

# Aplicación de los Principios Pedagógicos Pragmáticos a un curso introductorio de física



Jorge Barojas Weber<sup>1</sup>, Antonio Lara-Barragán Gómez<sup>2,3</sup>,  
Guillermo Cerpa Cortés<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro Virtual de Investigaciones y Desarrollos en Educación (CVIDE), Ciudad de México.

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Panamericana Campus Guadalajara, Zapopan, Jalisco, México.

<sup>3</sup>Departamento de Física, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, México.

E-mail: jrbw40@gmail.com

(Recibido el 10 de Octubre de 2015, aceptado el 15 de Abril de 2016)

## Abstract

An application of four Pragmatic Pedagogical Principles to an introductory physics course is presented. This course is intended to freshmen majoring in engineering. In the first part, we describe the Pedagogical Pragmatic Principles (or just the Principles) and the theoretical frame supporting them. The research methodology is then described as consisting of a quasi-experimental model. On the other hand, the operational criteria by which the Principles are set into work make knowledge accessible, thinking visible and learning be continuous and shared if they are fully complied. Evaluation of enforcement of the criteria is made through evaluation of students' activities such as designing and performing an experiment or smart usage of web sites and/or blogs. Students' performance is reported in terms of Hake's factor using results of periodical tests and a continuous evaluation system. We finally present results by which control and experimental groups are compared. Control groups received traditional instruction while experimental groups received instruction based on the Principles. We found that experimental groups showed better academic performance in understanding contents and in better grades. On the contrary, we observed that control groups were getting lower grades at every periodical evaluation along the semester. These results suggest that—in the case of this particular introductory course—the application of the Principles and corresponding operational criteria enhance and foster learning.

**Palabras clave:** Educación universitaria, Enseñanza de la Física, Principios Pedagógicos Pragmáticos.

Se presenta una aplicación de cuatro Principios Pedagógicos Pragmáticos a un curso de Física para estudiantes de primer ingreso en carreras de ingeniería. En la primera parte, se describen los Principios y su fundamento teórico, para luego explicar la metodología de indagación, que consiste en la aplicación de un modelo cuasi experimental. El cumplimiento de los criterios operativos por medio de los cuales se llevan a la práctica los Principios implica que el pensamiento sea visible, el conocimiento sea accesible y el aprendizaje sea mutuo y continuo. El seguimiento a la aplicación de estos criterios operativos se realiza mediante la evaluación de actividades en las que participan los estudiantes, desde el desarrollo de una demostración experimental, hasta la utilización de recursos electrónicos como páginas web y blogs. El aprovechamiento de los estudiantes se reporta por medio de la ganancia normalizada (o factor de Hake) y se toman en cuenta los resultados de exámenes periódicos, así como un sistema de evaluación continua. Finalmente, se presentan los resultados comparativos entre grupos experimentales—donde se aplicaron los criterios operativos que caracterizan a los Principios—y grupos de control—que recibieron una instrucción tradicional. Reportamos que los grupos experimentales mostraron un mejor aprovechamiento en cuanto a la comprensión de la asignatura y un mejor rendimiento académico en cuanto a la eficiencia de los estudiantes. Por el contrario, observamos que en cada periodo de evaluación en los grupos de control el aprovechamiento y el rendimiento académico eran menores que en los grupos experimentales y que además, tanto el aprovechamiento como el rendimiento de los grupos de control disminuyeron a lo largo del semestre. Estos resultados sugieren que, para el curso en cuestión, la aplicación de los criterios operativos de los correspondientes Principios genera una mejora continua de los aprendizajes.

**Keywords:** Higher education, Operational physics teaching, Pragmatic pedagogical principles.

PACS: 01.40.-d, 01.40.gb

ISSN 1870-9095

## I. INTRODUCCIÓN

Las nuevas generaciones de estudiantes presentan características de actitud y comportamiento completamente

diferentes a las de generaciones anteriores. Para los profesores universitarios con más de diez años de experiencia, resulta evidente en sí mismo que, los estudiantes de nuevo ingreso a la universidad hace diez años, fueron diferentes a las generaciones de hace tres o cuatro años; y a

su vez, éstas lo han sido de las que recientemente ingresaron al nivel superior. Estas diferencias no son privativas de nuestro medio, sino que se manifiesta como un fenómeno mundial, lo que dio lugar a una nueva denominación para las generaciones de estudiantes actuales, la Generación Net (Net Gen) o del Milenio [1].

Es también evidente que la Net Gen presenta problemas académicos serios tanto para ellas mismas como para el personal docente y administrativo que se encuentra a su cargo. Por ejemplo, en los dos últimos años, en carreras de ingeniería, en la asignatura Introducción a la Física, impartida en la Universidad de Guadalajara por dos de los autores de este artículo, se han registrado altos índices de reprobación, 85% en promedio. En pláticas informales con profesores de otras asignaturas se asegura una situación similar [2].

Aunado a esto, las actitudes del estudiante promedio representan también un reto, pues sigue vigente el afán de obtener la máxima calificación con el mínimo –o nulo– esfuerzo, prestan poca atención en clase y constantemente expresan la urgencia –a veces rayana en compulsión– de utilizar el teléfono celular y la conexión a la Internet para acceder a las redes sociales.

Hemos podido constatar [2] los estudiantes de primer ingreso a la universidad utilizan mucho de su tiempo libre en el uso de la tecnología, esencialmente para juegos electrónicos, teléfono celular (el estudiante promedio consulta su teléfono celular cada 11 minutos para verificar los mensajes en sus redes sociales), iPods, tabletas y, en menor grado, la televisión.

Asimismo, se evidencia que en nuestras instituciones de educación superior no se ha tratado, con la prudencia y la eficiencia adecuadas, el tema de la tecnología y su influencia en el comportamiento y actitudes de los estudiantes y profesores.

Por otro lado, la práctica docente muestra un rezago importante ante la problemática esbozada. Pareciera que la clase de exposición es el único procedimiento didáctico, y que la pretendida introducción de recursos modernos e innovadores, como las presentaciones de temas en Power Point, se reduce a sustituir el pizarrón por el cañón y la pantalla, con lo que la clase se desarrolla, ahora, con las características de una conferencia magistral. Asimismo, los cambios curriculares que se han dado en nuestras universidades, en los que se ha migrado al modelo de curriculum flexible por competencias, solamente se cumplen en el discurso, pues la práctica docente continúa con las mismas características de la clase tradicional.

Además de lo antes expuesto, la gran mayoría de nuestros cursos se caracterizan por su falta de motivación, planeación obsoleta y deficiente evaluación. Es por ello que en este trabajo presentamos un caso concreto en donde hemos podido mejorar estos tres factores, mediante la aplicación de un instrumento de evaluación formativa como parte de un proceso de instrucción diseñado para motivar mejor a los estudiantes y precisar la evolución en sus aprendizajes en un curso introductorio de Física en el primer semestre en carreras de ingeniería.

El instrumento fue diseñado, aplicado y analizado para detectar en qué medida las actividades de los estudiantes y de los profesores cumplen los criterios operativos por medio de los cuales se satisfacen cuatro Principios Pedagógicos Pragmáticos, analizados y aplicados por Linn y Hsi [3].

Estos Principios se refieren a lo siguiente: que el pensamiento sea visible, el conocimiento sea accesible y el aprendizaje sea mutuo y continuo.

El plan de este artículo es el siguiente:

Primero, en la sección II, comentamos acerca de la aplicación de una estrategia de Renovación de la Enseñanza Universitaria Basada en Evidencias (REUBE) [4] y la conveniencia de utilizar como instrumento de evaluación formativa a los criterios operativos correspondientes a los Principios Pedagógicos Pragmáticos, mencionados con anterioridad.

En la sección III, consideramos las características de la población y del curso impartido, así como la metodología seguida en la investigación.

En la sección IV, tratamos de las actividades que sirvieron para implementar los criterios operativos correspondientes a los Principios.

Y finalmente, en la sección V, presentamos los principales resultados y algunas de sus implicaciones.

## II. LA EVALUACIÓN Y LOS PRINCIPIOS PEDAGÓGICOS PRAGMÁTICOS

La evaluación en cuestiones relacionadas con la enseñanza y el aprendizaje suele clasificarse en diagnóstica para describir una situación inicial, formativa para determinar el nivel y alcance de los aprendizajes, y sumativa para apreciar resultados y/o productos.

El propósito de toda evaluación es adquirir información de la cual se deriven conocimientos, para mejorar el desempeño de una persona, grupo u organización.

Generalmente, para evaluar se aplican pruebas que consisten, por ejemplo, en ensayos, problemas, cuestionarios, baterías de preguntas de opción múltiple.

La realidad es que los usos y abusos de diferentes formas y propósitos de evaluar, con frecuencia se concretan en reportes de números que señalan calificaciones y otros datos de naturaleza estadística como promedios, desviaciones, tendencias, correlaciones.

Inclusive, se insiste que si en una investigación no se reportan resultados numéricos, es pura demagogia si se trata de una investigación educativa o pura especulación si se refiere a un trabajo de corte científico o técnico en el que no están presentes las ecuaciones, las mediciones, las tablas y las gráficas; ahora podríamos incluir además los resultados de las simulaciones computacionales.

Diseñar y desarrollar cualquier proceso educativo requiere forzosamente interpretar las evaluaciones que se hagan a lo largo de sus correspondientes etapas y circunstancias. Este es un requisito escolar insoslayable cuando se imparten cursos, durante el proceso y al final del mismo.

El gran reto es cómo hacerlo de una manera que sea válida, práctica, útil y significativa; especialmente que sirva para mejorar tanto a estudiantes como a profesores: saber en dónde estamos, qué hemos avanzado y qué nos falta por recorrer en el camino de la enseñanza y del aprendizaje.

Aunque existe una muy abundante bibliografía acerca del tema de la evaluación, aquí sólo vamos a señalar el número especial dedicado a la evaluación de la Revista Perfiles Educativos [5]. Sin embargo, a continuación y como elemento de motivación y de comparación con nuestro trabajo, consideraremos la aplicación de la estrategia REUBE [4].

Un grupo de profesores de la Universidad de los Andes reporta en dicho artículo los resultados de aplicar una estrategia de acompañamiento e innovación pedagógica en un curso de Física del tercer semestre de las carreras de Ciencias e Ingeniería.

Este programa de investigación- acción sobre la docencia universitaria consistió en el acompañamiento pedagógico y de reflexión acerca de la práctica docente y comprendió el registro, seguimiento y análisis de una serie de pruebas múltiples para registrar evidencias de deficiencias en los aprendizajes de los estudiantes.

Para obtener evidencias, los autores del trabajo antes mencionado utilizaron tres tipos de instrumentos: redes de análisis (de textos y de observaciones de clase), cuestionarios abiertos y semiabiertos (a los estudiantes) y entrevistas semiestructuradas a los estudiantes y a los docentes (profesores y docentes asistentes).

Esta información les condujo a crear espacios de comunicación y diálogo y les permitió generar una lista preliminar de limitantes estructurales que deberán abordarse para plantear una nueva metodología, con el fin de mejorar e inclusive innovar el proceso de enseñanza-aprendizaje. La Tabla 1 siguiente reproduce el Cuadro 1 en que se clasifican y reportan las dieciséis evidencias encontradas.

Cada una de las dieciséis evidencias presentadas en la tabla anterior proporciona elementos que pueden servir para una evaluación, tanto del rendimiento académico de los estudiantes como del desempeño didáctico de los profesores, así como de otros factores tales como la idoneidad del material didáctico, la pertinencia del programa de estudios o los requerimientos institucionales para el ingreso, permanencia y titulación de los estudiantes.

Tal no fue el propósito de la investigación considerada, pues en ella se exploraron con mucho cuidado y detalle las condiciones de operación de un curso de física, con el propósito de registrar evidencias de deficiencias en los aprendizajes de los estudiantes.

Sin embargo, dicho trabajo nos ha servido como antecedente para considerar la cuestión de qué, cómo y para qué evaluar un curso de Física.

Para evaluar se necesitan definir índices o indicadores que tengan validez y pertinencia; evitar además que luego se presenten conclusiones superfluas que sólo se utilicen para llenar formatos, completar reportes o engrosar archivos.

Al respecto, Edvinsson y Malone [6] consideran que en la lista de actividades financieras de la empresa Skandia, se presentan cuatro tipos o categorías de indicadores:

- Las medidas acumulativas que sirven para detectar puntos de inflexión o de cambio en las curvas que representan los ciclos de vida de las organizaciones.
- Las medidas competitivas que son referencias acerca del desempeño de la organización.
- Las medidas comparativas que dan información acerca de la dinámica de la organización.
- Las medidas combinadas a partir de las cuales se obtienen nuevas perspectivas acerca del futuro de la organización.

Nuestro interés es el de poder especificar qué indicadores hemos utilizado en nuestra evaluación formativa del curso de física que reportamos.

**TABLA I.** Evidencias para la renovación docente reportadas en la aplicación de la estrategia REUBE.

Tipo	Evidencia
Evidencias sobre la actuación de los discentes	#1: no hay pre-lectura #2: poco trabajo entre clase y clase #7: hábitos de estudio irregulares a lo largo del semestre #9: deficiente repaso para el examen final #13: opiniones de los estudiantes #15: deficiente manejo de lenguajes no algorítmicos
Evidencias sobre la actuación de los docentes	#3: descoordinación teoría-problemas #4: uso en exclusividad de las clases magistrales #5: demostraciones en el aula poco aprovechadas #6: problemas rutinarios, descoordinados, poco conceptuales #8: ausencia de retroalimentación en los exámenes, y de modelos de examen #14: opiniones de los docentes asistentes
Evidencias que afectan el ámbito departamental o institucional	#10: poco aprovechamiento de los recursos de comunicación virtual #11: contenidos demasiado extensos #12: libro de texto poco adecuado #16: poca relación con los intereses de los alumnos

Fuente: Becerra Labra *et al.* [4] (Cuadro 1, página 92).

El criterio que nos ha orientado en nuestra investigación es precisar qué elementos de evaluación formativa nos permiten determinar en qué medida se dan las condiciones de operación de una comunidad de aprendizaje en cuatro grupos escolares en donde dos profesores imparten el mismo contenido.

Los indicadores correspondientes en dicha evaluación serán los criterios operativos con que se satisfacen los cuatro Principios ya mencionados.

Para analizar si dichos indicadores pertenecen a las categorías descritas por Edvinsson y Malone [6], habremos de partir primero de la siguiente definición de lo que consideramos es una Comunidad de Aprendizaje (CA):

Todo grupo humano que interacciona de manera integrada y consistente para satisfacer cuatro propósitos [7]: permanecer informado, organizar comunicaciones, obtener, aplicar y generar conocimientos, así como realizar actividades de transformación que produzcan aprendizajes significativos que sirvan para cumplir con metas definidas.

**TABLA II.** Principios pedagógicos pragmáticos (P), sus criterios operativos (Co) y Actividades (A).

CRITERIOS OPERATIVOS (Co)	ACTIVIDADES (A)
<b>P1: Hacer accesible el conocimiento para todos</b>	
Co1. Estimular la construcción de conocimientos a partir de ideas propias y desarrollar opiniones poderosas y prácticas.	A1: Desarrollo de conceptos a partir de evidencias experimentales propuestas por los mismos estudiantes.
Co2. Ayudar en la investigación personal de problemas relevantes y revisar con regularidad sus conocimientos.	A2: Tareas semanales de problemas progresivamente más complejos y retroalimentación.
Co3. Apoyar la participación en procesos de indagación e investigación para enriquecer los conocimientos.	A3a: Visita a páginas web especializadas en temas relevantes para el curso. A3b: Realización de experimentos–demostraciones–sencillos.
Co4. Fomentar la comunicación para compartir con los demás el conocimiento especializado.	A4: Presentación breve de resultados de A3a o A3b
<b>P2: Hacer visible el pensamiento entre todos</b>	
Co5. Modelar la construcción del conocimiento para manejar explicaciones alternativas y diagnosticar errores.	A5: Taller de solución de problemas y análisis de situaciones (casos).
Co6. Apoyar la explicación de las ideas de otros.	A6: Actividad de <i>estudiantes monitores</i> en los talleres de solución de problemas.
Co7. Proporcionar múltiples representaciones visuales utilizando diversos medios.	A7: Uso de videos, presentaciones en Power Point y utilización de recursos didácticos diversos.
Co8. Promover el registro sistemático del conocimiento adquirido.	A8: Libretas de apuntes ordenados y clasificados.
<b>P3: Ayudar a que todos aprendan entre si</b>	
Co9. Estimular acciones que promuevan saber escuchar y aprender unos de otros.	A5: Taller de solución de problemas y análisis de situaciones (casos). A6: Actividad de <i>estudiantes monitores</i> en los talleres de solución de problemas.
Co10. Diseñar actividades sociales que generen interacciones productivas y respetuosas.	
Co11. Estimular el diseño y aplicación prudente de criterios y normas.	
Co12. Organizar múltiples actividades sociales estructuradas.	
<b>P4: Promover aprendizajes continuos en cada quien</b>	
Co13. Comprometerse a reflexionar metacognitivamente acerca de las propias ideas y del progreso personal.	A13: Repaso periódico de la forma de realizar actividades y construcción de mapas conceptuales.
Co14. Comprometer a ser críticos de la información que se maneje.	A14: Establecer criterios de selección de información en las páginas web y en los diversos medios de información.
Co15. Promover la participación en actividades orientadas al establecimiento de una cultura de desarrollo permanente.	No aplica.
Co16. Establecer procesos de indagación generalizables que sean apropiados en diversos proyectos educativos.	No aplica.

Un equipo de trabajo, una clase integrada por el o los profesores y los estudiantes o un conjunto de tales equipos o grupos, de inicio y por principio, no tiene que funcionar de manera eficiente respecto de lo que consideramos deba ser una CA, aunque suele ser la semilla a partir de la cual puede crearse y desarrollarse la CA.

Proponemos que el nivel de operación de cualquier CA, en proceso de formación o ya en funcionamiento, estará determinado por el cumplimiento de dieciséis criterios operativos que corresponden a los cuatro Principios cuyo fundamento teórico fue establecido en el desarrollo de diversos proyectos educativos [3].

En la siguiente Tabla II presentamos los cuatro Principios Pedagógicos Pragmáticos (P) con sus correspondientes criterios operativos (Co) que propician su aplicación práctica. La redacción de dichos Co se ha modificado ligeramente respecto del original para enfocarlos específicamente a la creación, desarrollo y evaluación de la CA que corresponda.

Salvo en los dos últimos criterios (Co15 y Co16), en los demás casos indicamos qué tipo de actividad (A) desarrollamos en nuestro proyecto de evaluación formativa.

De la Tabla II puede establecerse lo siguiente:

Para cumplir con catorce de los dieciséis Co sólo se desarrollaron diez tipos de actividades, las ocho que corresponden a A1, A2, A3,... A8 y las dos últimas asociadas con A13 y A14.

Para la evaluación del desempeño de los estudiantes al desarrollar estas diez actividades se elaboraron rúbricas que permitieron dar un seguimiento individual y por grupo a lo largo del semestre. Además, se analizaron las calificaciones de los integrantes de cada uno de los cuatro grupos considerados y los promedios correspondientes por grupo, respecto de cuatro tipos de exámenes: tres exámenes parciales mensuales y el examen final.

Como se explicará el final de la siguiente sección, el indicador que denominaremos factor de Hake modificado, pertenece a dos de las cuatro categorías de Edvinsson y Malone, las que son acumulativas y competitivas, no así las que son comparativas y combinadas.

Obsérvese que las actividades correspondientes a los cuatro criterios operativos del tercer principio P3 (Co9 a Co12) son las mismas que las actividades A5 y A6 asociadas previamente a los criterios Co5 y Co6.

### III. METODOLOGÍA

El proyecto se desarrolló en cinco momentos: Seminario con profesores participantes, selección del curso, selección de los grupos de control y experimentales, aplicación de los Principios y análisis de resultados.

A continuación describimos brevemente los tres primeros momentos; los dos restantes se presentan con más detalle en la siguiente sección.

La primera parte del proyecto consistió en un seminario, durante el cual se discutieron algunos fundamentos teóricos relacionados con los Principios Pedagógicos Pragmáticos,

cuyo producto fue la selección de las actividades descritas en la segunda columna de la Tabla II.

El seminario se llevó a cabo durante ocho semanas con dos sesiones de dos horas por semana. Esencialmente se discutieron dos artículos en los que se da cuenta de diversas aplicaciones de los Principios Pedagógicos Pragmáticos [8, 9].

Se buscaron actividades congruentes con los criterios operativos de los Principios, de manera que no se perdieran de vista los objetivos del trabajo y que permitiesen ser evaluadas por medio de reactivos en un examen escrito para poder especificar indicadores relevantes, accesibles y significativos. La aplicación de las actividades así seleccionadas se describe en la sección IV.

El proyecto se llevó a cabo en una universidad privada de la zona metropolitana de la ciudad de Guadalajara. El curso seleccionado fue Introducción a la Física (Anexo 1) que se imparte en el primer semestre de las carreras ofrecidas por la Facultad de Ingeniería de dicha universidad.

Debe aclararse que el sistema académico es del tipo currículum flexible, asociado a un sistema abierto por créditos, de manera que las clases del primer semestre corresponden, a su vez, a un tronco común, por lo que se integran por una mezcla de estudiantes inscritos en las cinco diferentes carreras, a saber, Ingeniería en Innovación y Diseño, Ingeniería en Animación Digital, Ingeniería Civil, Ingeniería Industrial e Ingeniería Mecatrónica.

Para el tercer momento, se seleccionaron cuatro grupos de características similares en cuanto al número de alumnos, turno (matutino) y horario (a la misma hora, en salones contiguos).

Dos de los grupos se tomaron como grupos de control y los otros dos como grupos experimentales. Los grupos de control fueron atendidos por uno de los profesores participantes, mientras que los grupos experimentales los atendió el otro profesor participante. En los cuatro grupos se trabajaron los mismos contenidos, pero en los grupos de control el curso se llevó a cabo de manera tradicional, de manera que el estilo docente del profesor consistió, esencialmente, en exposición y solución de problemas, con poca participación de los alumnos.

En los grupos experimentales se aplicaron 14 de los 16 criterios operativos para la puesta en práctica de los Principios presentados previamente y se realizaron las actividades señaladas en la Tabla 2; además, las exposiciones del profesor consistieron en presentaciones en Power Point.

Los cuatro grupos tuvieron las siguientes características: los grupos de control se denominaron GC1 (con 25 alumnos, tres de los cuales desertaron) y GC2 (con 22 alumnos, seis de los cuales desertaron), mientras que los grupos experimentales se denominaron GE1 (con 23 alumnos, uno de los cuales desertó) y GE2 (con 24 alumnos, dos de los cuales desertaron). Contamos como deserción el caso de aquellos alumnos que solo presentaron uno o dos de los exámenes parciales y después abandonaron el curso.

La metodología utilizada correspondió a un diseño cuasi experimental [10] en el que se siguió el siguiente esquema:  $O_i - X - O_f$ , donde  $O_i$  representa una observación inicial,  $X$  la aplicación de la propuesta de enseñanza - aprendizaje a la

que se refiere este trabajo y *Of* una observación final. Por brevedad, en este trabajo no se reportan los detalles de las aplicaciones de las rúbricas con las cuales se evaluaron los desempeños de los estudiantes en las diez actividades mencionadas en la segunda columna de la Tabla II.

Por ello, en el esquema anterior, lo que se denomina observación inicial comprende los resultados de los tres exámenes mensuales denominados exámenes de periodo, previstos en el sistema institucional, mientras que la observación final corresponde a los resultados del examen final.

Es de hacerse notar que este criterio de definición de las observaciones inicial y final no afecta al esquema cuasi experimental, el cual podría haberse limitado a la aplicación de una observación inicial (pretest) y una observación final (postest).

La puesta en marcha que se refiere a la aplicación *X* de la propuesta se desarrolló en dos etapas (E): la primera etapa (E1) fue común para los cuatro grupos, mientras que la segunda etapa (E2) fue diferente para los grupos experimentales y los grupos de control.

La etapa E1 consistió en que al inicio de cada curso se presentó a los estudiantes el encuadre del curso que incluyó el objetivo general de aprendizaje (Anexo 1), los contenidos y la forma de evaluación, pero no se les informó que serían parte de un proyecto de investigación educativa para no sesgar los resultados; posteriormente, en los cuatro grupos se aplicaron cuatro exámenes idénticos (tres exámenes parciales y un examen final) y se consideraron los promedios de las calificaciones correspondientes a cada grupo, para lo cual se definió un indicador apropiado, el factor de Hake modificado que será descrito más adelante. Para los grupos experimentales.

La etapa E2 significó aplicar la propuesta consistente en analizar el desempeño de los estudiantes en las 10 actividades señaladas en la Tabla II y para los grupos de control implicó que no se puso en práctica la propuesta, sino que se siguió con una metodología tradicional consistente, en lo esencial, en una clase expositiva de acuerdo con el estilo docente más usual en nuestro medio [2].

El aprovechamiento académico de cada grupo se tomó de acuerdo al sistema de evaluación previsto institucionalmente para el curso, el cual consistió en tres exámenes de periodo<sup>1</sup>, exámenes cortos (quizz) en cada clase<sup>2</sup>, tareas<sup>3</sup> y participación voluntaria en la construcción de un blog de enseñanza de la física [13].

Cabe señalar que esta participación fue relativamente activa al inicio del ciclo escolar y decayó hacia el final del semestre. A los grupos de control no se les invitó a participar en la construcción del blog, aunque se les proporcionó la dirección para que lo visitasen. La cuantificación del aprovechamiento global, que a su vez nos proporciona una

medida global de la efectividad de la aplicación de los criterios operativos, se realizó en términos de la ganancia normalizada o factor de Hake [11], el cual fue modificado, tal como se describe a continuación.

Richard Hake, de la Universidad de Indiana, estudió los resultados de un examen de diagnóstico con un modelo cuasi experimental, tal como lo estamos haciendo en este trabajo. Hake aplicó un pretest y un postest a más de 6,500 estudiantes de 62 cursos similares al curso Introducción a la Física, con lo que encontró que los cursos en los que se utilizó algún método interactivo obtuvieron muy altas ganancias posibles en comparación con cursos tradicionales.

Hake consideró que un método interactivo de enseñanza era aquél que se basaba en lo que se denomina Investigación Educativa en Física o, de sus siglas en inglés, PER (Physics Education Research) [11]. Este autor encontró también que en diferentes instituciones los resultados en exámenes de opción múltiple estandarizados variaban desde el 25% al 75% en relación con el factor de ganancia posible en cursos de Física con estructuras similares, demostrándose así que un buen indicador del mérito académico de un método de enseñanza era el que se llama factor de Hake, definido como sigue

$$g = \frac{\text{Puntaje}(\text{post}) - \text{Puntaje}(\text{pre})}{100 - \text{Puntaje}(\text{pre})}.$$

Los resultados reportados muestran que los grupos con enseñanza tradicional tienen un factor de Hake de 0.16, mientras que a los cursos basados en métodos de enseñanza basados en PER les corresponden factores de Hake que oscilan entre 0.35 y de 0.41, dependiendo de los métodos de enseñanza utilizados.

En este trabajo aplicamos la siguiente modificación a la definición original de factor de Hake (*h*), en donde los porcentajes del pretest y del postest se han sustituido, respectivamente, por los promedios de los tres exámenes parciales (PEP) y por el examen final (EF):

Nuestra modificación en la definición del factor de Hake implica que *h'* no constituye una medida de la ganancia normalizada aplicada a un examen de diagnóstico, como lo es *h*, en donde se comparan dos situaciones, la inicial del pretest y la final del postest.

En el numerador del factor *h'* se compara el promedio de tres exámenes parciales de tipo formativo realizados a lo largo del semestre con el promedio del examen final de tipo sumativo, mientras que el denominador es un factor de normalización como en el caso anterior; además, los valores considerados no corresponden a porcentajes sino a promedios por grupo de las calificaciones obtenidas por los estudiantes.

<sup>1</sup> En el sistema de la UP se definen tres periodos de exámenes institucionalizados, llamados exámenes parciales 1, 2 y 3. Las fechas y horarios se especifican desde el inicio del semestre.

<sup>2</sup> El quizz consiste en tres preguntas de nivel de conocimiento memorístico básico, como enunciar una definición o principio, escribir una ecuación o diferenciar entre un concepto y otro relacionado con el primero.

El indicador  $h'$  así definido corresponde a las categorías que Edvinsson y Malone [6] denominan acumulativa (indica cómo cambian los resultados de los exámenes durante el semestre y al final del mismo) y competitiva (da información respecto del desempeño de cada grupo escolar).

En esta sección presentamos la forma de trabajar con los criterios operativos correspondientes a los Principios en el curso de Introducción a la Física.

Presentamos, primero, la estrategia didáctica general aplicable en todo el curso, y después presentamos algunas de las actividades realizadas acordes a cada momento de la estrategia didáctica, la cual se presenta en la Figura 1.

#### IV. APLICACIÓN DE LOS CRITERIOS OPERATIVOS DE LOS PRINCIPIOS PEDAGÓGICOS PRAGMÁTICOS

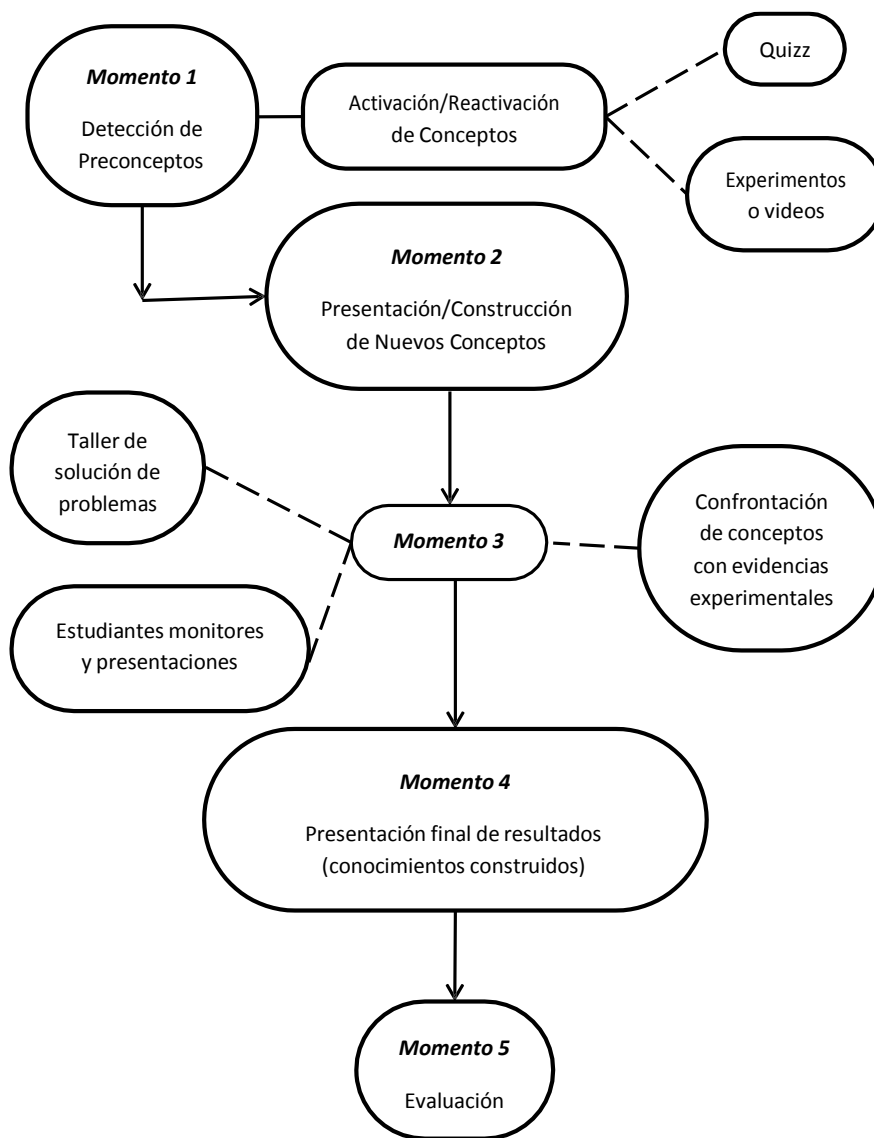


FIGURA 1. Estrategia didáctica para la aplicación de los criterios operativos de los Principios.

La estrategia didáctica está diseñada de manera que pueden apreciarse cinco momentos:

- Momento 1: La activación o reactivación de preconceptos, en la que se ejecutan dos tipos de acciones, los exámenes cortos (quizz) y la realización de experimentos o presentación de videos.

- Momento 2: la presentación y/o construcción de nuevos conceptos; en esta etapa el diálogo socrático [12] se considera un componente esencial.
- Momento 3: se realizan otras actividades como un taller de solución de problemas y/o pueden confrontarse los

conceptos nuevos con evidencias experimentales o aplicaciones, tanto a la vida cotidiana, como a dispositivos o instrumentos; en esta ocasión se implementan actividades como el uso de estudiantes monitores y/o presentaciones en las que se expone lo encontrado en alguna de las páginas web recomendadas.

- Momento 4: este momento depende de las actividades realizadas con anterioridad, pues se trata de poner a consideración del pleno de la clase las conclusiones y/o los productos obtenidos en el taller de solución de problemas, en la realización de experimentos o en las visitas a páginas web; aquí pueden propiciarse debates informales o nuevas confrontaciones.
- Momento 5: consiste en la evaluación del examen parcial de periodo, a realizarse en las fechas establecidas.

Cabe aclarar, por un lado, que en cada sesión se llevan a cabo acciones evaluativas tal como se sugiere en la sección II, y por otro lado, que el esquema propuesto en la estrategia didáctica no debe ni puede ser rígido, puesto que cada sesión puede variar de acuerdo con los avances y participación del estudiantado.

A continuación describimos las diez actividades que sirvieron para tomar en cuenta los criterios operativos de los Principios; las actividades se han agrupado según los cinco momentos previamente mencionados.

## A. Momento 1

### A.1 Actividad A1

*Desarrollo de conceptos a partir de evidencias experimentales propuestas por los estudiantes:*

Los propios estudiantes proponen algún tipo de experimentación relacionada con un tema específico.

Como ejemplo de ello tenemos la demostración de la Primera Ley de Newton con base en videos encontrados en YouTube [13]. Los ejemplos de esta actividad y las siguientes se describen en el anexo 2.

### A.2 Actividad A2

*Realización de tareas semanales de acuerdo con la forma tradicional:*

Se señala una cierta cantidad de ejercicios tomados del libro de texto o de los problemarios desarrollados ex profeso para el curso y se les deja para que los resuelvan en casa y los entreguen en la clase siguiente.

El día de la entrega el profesor resuelve los problemas en el pizarrón y les menciona los errores más comunes encontrados en otras ocasiones y explica cada procedimiento.

### A.3 Actividad A14

*Establecer criterios de selección de información en las páginas web y en los diversos medios de información:*

Se hace saber a las estudiantes que no todo lo que aparece en internet cumple con requisitos de calidad y que, de hecho, puede encontrarse basura.

Se hacen recomendaciones de sitios seguros con información confiable, tales como los recomendados en *The Physics Teacher*, de acuerdo con los temas que se tratan en clase.

## B. Momento 2

Este momento reviste singular importancia dado que, generalmente, se deriva de la actividad A1 y da lugar a los dos siguientes momentos. Además es también en este momento que se sugieren las actividades A2, A3a y A3b que se utilizan en el Momento 4.

Por otro lado, este momento consiste esencialmente de tiempo dedicado a exposición por parte del profesor y/o al diálogo socrático aunque, puede complementarse con alguna demostración sencilla tomada de la actividad A1.

## C. Momento 3

### C.1 Actividad A5

*Taller de solución de problemas y análisis de situaciones (casos):*

En algunas de las sesiones de clase se resuelven problemas que incluyen análisis de casos o situaciones de la vida cotidiana.

El trabajo es en equipo y funciona en forma de trabajo cooperativo.

Aquí diferenciamos el trabajo colaborativo del cooperativo en que colaborar es contribuir con algo o ayudar a otros a lograr un fin, mientras que cooperar es actuar conjuntamente con otros para lograr un fin.

En el trabajo cooperativo se considera una parte de trabajo individual y otra de trabajo con otros.

Ejemplos de problemas que se resuelven son:

- ¿Es la inercia la causa de que los objetos tiendan a permanecer en movimiento rectilíneo uniforme? Es decir, ¿los objetos tienden a moverse con velocidad constante por la inercia?
- En un proceso como disparar una flecha la energía se transfiere de un cuerpo a otro por interacciones. ¿Cómo se llevan a cabo las transferencias de energía en el proceso en que un arquero dispara una flecha y atraviesa una manzana que se encuentra sobre la cabeza de su ayudante?
- En una competencia de arrancones, los automóviles que participan, los *dragsters*, tiene motores extremadamente potentes. ¿Cómo explicas el hecho de que un motor tenga potencia?

### C.2 Actividad A6

*Participación de estudiantes monitores:*



Se relaciona con la actividad anterior, en el sentido de que, al cabo de algunas sesiones, se eligen dos o tres estudiantes sobresalientes para ayudar a compañeros suyos que tengan dificultades para resolver los problemas.

Otro criterio de selección de estos alumnos es que en una sesión de taller terminen con la tarea asignada en poco tiempo.

### **C.3 Actividad A7**

*Uso de videos y presentaciones:*

Está ligada con la actividad A1. Algunas de las presentaciones de Power Point realizadas por los estudiantes se pueden ver en el blog4 mencionado en A1.

## **D. Momento 4**

### **D.1 Actividades A3a A3b**

*Visita a algunas páginas web y realización de experimentos:*

La visita a las páginas web en la Actividad 3a es para que los estudiantes rescaten información relevante y, en una clase posterior, la presenten ante sus compañeros en la Actividad A4. Las páginas sugeridas son: [www.howstuffworks.com](http://www.howstuffworks.com) y [MinutePhysics.com](http://MinutePhysics.com). Es claro que los estudiantes también pueden sugerir sitios, con la restricción de que han de ser autorizados por el profesor.

La actividad A3b implica la realización de experimentos propuestos por el profesor, los cuales se pueden llevar a cabo de dos maneras: en el salón de clase, como experimento de cátedra o su realización fuera del salón de clases, actividad que deben grabar y, en la clase siguiente, exhibir el video ante todo el grupo.

### **D.2 Actividad A4**

*Presentación breve de resultados de A3a o A3b:*

Se realiza en la clase posterior a la realización del experimento, o de la fecha en que se encargó la búsqueda de información. Se les proporcionan los lineamientos de presentación, los cuales se evalúan por parte del profesor.

## **E. Momento 5**

### **E.1 Actividad A8**

*Libretas de apuntes ordenados y clasificados:*

Aunque no se les hace una revisión periódica de sus libretas, se les proporcionan lineamientos sobre la forma en que deben escribirse ecuaciones, desarrollos algebraicos, resultados, etc.

Esta actividad tiene importancia en cuanto a que los estudiantes aprenden a escribir ordenadamente,

**TABLA III.** Promedios de exámenes parciales y finales y factor de Hake modificado.

especialmente los desarrollos algebraicos y procedimientos de solución de problemas. Más adelante, el orden y la limpieza son factores de evaluación en los exámenes parciales.

### **E.2 Actividad A13**

*Repaso periódico de la forma de realizar actividades y construcción de mapas conceptuales:*

Corresponde a la actividad cognoscitiva más importante, la metacognición. Por consiguiente, es una actividad que ha de realizarse periódicamente por medio del uso de diferentes recursos, entre los cuales destaca la realización de mapas conceptuales.

Esta actividad se realiza al finalizar una unidad temática, en la cual, al avanzar en el curso, se van incorporando temas anteriores para lograr una visión integral y global de la asignatura.

Hacer que los estudiantes reflexionen sobre las formas de razonamiento y procesos para la solución de problemas es un recurso igualmente importante que puede realizarse en toda retroalimentación (Actividades A2 y A5).

## **V. RESULTADOS**

En este trabajo, para poder aplicar el factor de Hake modificado ( $h'$ ), se analizaron los resultados de las calificaciones de los tres exámenes parciales y del examen final del curso.

A continuación, en la Tabla III presentamos para cada uno de los cuatro grupos, los promedios de las calificaciones individuales de sus estudiantes, donde EP1, EP2 y EP3 representan los promedios de los tres exámenes parciales, PEP es el promedio de estos tres resultados y EF el promedio del examen final. En este caso, el factor de Hake modificado se definió (Sección III) como  $h' = (EF - PEP)/(100 - PEP)$ .

Se recordará que en nuestra modificación de la definición original, los porcentajes del pretest y del postest se han sustituido, respectivamente, por los promedios de los tres exámenes parciales (PEP) y por el examen final (EF).

De dicha tabla saltan a la vista las siguientes consecuencias:

1. Los valores negativos para el factor de Hake modificado indican que en los grupos de control los promedios de los exámenes parciales de los estudiantes de cada grupo tienen un valor mayor que el promedio del grupo en el examen final, mientras que en los grupos experimentales sucede lo contrario. Este hecho sugiere que en los grupos de control la evaluación sumativa tiene un valor menor que el promedio de los tres exámenes parciales de tipo formativo, lo cual podría sugerir un retroceso en su rendimiento académico.

GRUPO	EP1	EP2	EP3	PEP	EF	FACTOR h'
GC1	57.83	55.43	48.18	53.81	51.68	-2.13/46.19 = -0.046
GC2	58.4	55.4	45.9	53.23	41.7	-11.53/46.77 = -0.246
GE1	55.6	50.78	78.86	61.75	80.68	18.93/38.25 = 0.495
GE2	54.04	60.92	69.5	61.49	74.54	13.05/38.51 = 0.339

De la tabla anterior saltan a la vista las siguientes consecuencias:

- 1) Los valores negativos para el factor de Hake modificado indican que en los grupos de control los promedios de los exámenes parciales de los estudiantes de cada grupo tienen un valor mayor que el promedio del grupo en el examen final, mientras que en los grupos experimentales sucede lo contrario. Este hecho sugiere que en los grupos de control la evaluación sumativa tiene un valor menor que el promedio de los tres exámenes parciales de tipo formativo, lo cual podría sugerir un retroceso en su rendimiento académico.
- 2) El valor absoluto del factor de Hake modificado es considerablemente mayor en los grupos experimentales, lo cual corresponde a que en el denominador la diferencia 100-PEP es mayor en los grupos de control (valores de 46.19 y 46.77), mientras que en los grupos experimentales corresponde a 38.25 y 38.51, dando un denominador más pequeño y por eso un cociente mayor. Según los resultados reportados por Hake14, un valor de  $h = 0.495$  sería sobresaliente y un valor de  $h = 0.339$  se encontraría apenas por debajo de la cota inferior de valores considerados como buenos; sin embargo, esta interpretación deberá revisarse porque nuestra definición de  $h'$  difiere de la original.

Estos contrastantes resultados sugieren que, en comparación con el método expositivo tradicional seguido en los grupos de control, la aplicación en los grupos experimentales de las actividades —por medio de las cuales se pusieron en práctica los criterios operativos de los Principios—, sí favorece el aprendizaje en términos de un mejor aprovechamiento, en cuanto a la comprensión de la asignatura. Y representa un mayor rendimiento académico, de acuerdo con los promedios de las calificaciones correspondientes a los dos tipos de exámenes: los exámenes parciales de tipo formativo y el examen final de tipo sumativo.

Esta interpretación deberá revisarse cuando se consideren con mayor detalle las características de estos dos tipos de exámenes y se expliciten los efectos de las distintas actividades, según los resultados de las rúbricas correspondientes. En un artículo posterior reportaremos la evaluación realizada por medio de rúbricas de la implementación integrada de los correspondientes catorce criterios operativos (Co1 a Co14).

Consideramos que los resultados obtenidos se deben, en gran medida, a que nuestro modelo de enseñanza supera a los cursos tradicionales en relación con los siguientes factores:

- 1) La planeación del curso considera la selección de contenidos en función del objetivo general de la asignatura (Anexo 1).
- 2) La selección de actividades se realiza de acuerdo con los criterios operativos de los Principios Pedagógicos Pragmáticos.
- 3) Se aplica un sistema de evaluación continua y formativa. Con respecto a este último punto, hemos de precisar que los cursos tradicionales reducen sus evaluaciones solamente a los exámenes parciales de periodo. Además, tomamos en cuenta la motivación [14].

Como nuestros estudiantes presentan las características especiales de la llamada Generación Net (Net Gen), en este trabajo tomamos en cuenta explícitamente a la motivación en dos formas: primero, al desarrollar actividades en las que los estudiantes son protagonistas y, segundo, al promover el acceso a y el uso inteligente de las tecnologías de información y comunicación (TIC's).

Constatamos que para los estudiantes resultaron muy alentadoras y reconfortantes las visitas a páginas web y a sitios en internet, hallazgos que después expusieron ante sus compañeros. Por ello, consideramos que la aplicación de los Principios Pedagógicos Pragmáticos sí favorece aprendizajes de manera importante y que además, su puesta en práctica no representa una sobrecarga de trabajo excesiva para los docentes.

## REFERENCIAS

- [1] Tapscott, D., *Growing up digital: The rise of the net generation*, (McGraw-Hill, New York, 1998).
- [2] Lara, A., Cerpa, G. y Núñez, H., *Reporte Interno. Departamento de Física, CUCEI*, (Universidad de Guadalajara, Guadalajara, 2013).
- [3] Linn, M. C. y Hsi, S., *Computers, teacher, peers: Science learning partners*, (Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, 2000).
- [4] Becerra, C., Gras-Martí, A., Hernández, C., Montoya, J., Osorio, L. A. y Sancho, T., *Renovación de la Enseñanza Universitaria Basada en Evidencias (REUBE). Una metodología de acción flexible*, *Perfiles Educativos* **34**, 62-77 (2012).
- [5] UNAM, *Evaluación*, *Perfiles Educativos* **35**, 7-100 (2013). Disponible en: <http://www.iisue.unam.mx/perfiles/index.php?numero=e&anio=2013>.
- [6] Edvinsson, L. y Malone, M. S., *El capital intelectual: Cómo identificar y calcular el valor inexplorado de los recursos intangibles de su empresa*, (Norma, Bogotá, 1998).
- [7] Barojas, J., *Comunidades de Aprendizaje en la Sociedad del Conocimiento*, XIX Simposio Internacional de

Computación en Educación, SOMECE, (Aguascalientes, México, 2003). En disco compacto.

[8] Barojas, J. y Martínez, M. C., *A keplerian laboratory of didactics*, ICPE-EPEC 2013, Charles University, Prague, República Checa (2014). ISBN 978-80-7378-266-5, pp. 287-299. Accesible en <[http://iupap-icpe.org/publications/proceedings/ICPE-EPEC\\_2013\\_proceedings.pdf](http://iupap-icpe.org/publications/proceedings/ICPE-EPEC_2013_proceedings.pdf)>.

[9] Barojas, J. y Martínez, M. C., *Desarrollo de la resiliencia educativa en alumnos de primer ingreso*, Libro de Actas de la Tercera Conferencia Latinoamericana sobre el Abandono en la Educación Superior III CLABES, Ciudad de México, México (2013). Disponible en <http://www.clabes2013-alfaguia.org.pa/>.

[10] Hernández, R., Fernández, C., Baptista, M. P., *Metodología de la Investigación*, (McGraw Hill-Interamericana, México, 2010).

[11] Redish, E. F., Steinberg, R., *Teaching physics: Figuring out what works*, Physics Today **52**, 24-30 (1999).

[12] Julian, G. M., *Socratic dialogue – with how many?* The Physics Teacher **33**, 338-339 (1995).

[13] s/a, *Física educativa*, Disponible en: <http://fisicaeducativagd.blogspot.mx>.

[14] Gutiérrez, J. y Meneses, M., *Applying augmented reality in engineering education to improve academic performance and student motivation*. International Journal of Engineering Education **30** 625-635 (2014).

[15] Arons, A. B., *Teaching Introductory Physics*, (John Wiley & Sons, Hoboken, 1997).

## ANEXO 1. CONTENIDOS DEL CURSO INTRODUCCIÓN A LA FÍSICA

### Objetivo general de la asignatura

La asignatura Introducción a la Física pretende proporcionar una visión pormenorizada de algunos de los conceptos esenciales de la Mecánica Clásica, de su estructura epistemológica, de su método y de las relaciones que tiene con otras áreas del conocimiento humano, así como su aplicación a la vida cotidiana. El desarrollo de habilidades intelectuales relacionadas con el proceder científico, así como el favorecimiento de una formación integral acordes con los lineamientos institucionales, forman el eje rector de la instrucción.

#### 1. Introducción al estudio de la Física

- 1.1 Ciencia y conocimiento científico
- 1.2 La Física como ciencia
- 1.3 El campo de estudio de la Física
- 1.4 El Método de la Física
- 1.5 La Física y su relación con la sociedad
- 1.6 El lenguaje de la Física
- 1.7 Cantidades Vectoriales y vectores. Suma y resta gráfica.
- 1.8 Nociones de álgebra vectorial
- 1.9 Componentes de un vector
- 1.10 Suma y resta analítica

#### 2. Introducción al estudio de la Mecánica Clásica

- 2.1 Movimiento. Rapidez galileana.
- 2.2 Concepto de interacción. Primer acercamiento al concepto de fuerza.
- 2.3 La ley de la Inercia y la primera Ley de Newton. Masa Inercial.
- 2.4 El Ímpetu
- 2.5 La Segunda Ley de Newton
- 2.6 La Tercera Ley de Newton

- 2.7 Conservación del Ímpetu
- 2.8 La Ley de Gravitación Universal
- 2.9 Caída libre
- 2.10 Tiro vertical
- 2.11 El Peso
- 2.12 La Ley de Hooke
- 2.13 Fricción y resistencia
- 2.14 Aplicaciones en formulación vectorial
- 2.15 Movimiento en dos dimensiones
- 2.16 Movimiento circular uniforme y movimiento circular uniformemente acelerado
- 2.17 Movimiento de proyectiles
- 2.18 Trabajo mecánico
- 2.19 Energía cinética y energía potencial
- 2.20 Energía mecánica y su conservación
- 2.21 Potencia

## ANEXO 2. LISTA DE ALGUNAS ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL CURSO

### Actividad A1

#### Primera ley de Newton

El truco de la moneda sobre una tarjeta, que se encuentran sobre un vaso. El experimento consiste en sacar un papel que tiene sobre él una moneda, sin arrastrarla, de manera que ésta caiga en el vaso.

### Vectores

¿Alumnos muy fuertes? Para esta actividad, que tiene que ver con una demostración de las componentes de vectores, se necesita una cuerda de 10 m de longitud. Dos alumnos, de preferencia los más fuertes de la clase, toman la cuerda, uno por cada extremo y jalan, siempre en dirección horizontal, hasta que quede completamente tensa.

No es una competencia de a para ver quién jala a quién; sólo se requiere que la cuerda se encuentre completamente tensa.

Ya que la cuerda se encuentra tensa, se necesita la participación de una alumna a quien se le pide que empuje la cuerda por su centro hacia abajo hasta el piso, venciendo, en consecuencia, a los dos alumnos que tratan de mantener la cuerda tensa.

¿Será posible que la alumna pueda más que los dos alumnos fuertes de la clase? Por supuesto que sí. ¿Por qué?

### Movimiento circular

Consigue un palo de la menos 1.5 m de largo (una escoba o algo semejante es bueno). Sostén el palo de manera que quede apuntando horizontalmente hacia delante. Camina en círculo y observa cómo se comporta el palo con respecto a la trayectoria circular que vas siguiendo.

### Potencia

¿Eres muy potente? Muchas veces has tenido que subir escaleras ya sea caminando o corriendo.

Si consideramos que subes a un mismo nivel ¿cómo te sientes más cansado, si lo haces caminando o corriendo?

Obviamente corriendo, pero ¿quiere decir esto que realizaste más trabajo?

Otro caso a considerar es ir a tu casa caminando o corriendo, de manera que en ambos casos se recorre la misma distancia. ¿Qué se puede inferir, entonces sobre el trabajo realizado? ¿Y sobre la potencia?

### Actividad A2

#### Tareas semanales de problemas progresivamente más complejos y retroalimentación

Comenzamos con problemas simples del tipo: Un avión de propulsión, originalmente en reposo, despegar desde un portaaviones al alcanzar una rapidez de 65.0 metros por segundo al final de la plataforma. (a) ¿Cuál es su velocidad tanto al inicio como al final de la plataforma? (b) ¿Cuál es el vector aceleración media para el recorrido?

Para terminar con problemas más complejos como los proporcionados en el texto de Arons [15].

Por ejemplo: un esquiador, cuya masa es 70 kg, se encuentra en la cúspide de una pendiente de inclinación  $10^\circ$  y se prepara para bajarla. La fricción entre la superficie nevada y los esquís es despreciable. Un viento fuerte sopla hacia el esquiador aplicándole una fuerza horizontal de 50 N. Sin utilizar las leyes de Newton, calcular la rapidez del esquiador después de bajar 100 m sobre la pendiente.

#### Actividad A3b. Realización de experimentos—demostraciones—sencillos.

Esta actividad requiere trabajo en equipo. Se les pide a los alumnos que entreguen un reporte breve de la actividad en el que responden a las preguntas planteadas y describen las

observaciones realizadas. El formato del reporte se les especifica previamente.

### Movimiento acelerado en un plano inclinado

Formar equipos de tres integrantes que buscarán una tabla o un cuaderno, la cual servirá como superficie sobre la que se dejará rodar una pelota. La superficie elegida la inclinarán de manera que forme un ángulo con respecto al piso horizontal.

Sobre la superficie realizar marcas cada dos centímetros, colocando el cero (o cualquier otro punto de referencia) en la parte superior. Luego, en el punto de referencia elegido coloquen la pelota en reposo y déjenla en libertad. La pelota comenzará a rodar cuesta abajo.

¿Cómo es su rapidez mientras va rodando cuesta abajo?

¿Se mantiene constante o va cambiando?

En el instante inicial, ¿cuál es el valor de la rapidez inicial?

Con los resultados trazar una gráfica con los valores de la posición en el eje vertical y los valores de los instantes en el eje horizontal.

Este tipo de gráficas se denomina “gráfica de posición contra tiempo”. ¿Qué tipo de línea se obtiene? ¿Qué puede inferirse de esta gráfica?

### Fricción

Modificación de la actividad con un plano inclinado. Ahora, se trata de realizar una experiencia similar utilizando el mismo plano inclinado, solo que en vez de usar una pelota, necesitamos un objeto que no rueda, por ejemplo una cajita de cartón y además, un transportador. Primero, sobre el plano colocado horizontalmente, se coloca la cajita en uno de sus extremos.

Luego se va levantando ese extremo lentamente hasta que la cajita comience a deslizarse. En ese instante se mide el ángulo al que comenzó a deslizarse.

Conviene repetir la observación varias veces para obtener un valor promedio del ángulo al que comienza el deslizamiento.

En seguida, colocar un objeto dentro de la cajita, de manera que aumente la masa. Repitan el experimento.

El ángulo al que comienza a deslizarse la cajita con la masa aumentada, ¿es mayor, menor o igual al ángulo con el que comienza a deslizarse la cajita antes de aumentarle la masa? Si hay diferencia entre los ángulos, ¿a qué puede atribuirse esa diferencia?

### Actividad A4

Presentación breve de resultados de A3a o A3b. Las presentaciones se realizan de acuerdo con instrucciones específicas.

En el caso de A3a, se presenta la página o sitio visitado, un resumen del tema investigado y conclusiones personales. En el caso de la realización de experimentos se puede presentar un video en el que los mismos estudiantes han realizado el experimento o ejecutar el experimento en el aula.

En cualquiera de los dos casos, presentan un análisis del experimento en términos de los conceptos revisados en clase y las inferencias personales.

### **Actividad A7**

Uso de videos, presentaciones en Power Point, utilización de recursos didácticos diversos.

### **Primera Ley de Newton (Actividad A1)**

Video sobre el truco común realizado por algunos magos o por prestidigitadores, se realiza con una mesa sobre la que se pone un mantel de tela tipo poliéster sobre el que se colocan algunos cubiertos, un plato o dos, y una copa o vaso. El mago

toma el mantel por un extremo y ¡presto! de un rápido tirón lo puede remover sin tirar ni romper ninguno de los cubiertos. Este truco puede realizarlo cualquier persona con un poco de práctica (si piensas en ejecutarlo, comienza con cubiertos irrompibles). Antes de intentar cualquier cosa, contesta las siguientes preguntas predictivas:

¿Qué tan lejos se moverán los cubiertos –o no se moverán?

El peso de los objetos, ¿afecta el movimiento o la falta de movimiento? ¿Es importante la textura de la tela? Si se talla la base de los cubiertos con papel encerado, ¿se afecta el resultado?

### **Ley de Gravitación Universal**

Video sobre el experimento de Cavendish.