mda) puede ser cuantificada como

el cociente entre las posturas favorables (A y B) y las desfavorables (D y E):

$$Mda = \frac{\text{Número de posturas favorables}}{\text{Número de posturas desfavorables}}$$

Si *Mda* es menor que 1, el efecto es muy insatisfactorio (número de opiniones favorables es menor que número de opiniones desfavorables).

Si *Mda* se entre 1 y 2, el efecto es insatisfactorio (número de opiniones favorables es menor que dos veces de desfavorables)

Si *Mda* es entre 2 y 4, el efecto es satisfactorio (número de opiniones favorables es entre dos y cuatro veces mayor que el número de opiniones desfavorables)

Si *Mda* es mayor 4, el efecto es muy satisfactorio (número de opiniones favorables es más que cuatro veces mayor que el número de opiniones desfavorables).

En lo que sigue se presentan, mediante las tablas, las posturas de los estudiantes hacia diferentes afirmaciones

sobre distintos aspectos del curso. De las *Mda* correspondientes se puede tener una primera idea sobre los efectos del curso en los estudiantes.

De hecho, como la primera reacción de la mayoría de los estudiantes hacia el diseño sin conferencias magisteriales fue muy adversa, es muy grato leer las justificaciones de los estudiantes que respaldan las posturas favorables. Algunos ejemplos de esas declaraciones, que no necesitan comentarios, se agregan después de cada tabla. Su presencia muestra que valió la pena mantener el enfoque del curso en momentos difíciles de implementación cuando los adversarios intentaban obligar a los profesores de regresar a la metodología tradicional.

Los comentarios necesarios se adjuntan solamente en los efectos con la valoración “insatisfactorio”.

### A.1 Las afirmaciones de la encuesta relacionadas con los objetivos de habilidades para el aprendizaje

**Tabla II.** Reflexionar sobre el aprendizaje.

La afirmación sobre el curso	A	B	C	D	E	Cociente entre (A+B) y (D+E)
<b>Este curso me hizo reflexionar sobre mi manera de aprender.</b>	25	49	7	4	0	74/4 = 18.5 muy satisfactorio

#### Ejemplos de posturas favorables

“Me abrió la mente.”

“Es bueno aprender de los errores.”

“Reflexione sobre la manera de aprender y esto me va a servir para toda la vida.”

“Me dio oportunidad de pensar en que, quizá, el método tradicional no es tan eficaz como pensamos.”

“Estaba acostumbrado a que el maestro me diera las fórmulas y yo sólo las aplicaba, ahora yo las busco y las comprendo.”

**Tabla III.** Ver fortalezas personales en el aprendizaje.

La afirmación sobre el curso	A	B	C	D	E	Cociente entre (A+B) y (D+E)
<b>Este curso me ayudó a ver mis fortalezas personales con respecto al aprendizaje.</b>	23	35	18	6	3	58/9 = 6.4 muy satisfactorio

#### Ejemplos de posturas favorables

“Descubrí mis capacidades y de mi mismo.”

“Pude ver lo que hago bien yo que hago mal.”

“No creí aprobar el curso y, sin embargo, parece ser que si puedo aprender por mí mismo y eso lo aprendí aquí.”

“Creí que me iba costar más trabajo, pero hasta yo mismo me sorprendí.”

“Me di cuenta que al realizar trabajo personal es mucho más fácil aprender que sólo atendiendo al maestro.”

**Tabla IV.** Ver debilidades personales en el aprendizaje.

La afirmación sobre el curso	A	B	C	D	E	Cociente entre (A+B) y (D+E)
<b>Este curso me ayudo a ver mis debilidades personales con respecto al aprendizaje</b>	25	31	21	6	2	56/8 = 7.0 muy satisfactorio

**Ejemplos de posturas favorables**

“Para el aprendizaje debe haber disciplina y compromiso.”  
 “Porque me hace falta leer más.”

“Mi comprensión a la hora de leer no era buena.”

“Me di cuenta de que no tenía bases muy firmes en física.”  
 “Hay que enseñarnos a estudiar de una forma más efectiva.”

**Tabla V.** Aprender sin conferencia del maestro.

La afirmación sobre el curso	A	B	C	D	E	Cociente entre (A+B) y (D+E)
<b>Este curso me demostró que puedo aprender sin conferencia del maestro.</b>	17	30	14	19	5	$47/24 = 1.96$ insatisfactorio

**Ejemplos de posturas favorables**

“Nunca lo creí, pero es cierto.”  
 “En otros cursos el maestro decía todo, en curso exploré diferentes fuentes bibliográficas.”  
 “Comprobamos que aprendíamos por nuestra cuenta, ya que con ayuda del maestro en dudas podíamos resolver los problemas.”  
 “Casi todo lo aprendimos leyendo del libro, haciendo problemas o experimentos.”  
 “Me gustó mucho, porque siempre he estado en contra de los largos monólogos.”

**Ejemplos de posturas desfavorables**

“Me demostró que la función del maestro es proporcionar una “conferencia” donde explique y ayude a entender los conceptos que aprendo por mi cuenta.”  
 “En la mayoría de las sesiones faltó una explicación del maestro para comprender las lecturas.”

“Descubrí lo contrario, me es difícil aprender sin maestro.”  
 “Si se puede aprender, pero a mí me costó mucho trabajo.”

**Comentario** Este aspecto del curso, por poco, no tuvo un efecto global satisfactorio. Sin embargo, existen grandes diferencias en las posturas de los estudiantes entre los grupos que tomaron el curso. Mientras en un grupo la *MdA* es 6.7, en otro la *MdA* es solamente 0.6. A este último resultado probablemente contribuyeron dos factores: el mayor número de los estudiantes con fuerte creencia de que el papel del maestro es “dar conferencia” y la inexperiencia del maestro con la enseñanza constructivista (fue su primer curso de este corte).

**B. Afirmaciones de la encuesta sobre la utilidad del curso y el esquema de evaluación**

**Tabla VI.** Utilidad de los conocimientos y habilidades para el desarrollo profesional.

La afirmación sobre el curso	A	B	C	D	E	Cociente entre (A+B) y (D+E)
<b>Los conocimientos y habilidades logrados en el curso me parecen útiles para mi desarrollo profesional.</b>	14	37	18	13	3	$51/16 = 3.2$ satisfactorio

**Ejemplos de posturas favorables**

“Los conceptos los aprendí, no solo los macheteé, ya que tenía que analizar determinadamente.”  
 “Aprender cosas que no solo me van a servir en mi desarrollo como profesional, sino para cualquier cosa.”  
 “Porque en la vida diaria así se trabaja, se debe investigar y resolver sus propias dudas.”

“Si, porque me “entrenó” para dificultades futuras.”

“Aprender habilidades cómo aprender a aprender en vez de memorizar.”  
 “Aunque directamente no me sirva en mi carrera profesional, sí me sirve el hecho de aprender a pensar y aprender solo.”

**Tabla VII.** El esquema de evaluación.

La afirmación sobre el curso	A	B	C	D	E	Cociente entre (A+B) y (D+E)
<b>El esquema de evaluación empleado en el curso me pareció justo.</b>	18	26	18	9	5	$44//14 = 3.1$ satisfactorio

**Ejemplos de posturas favorables**

“Todo vale así que me esfuerzo, es como un incentivo.”  
 “Porque está bien distribuido.”  
 “Porque se evalúa parejo trabajo y examen.”  
 “Por que se evalúa parejo todo lo que hacíamos en clase y práctica.”

“Me parece bien, menos el concepto de duda.”

**C. Las afirmaciones de la encuesta sobre los elementos del diseño didáctico**

**Tabla VIII.** El trabajo en equipo.

La afirmación sobre el curso	A	B	C	D	E	Cociente entre (A+B) y (D+E)
<b>Este curso me demostró la importancia del trabajo grupal en mi aprendizaje.</b>	30	33	10	8	4	63/12 = 5.3 muy satisfactorio

**Ejemplos de posturas favorables**

“Gracias a mi equipo pude sacar adelante el curso.”  
 “Nunca había visto tanto que el trabajo en equipo fuera tan eficiente.”  
 “Es esencial en la vida laboral y es muy bueno ejercitar esta cualidad.”

“En el curso se exigió la cooperación de equipo por lo que aprendí de su importancia.”  
 “Es más divertido y a su vez más controversial por la diferencia de opiniones.”

**Tabla IX.** La secuencia Predecir – Observar – Explicar.

La afirmación sobre el curso	A	B	C	D	E	Cociente entre (A+B) y (D+E)
<b>Este curso me demostró la importancia de la secuencia Predecir – Observar – Explicar para el aprendizaje de la física.</b>	25	36	16	5	3	61/8 = 7.7 muy satisfactorio

**Ejemplos de posturas favorables**

“Te hace tener una visión hacia el futuro.”  
 “Fue satisfactorio tener la razón, aún más no tenerla pero comprenderla después.”  
 “Es bueno predecir, porque si pasa eso o lo contrario ya no se te olvida.”

“Me ayudó a comprender mis aciertos y mis errores y poderlos justificar.”  
 “El maestro tenía razón, muchas veces la intuición nos engaña.”

**Tabla X.** Los mapas conceptuales.

La afirmación sobre el curso	A	B	C	D	E	Cociente entre (A+B) y (D+E)
<b>Este curso me demostró la utilidad de los mapas conceptuales para la organización y mejor aprendizaje de los conceptos.</b>	9	25	21	17	13	34/30 = 1.1 insatisfactorio

**Ejemplos de posturas favorables**

“Permite tener una idea mucho más clara que un texto tradicional.”  
 “Porque te da una visión más amplia de los capítulos en forma resumida y te muestra como se relaciona con lo demás.”  
 “El poder estructurar las ideas después de haber leído es muy positivo para recordar en un futuro la relación entre ello.”  
 “Ya que llevan lo más importante y descartamos lo que nos puede confundir.”

“Sirven como una rápida referencia a la hora de analizar el problema.”  
**Comentario** El efecto de este recurso de aprendizaje es el peor de todos. Otra vez, se notan grandes diferencia entre los grupos. Mientras en un grupo la *MdA* es 3.0, en otro la *MdA* es 0.5. Parece ser que esta diferencia se debe a la atención que se prestaba al trabajo con los mapas conceptuales (insistir en el procedimiento de elaboración y la corrección sistemática por parte del maestro). Además, las posturas desfavorables no contienen justificaciones o son vagamente argumentadas (no sirven,

no me gustan, hay mejores maneras de aprender,...), lo que muestra que hay estudiantes que sostienen posturas

poco reflexivas cuando se trata de recursos que pueden ayudar en el aprendizaje.

**Tabla XI.** La resolución de problemas de física.

La afirmación sobre el curso	A	B	C	D	E	Cociente entre (A+B) y (D+E)
<b>Este curso me mostró que resolver un problema de física es más que un ejercicio matemático.</b>	32	35	11	4	1	$67/5 = 13.4$ muy satisfactorio

**Tabla XII.** La estrategia para resolución de problemas de física.

La afirmación sobre el curso	A	B	C	D	E	Cociente entre (A+B) y (D+E)
<b>Este curso me ayudó a desarrollar una mejor estrategia de resolver problemas de física.</b>	25	29	19	10	2	$54/12 = 4.5$ muy satisfactorio

### Ejemplos de posturas favorables

“Me enseñó a reflexionar.”

“Antes de este curso no sabía muy bien una metodología.”

“Primero hay que ver qué cosas intervienen en el problema para entenderlo.”

“Se me hace un proceso largo pero efectivo, te obliga a reflexionar.”

“Si hubiera sido diferente, quizá seguiría aprendiéndome la fórmula y aplicar sin entender”.

**Tabla XIII.** Las sesiones en el laboratorio.

La afirmación sobre el curso	A	B	C	D	E	Cociente entre (A+B) y (D+E)
<b>Las sesiones en laboratorio me parecían buenas para el aprendizaje de física.</b>	45	20	9	7	3	$65/10 = 6.5$ muy satisfactorio

### Ejemplos de posturas favorables

“Me acercan a la realidad física.”

“Son excelente medio para ejemplificar los conceptos vistos.”

“Se entiende mejor todo cuando lo llevas a la práctica.”

**Tabla XIV.** Los vídeos didácticos.

La afirmación sobre el curso	A	B	C	D	E	Cociente entre (A+B) y (D+E)
<b>El uso de videos didácticos me pareció bueno para el aprendizaje de física.</b>	55	25	4	1	1	$80/2 = 40$ muy satisfactorio

### Ejemplos de posturas favorables

“Excelentes para el deleite visual y mental.”

“Es un mejor ejemplo visual en donde interviene la física.”

“Me ayudó a recordar las imágenes para futuras explicaciones”.

“satisfactorio”. Solamente 2 afirmaciones tenían un efecto “insatisfactorio”. Consecuentemente, el curso y sus objetivos relacionados con las habilidades lograron una resonancia positiva en la mayoría de los estudiantes.

Con respecto a los mapas conceptuales, la mejora se espera mediante dos medidas, La primera es la mejor atención por parte de los profesores y la segunda es el uso del software *Inspiration* para la elaboración de los mapas conceptuales en equipo. De hecho, la realización y las modificaciones de los mapas conceptuales dejarán de ser

## V. CONCLUSIONES

De las 13 afirmaciones sobre el curso, 9 tenían en los estudiantes un efecto “muy satisfactorio”, y 2 un efecto

tediosas y el seguimiento por parte de los profesores sería más cómodo.

Otro aspecto que se debe atender es la creencia de algunos estudiantes de que la conferencia del maestro es fundamental para el éxito de su aprendizaje. Debido parcialmente a esa creencia, rechazan sustituir la conferencia del maestro con la lectura y no quieren aceptar el hecho firme de que en su futura profesión la mayor parte de sus conocimientos tendrán que adquirirlos mediante la lectura de los manuales y artículos profesionales, tanto impresos como en la pantalla de su computadora.

El primer paso para enfrentar esta creencia es destacar, en frente de todo el grupo, los casos de aprendizaje auténtico que se den a menudo en el trabajo de equipos sin la ayuda del maestro. Por otro lado, nunca sobra enfatizar que el mejor papel del maestro es intervenir y resolver dudas y confusiones cuando no alcanzan los recursos personales y de equipo.

En el futuro próximo se va a considerar la aplicabilidad de algunas soluciones que aparecen en las revistas sobre la educación de ingenieros para tratar el problema de cómo eliminar o modificar drásticamente las conferencias magisteriales.

Un ejemplo es presentar la conferencia del maestro en el vídeo en línea que el estudiante puede ver cuando quiera [43]. De tal manera, se libera todo el tiempo de la clase para el trabajo de los estudiantes con la ayuda del maestro. Los estudiantes que no entienden el contenido del libro de texto pueden ver el vídeo del maestro y, tal vez, aclarar algunas dudas.

Claro, aquí el problema es de qué y cómo se va a hablar en la vídeo conferencia. Lo ideal sería saber, de la investigación, las dudas de los estudiantes, y tratar de resolverlas mediante comentarios precisos o sugerencias sobre qué se tiene que pensar con más cuidado.

También llama mucho la atención una investigación en que se compararon un curso tradicional (maestro usando acetatos y pizarrón), un curso con el uso de la red, un curso con el uso de “streaming media” y un vídeo curso interactivo, con base en un programa común y con las mismas tareas, exámenes y método de evaluación. El resultado muestra que cada uno de los modos con uso de tecnología mejora el desempeño de los estudiantes en comparación con el método tradicional [44].

Como se ve de esta pequeña muestra de investigaciones actuales, la idea de eliminar las conferencias del maestro es un problema muy importante en la educación de los ingenieros y ya existen varias soluciones que merecen ser consideradas. Sin embargo, como documenta nuestra experiencia, la implementación de una metodología que funciona en una cultura académica y profesional no necesariamente funcionará de manera igual en otra, en este caso, en la que se tiene en México.

Creemos firmemente en que la postura deseada no es abandonar la idea de implementar lo verificado experimentalmente en otros países sino buscar, individual e institucionalmente, las maneras de cambiar la cultura académica y profesional que obstaculiza o impide la implementación. Esto no es una tarea fácil, pero vale la pena trabajar en su realización.

Las razones sobran y son las experiencias maravillas que hemos experimentado en este curso, observando a menudo la emoción que sienten los estudiantes cuando logran comprender el comportamiento del mundo físico que antes les parecía incomprensible o descubren lo sorprendente en lo que tomaban como comprendido. Como se dijo hace mucho tiempo, la mente humana no es una vasija que llenar sino un fuego que encender. Este curso es nuestro modesto intento de encender el fuego de aprendizaje autorregulado en el aula universitaria. Las “chispas” presentadas en este artículo parecen ser un buen comienzo.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la *Dirección General Académica del ITESO* por su generoso apoyo que hizo posible, tanto el diseño didáctico de este curso como su implementación en el aula.

## REFERENCIAS

- [1] McDermott, L. C. y Redish, E. F., *Resource Letter: PER-1: Physics Education Research*, Am. J. Phys. **67**, 755 – 767 (1999).
- [2] Thacker, B. A., *Recent advances in classroom physics*, Rep. Prog. in Phys. **66**, 1833-1864 (2003).
- [3] Hake, R. R., *Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses*, Am. J. Phys. **66**, 64 – 74 (1998).
- [4] Laws, P. W., *Calculus-based physics without lectures*, Phys. Today **44**, 24 – 31 (1991).
- [5] Laws, P. W. (*Workshop Physics Activity Guide Modules 1-4*, John Wiley and Sons, New York, NY, 1996).
- [6] Jackson, D. P., Laws, P. W y Franklin, S. (*Explorations in Physics: An Activity-based Approach to Understanding the World*, John Wiley and Sons New York, 2003).
- [7] Meltzer D. E. y Manivannan, K., *Promoting interactivity in physics lecture classes*, Phys. Teach. **34**, 72 – 76 (1996).
- [8] Mazur, E. (*Peer Instruction: A User's Manual*, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 1997).
- [9] Meltzer, D. E. y Manivannan, K., *Transforming the lecture-hall environment: The fully interactive physics lecture*, Am. J. Phys. **70**, 639 – 654 (2002).
- [10] Guisasola, J., Almudí, J. M., Ceberio, M. y Zubimendi, J. L., *A teaching strategy for enhancement of physics learning in the first year of industrial engineering*, Euro. J. Eng. Ed. **27**, 379 – 391 (2002).
- [11] Twigg, A., *Improving Quality and Reducing Cost. Design for Effective Learning*, Change **35**, 22 – 29 (2003).
- [12] OECD (*The Knowledge-Based Economy*, OECD, Paris, 1996).
- [13] Cooke, P. (*Knowledge Economies: Clusters, Learning and Co-Operative Advantage*, Routledge, London, 2001).

- [14] Senge, P. (*The Fifth Discipline. The Art and Practice of the Learning Organization*. Doubleday/Currency, New York, 1990).
- [15] Marquardt, M. y Reynolds, A. (*The Global learning Organization. Gaining Competitive Advantage through Continuous Learning*, Irwin, Burr Ridge, IL, 1994).
- [16] Nonaka, I., y Takeuchi, H. (*The Knowledge-Creating Company*, Oxford University Press, New York, 1995).
- [17] Jarvis, P. (editor) (*The Age of Learning: Education and the Knowledge Society*, Taylor and Francis Group, London, 2001).
- [18] Graham, P. A. (editor) (*Knowledge Economy and Postsecondary Education: Report of a Workshop*, National Academic Press, Washington, DC, 2002).
- [19] Marzano, R. J., Pollack, J. F. y Pickering, D. J. (*Classroom instruction that works: Research-based strategies for increasing student achievement*, Association for Supervision and Curriculum Development, Alexandria USA, 2001).
- [20] Marzano, R. J., Norford, J. S., Paynter, D. E., Pickering, D. J. y Gaddy, B. B. (*A handbook for classroom instruction that works*, Association for Supervision and Curriculum Development, Alexandria USA, 2001).
- [21] Michael, J. A. y Modell, H. I. (*Active learning in secondary and college classroom: A working model for helping the learner to learn*, Erlbaum, Mahwah, NJ, 2003).
- [22] Herrington, A. y Herrington, J. (“What is an Authentic Learning Environment?”, en A. Herrington (editor), *Authentic Learning Environments in Higher Education*, Information Science Publishing, Hershey, PA (USA), 2005).
- [23] Prince, M., *Does active learning work? A review of the research*, J. Eng. Ed. **93**, 223 – 231 (2004).
- [24] De Graaff, E. y Christensen, H. P., *Editorial: Theme issue on active learning in engineering education*, Euro. J. Eng. Ed. **29**, pp. 461 – 463 (2004). Se trata de un número especial de la revista dedicado completamente a diferentes aspectos y formatos de aprendizaje activo.
- [25] Smith, K. A., Sheppard, S. D., Johnson, D. W. y Johnson, R. T., *Pedagogies of engagement: Classroom-based practices*, J. Eng. Ed. **94**, 87 – 101 (2005).
- [26] John, V., *Engineering education – finding centre or “back to the future”*, Euro. J. Eng. Ed. **25**, 215 – 225 (2000).
- [27] Van Heuvelen, A., *Millikan Lecture 1999: The Workplace, Student Minds, and Physics Learning Systems*, Am. J. Phys. **69**, 1139 – 1146 (2001).
- [28] Zimmerman, B. J. *Self-regulated learning and academic achievement: An overview*, Ed. Psychologist **25**, 3 – 17 (1990).
- [29] Zimmerman, B. J., *Becoming a self-regulated learner: An overview*, Theory into Practice **41**, 64 – 70 (2002).
- [30] Lawson, A. E. (*Science Teaching and Development of Thinking*, Wadsworth Publishing Company, Belmont, CL, 1995).
- [31] DiSpezio, M. A. (*Critical Thinking Puzzles*, Sterling Publishing, New York, 1996).
- [32] Medina, R. y Sliisko, J., “*El aprendizaje activo de la física universitaria: Las primeras experiencias de una implementación*”, ponencia presentada en la Reunión Internacional sobre la Enseñanza de la Física y la Especialización de los Profesores (RIEFEP), del 8 al 11 de Noviembre de 2005. Matanzas (Cuba).
- [33] Huxham, M., *Assigning students in group work projects: Can we do better than random?*, Innovations in Education and Training International **37**, 17 – 22 (2000).
- [34] Felder, R. M. y Brent, R., *The intellectual development of science and engineering students. Part 1: Models and challenges*, J. Eng. Ed. **93**, 269 – 277 (2004).
- [35] Felder, R. M. y Brent, R., *The intellectual development of science and engineering students. Part 2: Teaching to promote grow*, J. Eng. Ed. **93**, 279 – 291 (2004).
- [36] Braten, I., y Stromso, H. I., *The relationship between epistemological beliefs, implicit theories of intelligence, and self-regulated learning among Norwegian postsecondary students*, Brit. J. Ed. Psych. **75**, 539 – 565 (2005).
- [37] Reif, F. (*Understanding Basic Mechanics: A Text and Workbook Set*, John Wiley and Sons, New York, NY, 1995).
- [38] Reif, F., *Millikan Lecture 1994: Understanding and teaching important scientific thought processes*, Am. J. Phys. **63**, 17 – 32 (1995).
- [39] White, R y Gunstone, R. (*Probing Understanding*, The Falmer Press, London and New York, 1992).
- [40] Chi, M. T. H., De Leeuw, N., Chiu, M. H. y La Vancher, Ch., *Eliciting self-explanations improves understanding*, Cogn. Sci. **18**, 439 – 477 (1994).
- [41] Novak, J. D. (*Learning, Creating, and Using Knowledge. Concept Maps As Facilitative Tools in Schools and Corporations*, Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ, 1998).
- [42] Novak, J. D. y Gowin, D. B. (*Learning how to learn*, Cambridge University Press, New York, 1984).
- [43] Foertsch, J., Moses, G., Strikwerda, J., y Litzkow, M., *Reversing the lecture/homework paradigm using eTEACH web-based streaming vídeo software*, J. Eng. Ed. **91**, 267-274 (2002).
- [44] Rutz, E., Eckart, R., Wade, J. E., Maltbie, C., Rafter, C. y Elkins, V., *Student performance and acceptance of instructional technology: Comparing technology-enhanced and traditional instruction in a course in statics*, J. Eng. Ed. **92**, 133–140 (2003).