

Opciones Newtonianas de estudiantes no-Newtonianos, análisis de alumnos Universitarios: FCI



Adrián Corona Cruz

FCFM, BUAP, Apartado Postal 1152, 72001 Puebla, México.

E-mail: acorona@fcfm.buap.mx

(Recibido el 9 de Febrero de 2008; Aceptado el 15 de Mayo de 2010)

Resumen

En la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, se han llevado a cabo varios intentos logísticos para reducir la deserción y mejorar el aprendizaje de los estudiantes de física introductoria. Los resultados que aquí reportamos, corresponden a una estrategia académica: un experto en física teórica mediante conferencia magistral impartió la mecánica newtoniana, y cuatro profesores impartieron, en grupos, la resolución de problemas. Para conocer el grado de coherencia que los estudiantes lograron al final del curso en las ideas newtonianas, se usó la prueba de opción múltiple, Inventario del Concepto de Fuerza (FCI), con espacios para explicar las ideas que los llevaron a seleccionar la respuesta. Los porcentajes "reales" que los estudiantes tienen sobre las opciones correctas y las no correctas, se validaron mediante las explicaciones. De la comparación de los resultados que se obtiene de los estudiantes que no acreditaron el curso y los que acreditaron, se encontró que ambos grupos de estudiantes en avance hacia el conocimiento newtoniano resultó ser igualmente bajo.

Palabras clave: FCI, ideas newtonianas, Inventario, mecánica, enseñanza, física, estrategia didáctica.

Abstract

In the Faculty of Physics of the Autonomous University of Puebla, have been several attempts to reduce the dropout logistics and improve student learning in introductory physics. The results we reported here correspond to an academic strategy: an expert in theoretical physics gave the keynote address by Newtonian mechanics, and four teachers taught in groups, solving problems. To ascertain the degree of coherence that students achieved at the end of the course in Newtonian ideas, we used the multiple choice test, Force Concept Inventory (FCI), with spaces to explain the ideas that led them to select the answer. The percentages "real" students are on the right options and the right not be validated by explanations. A comparison of results obtained from students who are not accredited course and showing, it was found that both groups of students advancing to knowledge Newtonian proved equally low.

Key words: FCI, Newtonian ideas, Inventory, mechanics, education, physics, teaching strategy.

PACS: 01.40.gb, 01.40.-d, 01.40.Ha

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

Los resultados establecidos de la investigación educativa, describen que las creencias del estudiante sobre temas de física están vagamente organizadas, son incoherentes, débilmente definidas y a veces inconsistentes. Normalmente tienen razones para sus explicaciones que en lo general son "incompatibles" con los conceptos Newtonianos [1]. Ya hace casi 30 años, Hestenes [2] y colaboradores, desarrollaron el Inventario de Concepto de Fuerza (FCI), para identificar las creencias del sentido común en el área de la física en el nivel básico, derivadas de la experiencia personal de los estudiantes; creencias que juegan un papel dominante en el aprendizaje de la física. Específicamente, se ha establecido que (1) las creencias del sentido común sobre el movimiento y fuerza son en la mayoría de los casos, incompatibles con los conceptos

Newtonianos, (2) la instrucción convencional produce en la mayoría de los casos, cambios insuficientes en las creencias del estudiante, y (3) este resultado es independiente del instructor y su método de instrucción (en lo general se pretende que el docente cubra el tema, memorizando, repitiendo fragmentos aislados, llevando a cabo tareas, etc.)

Es claro que las implicaciones en la enseñanza son graves, si los estudiantes no han aprendido los conceptos Newtonianos más básicos, no podrán comprender la mayor parte del material de sus siguientes cursos. Este análisis no indica que los maestros en lo general no sean competentes, lo que indica es que para que la instrucción sea más eficaz, se requiere de más dedicación, conocimiento sobre cómo los estudiantes piensan, aprenden, y diseñar materiales didácticos en consecuencia.

Las versiones iniciales de FCI se construyeron usando

las respuestas más comunes (creencias no-Newtonianas) escritas por los estudiantes. Las preguntas de la prueba fueron diseñadas para evaluar las concepciones cualitativas de los estudiantes sobre el movimiento y sus causas, e identificar conceptos erróneos o creencias de sentido común, no-Newtonianas citadas en la literatura [3]. Los autores exploran y clasifican las ideas Newtonianas y las concepciones no-Newtonianas de los estudiantes por medio de una taxonomía que las categorizan en seis dimensiones (Cinemática, Primera Ley de Newton, Segunda Ley de Newton, Tercera Ley de Newton, Principio de Superposición y Tipos de Fuerzas) [4], y las consideran cruciales para interpretar los resultados de FCI. Un ejemplo de la inconsistencia se dio en el trabajo de Huffman y Heller [5] ellos al no considerar las taxonomías, "muestran" que FCI sólo mide el logro de conceptos inconexos del concepto de fuerza, lo cual implica que FCI, no se recomienda para examinar a los estudiantes. Los profesores deberán ser cautos al suponer que el inventario mide la comprensión coherente de un concepto de fuerza. Como respuesta, Hestenes [6] muestra que las propias conclusiones de Huffman y Heller están de acuerdo con los resultados que muestra la interpretación del FCI.

Desde la perspectiva de la física, cada pregunta de FCI mediante su configuración de opción múltiple, exige al estudiante que diferencie una respuesta Newtoniana de cuatro alternativas no-Newtonianas. Para analizar y clasificar las respuestas, Hestenes considera que una respuesta es *falsa negativa* si un estudiante con pensamiento Newtoniano escoge una contestación no-Newtoniana, y una respuesta se considera *falsa positiva* si la opción Newtoniana es escogida por razones no-Newtonianas. Los resultados de la investigación educativa muestran que una contestación falsa casi siempre es un indicador confiable de la deficiencia con la que el estudiante entendió los conceptos Newtonianos, mientras que una contestación verdadera (Newtoniana) a una sola pregunta es, claramente, mucho menos informativa. Un problema importante en el desarrollo de la prueba de opción-múltiple fue el minimizar falsos positivos y negativos, reduciendo la probabilidad de contestaciones negativas y positivas falsas. Del análisis cualitativo de contestaciones por estudiantes de pensamiento Newtoniano, la probabilidad de una respuesta falsa negativa es menor al 10% (menos de tres preguntas), e inclusive para los alumnos de pensamiento Newtoniano, las respuestas le son tan obvias que las respuestas falsas negativas sólo pueden atribuir a descuidos o a la falta de atención. Sin embargo, minimizar los falsos positivos es difícil, incluso las opciones del azar tiene una oportunidad de aproximadamente del 20% de ser falsas positivas.

En el diseño de FCI se usaron dos dispositivos para reducir el "ruido" de los falsos positivos [6]:

a) FCI examina cada dimensión conceptual con varias preguntas que involucran contextos y puntos de vista diferentes. Una opción falsa positiva puede ser parcialmente compensada por una opción no-Newtoniana escogida en otra.

b) Se introduce un distractor en cada pregunta, como,

una opción no-Newtoniana que parece sumamente razonable a los estudiantes, debido a que se extrajeron de sus propias ideas.

Es pertinente aclarar que para que los criterios antes citados tengan aplicación, se requiere que el grupo de respuestas de los alumnos se hayan caracterizado como Newtonianas. Esta característica se identifica definiendo que el alumno que rebasa con el 60% la prueba FCI, es un alumno que está en la etapa básica del pensamiento Newtoniano [6]. Es decir el estudiante empieza a usar en sus razonamientos los conceptos Newtonianos en forma coherente, desarrolla un concepto universal de fuerza y aprende a identificar a los agentes activos y pasivos de la fuerza, además desarrolla dinámica y coherentemente los conceptos vectoriales de la velocidad, la aceleración y en su mayor nivel tiene plena comprensión de la Tercera Ley de Newton. Por otra parte, los alumnos que no rebasan el 60% en lo general presentan las siguientes características: (1) no diferencian los conceptos de velocidad y aceleración; carecen del concepto vectorial de velocidad; (2) carecen de un concepto universal de fuerza (es decir, cree que hay otras influencias en el movimiento además de las fuerzas), y no saben realmente identificar los agentes de fuerzas en un objeto; (3) conceptos fragmentados e incoherentes sobre la fuerza y el movimiento [6].

Hestenes, recomendó que el inventario sea usado para diagnosticar, juzgar la efectividad de la instrucción y evaluar al estudiante, siendo la efectividad la más importante.

Para evaluar la efectividad de la instrucción mediante la ganancia $\langle g \rangle$, la prueba FCI se aplica como pre-prueba (primer día de la clase) y pos-prueba (al final del curso) [7]. Los estudiantes que obtienen la más alta calificación en la post-prueba, generalmente también obtienen la más alta calificación al resolver problemas cuantitativos. Lo más notorio es que la comprensión conceptual según lo medido por FCI parece ser un requisito previo a la buena capacidad en la resolución de problemas.

II. MÉTODOS "EFICIENTES" DE ENSEÑANZA

Desde los orígenes de la enseñanza, los docentes han buscado la mejor manera de hacerse entender. En lo general la enseñanza en las aulas se utiliza la conferencia, en ella los oyentes no mantienen su atención –por más de 10 a 15 minutos, y la información de la conferencia pasa demasiado rápido para quien piensa críticamente, por lo que en su memoria sólo quedan vaguedades de corto plazo. Es común que durante la conferencia, el estudiante tome notas, y éstas son copias inconexas de lo escrito en el pizarrón, además la mayoría de las conferencias se centran en derivaciones y deducciones algo formales de fenómenos o conceptos físicos; hasta cierto grado la física es dura porque es simplemente dura, es decir, el material que se aprende implica muchos conceptos, algunos de los cuales son contra intuitivos... hecho entendido por estudiantes y profesores, pero que se hace aún más dura y

frustrante por la mala pedagogía, es decir, el proceso educativo es muy complejo [8].

Se han elaborado teorías sobre el aprendizaje que han venido evolucionando, aunque sin llegar a encontrar verdaderas soluciones y hay propuestas que muestran mejorar la enseñanza y en particular la comprensión de física.

Bajo el título de Aprendizaje Activo [8], que se estudia bajo el epígrafe de "metacognición"; capacidad del individuo para predecir resultados y para controlar su nivel de dominio y comprensión, se han desarrollado un conjunto de metodologías que aumentan el grado en que los estudiantes transfieren de su aprendizaje a nuevos escenarios y eventos. Metodologías que fundamentalmente se basan en la piedra angular de la filosofía del constructivismo; "*son los estudiantes, con su interacción, sus ideas y los materiales, quienes deben construir su conocimiento, más bien que recibir simplemente conocimiento*"; los estudiantes a tomar el control de su propio aprendizaje [9].

Este principio básico se ha puesto en ejecución en una variedad de formatos con la mayoría de las siguientes características: "*Los estudiantes pasan más tiempo de clase, haciendo/pensando/hablando de física, no escuchando a otro hablar de física*"; "*Los estudiantes intercambian ideas con sus compañeros e instructor*"; "*Los estudiantes reciben retroalimentación inmediata*"; "*Los estudiantes se responsabilizan de su conocimiento (participa en las actividades, estudia el texto, y termina las asignaciones)*" y "*el instructor es más que un facilitador, es un portador de conocimiento; es un guía que apoya, no un sabio que resuelve*" [8]. En contraste, cabe citar que en lo general, en las aulas "tradicionales", solamente una pequeña fracción de estudiantes hace preguntas o participan en las discusiones; la mayoría de los estudiantes son indiferentes, pasan más tiempo escuchando a sus compañeros que al instructor.

A. Grupos Cooperativos (aprendizaje basado en problemas)

Sabemos que muchos estudiantes "aprenden a solucionar problemas de física" simplemente substituyendo los datos en los algoritmos, hasta que consiguen la respuesta. Heller, Keith y Anderson [10], diseñaron y utilizaron problemas conceptuales con información adicional que no era necesaria para resolver "problemas ricos en contexto" y la solución se encuentra mediante acciones cooperativas, que consisten en la organización al azar grupos de tres o de cuatro estudiantes, para trabajar la resolución de problemas; los grupos se forman asignando un estudiante como experto, (toma la responsabilidad), un escéptico (suscita preguntas y objeciones tantas como sea posible), y un censor (toma las notas de las discusiones, prepara la solución que se entregará). Los papeles de los integrantes se rotan cada semana. Los resultados se reportan al instructor o, a veces los discuten con otros grupos. El método muestra que es mucho más beneficioso que

estudiar solo y al parecer es más provechoso que la actividad no estructurada en grupo.

El método de grupos cooperativos, ha demostrado, que las soluciones obtenidas en grupo, son mejores que las soluciones individuales, aún del mejor estudiante; que la capacidad para resolver problemas aumenta para todos los estudiantes; que las capacidades de resolución de problemas de los estudiantes son perceptiblemente mejores que las desarrolladas en la instrucción convencional; que se mejoran las habilidades de resolución de problemas en el análisis cualitativo y en la comprensión conceptual del problema. Esto se manifiesta cuando en los exámenes individuales, las soluciones a los problemas son del mismo tipo de problemas ricos en contexto que los estudiantes aprendieron a resolver en grupo [8].

B. Enseñanza en el laboratorio

En los laboratorios, Socratic Dialog-Inducing (SDI) [11] se diseñaron estrategias para provocar que los estudiantes se impliquen pensando y realizando experimentos básicos de mecánica; *como mover objetos bajo varias condiciones, hacer rotar objetos como un cubo de agua sobre sus cabezas*, se les solicita que observen y después mediante una serie de preguntas, expliquen sus análisis. Las preguntas se diseñan para extraer los conceptos alternativos, ya conocidos de los estudiantes y para provocar la discusión entre los miembros del grupo. El instructor evita contestar las preguntas, las preguntas las hace de manera Socrática. Mediante FCI, se ha comprobado que SDI promueve que el estudiante cruce hacia el mundo Newtoniano. Una variante del trabajo docente en el laboratorio de física son los Laboratorios basados en computadoras de escritorio (Thornton y Sokoloff) [12], donde la adquisición de datos permiten que los estudiantes se centren más en la física, que en los mecanismos de la colección de datos, y la obtención de gráficas en tiempo real, permite que los estudiantes asocien la gráfica con el comportamiento del objeto. Sokoloff, muestra que hay una ganancia importante (50%) con el uso de laboratorio-interactivo de física apoyado con la conferencia-interactiva, comparado con los resultados de la enseñanza tradicional (20%).

C. Instrucción por pares (Peer)

El objetivo que Mazur considera básico de su método es lograr que los estudiantes piensen en clase, la interacción de los estudiantes y enfocar su atención en los conceptos subyacentes. A los estudiantes se les da tiempo para formular individualmente una respuesta, y luego se les pide que la discutan con sus vecinos. Este proceso *a)* empuja a los estudiantes a pensar críticamente los temas desarrollados en clase y *b)* les proporciona (incluyendo al profesor) un medio para evaluar su comprensión del concepto. Cuando el resultado es satisfactorio, la clase continúa al siguiente tema [13, 14].

Después de exponer el tema en una mini-conferencia, que incluye demostraciones, etc., y que adolece de definiciones y derivaciones, (7–10 min), por medio de una prueba conceptual simple, se explora si los estudiantes entendieron el concepto (opción múltiple) que analiza durante un minuto, en consecuencia se les solicita, levantando la mano, votar su opción, luego se les invita a que en un minuto establezcan una discusión con sus vecinos defendiendo su respuesta, nuevamente vuelven a votar, lo que muestra un aumento significativo de respuestas correctas, si el porcentaje de respuestas no rebasa un mínimo 50% - 80%, se regresa a rediscutir el tema, si fue suficiente durante un par de minutos se explica la respuesta correcta y se continúa con el siguiente tema.

Lo más importante en el diseño de reactivos es que; a) sean preguntas conceptuales basadas en los puntos clave que se quiere identificar “qué aprendieron” los alumnos, b) su solución no debe basarse directamente en ecuaciones, c) que las opciones no sean ambiguas, d) ni muy fáciles ni muy difíciles, porque afectan directamente a la retroalimentación de la información para el instructor. Si más de un concepto está involucrado en la pregunta, será más difícil interpretar los resultados de la pregunta y valorar la comprensión de los estudiantes. Las respuestas erróneas deben reflejar los preconceptos más comunes de los estudiantes.

Mazur, reporta ganancias de aprendizaje conceptual en 11 instituciones de educación superior en 30 cursos de física introductoria que ejercitaron la instrucción de pares, (medido por medio la FCI), los que en promedio se lograron ganancias normalizadas de $0,39 \pm 0,09$.

Sin embargo, sabemos que las acciones entre individuos, hay variables que no se pueden controlar. De observaciones de la práctica docente apoyadas con instrucción de pares, los pasos del método, el control y los reactivos difieren notablemente. En un estudio de cursos universitarios de física, desarrollados por diferentes instructores, (Universidad de Maryland) se encontró que el promedio de las ganancias de aprendizaje normalizado van 0,39 a 0,57 [15].

En los métodos interactivos descritos arriba, en promedio citan una reducción del 15-20% en el material cubierto, aunque todos consideran que tal reducción es más que compensada por el creciente aprendizaje del estudiante.

III ESTRATEGIA ACADÉMICA PARA LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA EN LA FCFM-BUAP

Los resultados aquí expuestos, se derivan de una estrategia académica basada en la didáctica de un experto en el área de la investigación básica de la física, que imparte la teoría relacionada a la mecánica Newtoniana y cuatro profesores que clasificamos como tradicionales que se encargaron en “enseñar a resolver problemas”. El desarrollo del curso se compuso de conferencias magistrales a todos los alumnos y cursos grupales sobre la resolución de problemas.

Para ésta investigación, se diseñó como procedimiento para identificar la efectividad de la estrategia académica, la comparación entre las respuestas a la prueba FCI, de los alumnos que acreditaron el curso y aquellos que reprobaron.

Para analizar y clasificar los datos capturados para éste trabajo, se retoma la categorización antes definida. Considerando que los resultados promedio de FCI, aplicado a los alumnos aprobados (36%) y no aprobados (35%), se considera que como grupo, los alumnos no llegaron a ser introducidos al pensamiento Newtoniano, los casos *falsos negativos* no se pueden identificar. No así, los *falsos positivos*; los alumnos no-newtonianos que escogieron la respuesta correcta. Se puede observar en las graficas expuestas en las figuras 1 y 2, los porcentajes a cada una de las, 30 opciones correctas y los porcentajes de las respuestas validadas de los alumnos aprobados y no aprobados. El que básicamente en promedio los valores fueran iguales para los alumnos que acreditaron y aquellos que reprobaron, indica la falta de conceptualización y la variable que hizo la diferencia en los alumnos acreditados y no acreditados, fue la resolución de problemas sin contexto. De las explicaciones a cada pregunta, se encuentra que los denominados *falsos positivos*, fue del 23% y 22% respectivamente y los que muestran por sus explicaciones newtonianas (*verdaderos positivos*) son el 12% y 14% respectivamente. Estos porcentajes nos muestran que en general la interpretación de la ganancia $\langle g \rangle$ se deberá considerar en otro contexto. Es probable que de ver obtenido la ganancia del curso, hubiera indicado un “buen resultado” y no la poca eficiencia (12%).

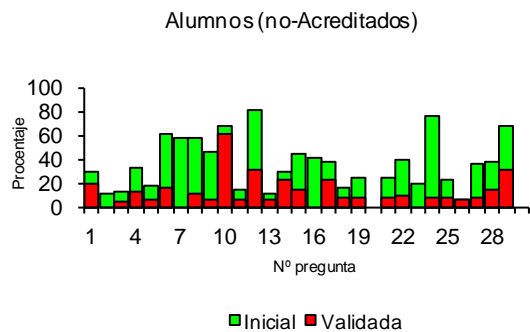


FIGURA 1. cambios en los porcentajes de las respuestas correctas o Newtonianas de los alumnos no-Newtonianos, que no acreditaron, al ser validadas las explicaciones.

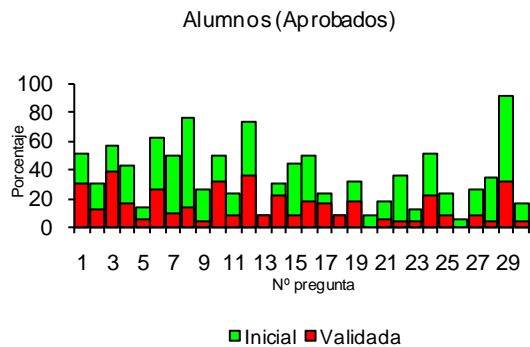


FIGURA 2. cambios en los porcentajes de las respuestas correctas o Newtonianas de los alumnos no-Newtonianos, que aprobaron, al validar sus explicaciones.

Comparando los porcentajes en las respuestas correctas, los resultados nos hacen pensar que los estudiantes en lugar de mostrar una mayor comprensión de la mecánica, se reducen la comprensión de por ejemplo: Gravedad: (G2 la gravedad es intrínseca a la masa y G4 la gravedad aumenta con la caída de los objetos); Ímpetu, (I5 ímpetu circular y I2 pérdida/recuperación del ímpetu original); Fuerza Activa (AF5 aceleración implica incremento de fuerza).

IV ANÁLISIS Y EJEMPLOS DE LAS EXPLICACIONES NO-NEWTONIANAS DE LOS ALUMNOS A LA PREGUNTA # 15 DE FCI

Se puede observar, la gran confusión con la que los estudiantes quedaron al final del curso; no son capaces de diferenciar entre la segunda y tercera ley de Newton; del 44% de alumnos que acreditaron e indicaron la opción correcta, (A.- *la intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es igual a la de la fuerza que el camión aplica sobre el auto*) quedó sólo el 9%; de manera similar, los alumnos que no acreditaron, del 45% se redujo al 15% con las mismas ideas.

Un camión grande se avería en la carretera y un pequeño automóvil lo empuja de regreso a la ciudad tal como se muestra en la figura adjunta



Mientras el automóvil que empuja al camión acelera para alcanzar la velocidad de marcha:

A.- la intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es igual a la de la fuerza que el camión aplica sobre el auto.

B.- la intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es menor que la de la fuerza que el camión aplica sobre el auto.

C.- la intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es mayor que la de la fuerza que el camión aplica sobre el auto.

D.- dado que el motor del automóvil está en marcha, éste puede empujar al camión, pero el motor del camión no está funcionando, de modo que el camión no puede empujar al auto. El camión es empujado hacia adelante simplemente porque está en el camino del automóvil.

E.- ni el camión ni el automóvil ejercen fuerza alguna sobre el otro. El camión es empujado hacia adelante simplemente porque está en el camino del automóvil.

El 44% de los alumnos que acreditaron y que respondieron “correctamente”, escribieron explicaciones que muestran diferencias significativas entre la explicación promedio. Se encuentra que las explicaciones o interpretaciones que validan las respuestas correctas se reducen al 9%, por no ser del todo exactas.

- Por la tercera ley de newton.
- Debido a la tercera ley de newton.

El resto de las explicaciones de quienes consideraron explicar correctamente, encontramos:

- *es la misma fuerza ya que existe una fuerza que efectúa el camión hacia el carro que es la misma del carro aunque cuando ya quiere que alcance la velocidad de marcha el carro debe de aplacar mayor fuerza hacia el camión.*
- *en un instante de tiempo es posible que la fuerza que ejerce el auto sobre el camión sea igual a la resistencia de este dado que ninguno de los dos se mueven.*

Pero aun hay explicaciones que verdaderamente salen de contexto, al considerar la segunda en lugar de la tercera ley de newton.

- Por la segunda ley de newton.
- Debido a la segunda ley de newton.
- Por la segunda ley de newton $F = -F$ sería (A).
- Porque el automóvil recibe la misma fuerza que ejerce sobre el camión como dice la segunda ley de newton.

Respecto a las explicaciones de los alumnos que no acreditaron, el promedio de respuestas seleccionadas, es muy similar (45%), de los cuales se redujeron al 15% al considerar la explicación:

- Debido a la tercera ley de newton.
- Esto se da por la tercera ley de newton.
- a, de acuerdo a la tercera ley de newton.

Esto se interpreta como que el concepto que clásicamente se enseña; es decir los profesores, enseñan a hacer creer a los estudiantes que las leyes aseguran el comportamiento de la naturaleza.

- Por la ley de newton.
- Por las leyes de newton.
- Por la segunda ley de newton.

Esto se comprueba al observar que las leyes conceptualmente no se han entendido, aun después del curso.

- Porque el automóvil recibe la misma fuerza que ejerce sobre el camión, como dice la segunda ley de newton.
- *Es la misma fuerza ya que existe una fuerza que efectúa el camión hacia el carro que es la misma del carro aunque cuando ya quiere que alcance la velocidad de marcha el carro debe de aplacar mayor fuerza hacia el camión.*

Aunque la explicación parece correcta, cuando trata de aplicarla, se manifiesta su poco dominio.

Dentro de las opciones más seleccionadas por los estudiantes acreditados, esta la opción 15C (*la intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es mayor que la de la fuerza que el camión aplica sobre el auto*) que según la clasificación de Hestenes, corresponde a una fuerza impulsiva. El 48% fue el porcentaje que a primera vista, refleja la idea de impulso aplicado para mover un objeto. Sin embargo aproximadamente la mitad escriben explicaciones como:

- Porque se requiere de mayor fuerza para alcanzar la velocidad.

- *Porque para moverlo tiene que tener una fuerza de intensidad mayor.*
- *Porque para mover el camión la fuerza deber ser mayor la que debe aplicar el auto que la masa del camión.*
- *Si por que como el camión pesa mas que el coche lo que debe de hacer el auto para vencer la fuerza del camión es multiplicar su peso por una aceleración para que las fuerza del auto sea mayor y así poder mover el camión.*

Se puede observar la confusión entre la aplicación de un impulso, con la igualdad de la fuerza en los cuerpos, independientemente de la forma en la que se aplique la fuerza.

En otros casos la explicación es compleja, reflejando un uso de conceptos mal aplicados.

- *Porque si fuera no se estaría moviendo.*
- *Por q el q va empujando es el carro y como empuja a otra masa mas grande q él su trabajo es mayor.*
- *El camión no va en movimiento así que solo actúa su peso.*
- *Ya q para q puedan avanzar se necesita q la fuerza del auto sea mayor aun sin q el camión esté en marcha peor si aplica una fuerza hacia el auto.*

Sin embargo se continúa con la idea del impulso.

En el caso de los alumnos no acreditados, el 45% optaron por la opción C, sus explicaciones no difieren de las escritas por los estudiantes acreditados.

- *Porque se mueven creo yo.*
- *Es tan solo un poco mas que la fuerza del auto para así poder mover el camión.*
- *Por q el camión esta en reposo y el automóvil tiene una fuerza que hace mover al camión.*

En éste caso se encuentran un mayor número de preconcepciones coloquiales y un mal uso de los conceptos “aprendidos”:

- *primera ley de newton.*
- *por la s leyes de newton ya que el camión ejerce una fuerza que la de su peso.*
- *la intensidad de fuerza del auto es mayor a la del camión debido que el camión no esta en marcha y solo de pende de la fuerza del auto.*
- *para empujar el automóvil al camión debe tener una fuerza mayor por que sino no seria posible que lo pudiera empujar.*
- *los dos se ejercen fuerzas entre si, pero la fuerza de empuje del automóvil es mas grande en ese momento que el camión se encuentra en reposo.*

Coletta y Phillips 2005 [16], reportan que independientemente de métodos interactivos y/o la eficacia de los instructores, una alta ganancia $\langle g \rangle$ del inventario de fuerzas FCI, se debe en gran parte al alto nivel cognitivo de los estudiantes, hecho que generalmente no es reconocido. Independientemente del estado inicial de los conocimientos del alumno, un alta $\langle g \rangle$, como una medida de aprendizaje en los cursos universitarios sólo es alcanzada por estudiantes con habilidad de razonamiento; alta puntuación inicial en cursos de Física en secundaria,

también puede ser un reflejo de un mayor aprendizaje logrado por los pensadores formales.

V. CONCLUSIONES

Ante los resultados, se muestra la débil consistencia de la didáctica tradicional, independientemente de las capacidades de los instructores, y en este caso de la estrategia. Al parecer los profesores que incidieron más en la acreditación del curso, fueron los profesores que enseñaron a resolver problemas, aunque respecto a la eficacia queda mucho que decir. Con respecto a los logros del curso teórico (magistral) se encontró que los alumnos menos del 13% en promedio, lograron desarrollar un pensamiento newtoniano y en general todos los alumnos muestran una gran incoherencia; para aplicar los conceptos en otros contextos (contextual); para integrar y diferenciar entre ellos (marco conceptual) etc. Ente éstos hechos, si se quiere deducir la deserción y preparar en lo básico a los estudiantes, en el área de la mecánica newtoniana, se recomienda considerar en alguna medida las estrategias basadas en la enseñanza activa descritas en forma resumida en el presente documento, y no perder de vista en su diseño, las capacidades cognitivas de los alumnos.

REFERENCIAS

- [1] Halloun, I. and Hestenes D., *The initial knowledge state of college physics students*, Am. J. Phys. **53**, 1043-1048 (1985).
- [2] Hestenes D., Wells M., and Swackhamer G., *Force Concept Inventory*, The Physics Teacher **30**, 141-158 (1992).
- [3] Arons, A. B., *A Guide to Introductory Physics Teaching*, (John Wiley & Sons, USA, 1990).
- [4] Halloun I., and Hestenes D., *A Taxonomy of Common Sense Concepts About Motion*, American Journal of Physics **53**, 11 (1985).
- [5] Huffman D. and Heller P., *What Does the Force Concept Inventory Actually Measure?*, The Physics Teacher **33**, 138-143 (1995).
- [6] Hestenes D. and Halloun I., *Interpreting the Force Concept Inventory, A response to Huffman and Heller*, The Physics Teacher **33**, 504-506 (1995).
- [7] Hake, R. R., *Evaluating Conceptual Gains in Mechanics: A six-thousand-student survey of test data*, AIP Conference Proceeding No. 399, The Changing Role of Physics Departments in Modern Universities: Proceedings of the ICPE, edited by E. F. Redish and J. S. Rigden, (AIP, Woodbury, 1997) pp. 595-603.
- [8] Knight, D., *Five easy lessons. Strategies for successful physics teaching*, California Polytechnic State University-San Luis Obispo, (Addison-Wesley, USA, 2004).
- [9] Bransford, J.; Brown, A. and Cocking, R., *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*. National Research Council, (National Academy Press, Washington, D.C., 2000).

Adrián Corona

[10] Heller P., Keith R., Anderson S., *Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 1 & 2*, Am. J. Phys. **60**, 627 (1992).

[11] Hake, R., *Socratic pedagogy in the introductory physics laboratory*, The Physics Teacher **30**, 546-552 (1992).

[12] Thornton, R. K., and Sokoloff, D. R., *Learning Motion Concepts Using Real-Time Microcomputer-Based Laboratory Tools*, American Journal of Physics **58**, 858-867 (1990).

[13] Mazur E., *Comprensión o memorización: ¿Estamos enseñando lo correcto?*, Memorias del LVII Taller

Internacional Nuevas Tendencias en la Enseñanza de la Física, Puebla, México, 8-23, (2009).

[14] Crouch H. and Mazur E., *Peer Instruction: Ten years of experience and results*, Am. J. Phys. **69**, 9 (2001).

[15] Turpen Ch. and Finkelstein D., *Not all interactive engagement is the same: Variations in physics professors' implementation of Peer Instruction*, Physical Review Special Topics - Physics Education Research **5**, (2009).

[16] Coletta P. and Phillips A., *Interpreting FCI scores: Normalized gain, preinstruction scores, and scientific reasoning ability*, Am. J. Phys. **73**, 1172-1182 (2005).