

Experiencia de aula: la notación vectorial en el curso de física mecánica*

Pilar Cristina Barrera Silva** - picriba@hotmail.com

Recibido el 14 de abril de 2009 - Aceptado el 20 de abril de 2009

* Este artículo forma parte de la línea de investigación en Didáctica de la Física sobre el desarrollo de las competencias profesionales de estudiantes de Ingeniería.

** Magister en Educación, Física, Licenciada en Artes Plásticas. Investigadora en Didáctica de la Física. Docente de Cátedra: Titular de la Universidad Militar Nueva Granada y Docente de Cátedra de la Pontificia Universidad Javeriana. picriba@hotmail.com

Resumen

La física mecánica aplica notación vectorial para determinar algunas cantidades como el desplazamiento, la cantidad de movimiento, la fuerza, entre otros. El objetivo de esta experiencia es indagar sobre los conceptos previos de los estudiantes, en cuanto al álgebra vectorial al inicio del primer curso de física y cómo se modifican en el transcurso del semestre al aplicarlos en algunas situaciones en contexto, como en el movimiento parabólico y las leyes de Newton.

Este análisis permite conocer el desarrollo de las competencias profesionales en el contexto de la física mecánica. Un estudio cuidadoso del álgebra vectorial permite al estudiante de ingeniería que cursa esta asignatura, comprender los términos teóricos que se definen a partir de una magnitud y una dirección.

Palabras clave

Física, vectores, escalares, sistemas de coordenadas, movimiento de proyectiles, dinámica, competencias profesionales, estudiantes.

Abstract

Mechanical physics, applies vectorial notation to determine some amounts, like displacement, the quantity of movement, the strength, among others. The main objective of this experience is to wonder about the previous concepts of the students at the moment they come in the University, about vectorial algebra in their first physics course, and how they modify in the course of the period of six months, in applying them on some situations, in contexts like parabolic movement and Newton's Laws.

This analysis allows us to know how professional competitiveness develops in the context of mechanic physics. A careful study of vectorial algebra allows the engineering's student in the course of mechanic physics, to know the theoretical terms defined from a magnitude and a direction.

Key words

Physics, vectors, scalars, coordinate systems, projectile movement, dynamics, professional competitiveness, and students.

Introducción

Al ingresar a la universidad, los estudiantes traen una gran cantidad de conocimientos como resultado de sus vivencias particulares y de su instrucción previa. Para el docente de las diferentes asignaturas de primer semestre, debe ser prioritario indagar acerca de este conocimiento ya que debe ser consciente de que sus discípulos no son mentes en blanco. Si se pretende que el alumno modifique la forma de interpretar el entorno es necesario conocer de manera explícita las explicaciones o interpretaciones que él tiene de la realidad que tiene a su alcance.

En esta investigación, se explora acerca de la instrucción previa en el tema de vectores, su definición, su notación, algunas propiedades de los mismos y la forma como se suman de manera gráfica y analítica. Luego se hace un seguimiento detallado sobre la forma cómo evolucionan estos conceptos en los estudiantes, prestando especial interés en la forma como los jóvenes interpretan información, representan datos y argumentan con el fin de explicar situaciones problema.

Desarrollo

Los estudiantes de ingeniería aprenden en su primer curso de física, conceptos básicos de mecánica de sólidos pudiéndose destacar la cinemática. Es decir, descripción de movimientos de partículas¹ como el movimiento parabólico y el movimiento circular. También se estudia la dinámica relacionada con fuerzas o interacciones entre partículas, esto concierne a explicaciones de movimientos, se aprenden las leyes de Newton y aplicaciones de las mismas².

Para acceder a este conocimiento es necesario, según Barrera (2008), conocer, comprender, interpretar, representar y argumentar de manera coherente para estar en capacidad de utilizar un lenguaje apropiado como el álgebra vectorial.

En concordancia con lo anterior, términos como desplazamiento, velocidad instantánea, aceleración media y fuerza, son cantidades vectoriales, esto significa que para precisar cualquiera de éstos se debe conocer su magnitud o número de unidades, y la dirección es decir el ángulo que forma el vector con un eje de un sistema de coordenadas previamente elegido.

Es de resaltar que la notación vectorial se aplica en este contexto, en el plano XY. Estudios de notación vectorial en tres dimensiones se analizan en cursos posteriores como dinámica y estática.

¹ Se consideran los objetos como partículas puntuales.

² Se estudian otros temas dentro de la asignatura como: cinemática unidimensional, trabajo y energía, colisiones. Dependiendo de la Institución se incluyen oscilaciones y/o dinámica de rotación. En la presente experiencia nos centramos solamente en álgebra vectorial, cinemática en dos dimensiones y dinámica.

En la educación media, los estudiantes aprenden conceptos básicos sobre vectores, y también de los temas de física mencionados. Sin embargo, los docentes en la universidad notamos al desarrollar los diferentes cursos de física que ellos presentan grandes dificultades en el manejo de la notación vectorial y su aplicación a la física.

Diseño de la investigación

La investigación se desarrolló con alumnos de Ingeniería en el primer y segundo semestre de 2007 y primer y segundo semestre de 2008. El número de estudiantes que participaron en el proceso fue de 200, de los cuales 140, de género masculino (70%); el resto, género femenino (30%); la edad promedio de los participantes 17 años.

En primera instancia, se aplicó una prueba diagnóstica para indagar acerca de la instrucción previa de los jóvenes. Luego en el desarrollo del primer capítulo los estudiantes leyeron por cuenta propia sobre los conceptos básicos de vectores y en clase se realizó una puesta en común de esta temática. Se plantearon ejercicios tanto resueltos en clase, así como otros que debían resolver por su cuenta, además se les solicitó el diseño de ejercicios por parte de los participantes para resolver aplicando notación vectorial.

Con el fin de indagar acerca de cómo accedían los educandos al dominio de la notación vectorial a lo largo de los semestres se realizaron tres pruebas adicionales, para retroalimentar la información arrojada por el análisis de resultados. Estas pruebas formaron parte del proceso de evaluación necesario para aprobar los cursos, cada una contenía otros temas propios del momento del semestre. El criterio de

evaluación en todos los casos fue de acuerdo al procedimiento propuesto por cada individuo participante del proceso.

A continuación se muestra:

- Prueba diagnóstica: común a todos los grupos.

Modelo de evaluaciones posteriores:

- Prueba 1 al terminar capítulo de vectores, escalares, la relación de la física con otras ciencias, unidades y análisis dimensional.
- Prueba 2 al terminar cinemática en dos dimensiones.
- Prueba 3 al terminar dinámica.

Prueba diagnóstica

- ¿Cómo se define un vector?
- ¿Cómo se define un escalar?
- Mencione algunas cantidades vectoriales.
- Mencione algunas cantidades escalares.
- Para el vector \vec{A} indicado en la figura 1 exprese las componentes rectangulares A_x y A_y de este vector, su magnitud A (número de unidades) y su dirección (ángulo con el eje X positivo).
- Exprese el vector \vec{A} en términos de los vectores unitarios \hat{i} , \hat{j} .
- Al multiplicar un escalar m por un vector \vec{A} ¿Qué se obtiene? Razone su respuesta.

- ¿De qué manera es posible sumar vectores?
- Se tienen tres vectores en el plano XY de 3 unidades, 5 unidades y 7 unidades respectivamente, el primero y el segundo forman un ángulo de 40° , mientras que el segundo y el tercero forman un ángulo de 80° . Determine la resultante $\vec{R} = \vec{A} + \vec{B} + \vec{C}$ de manera: (a) gráfica, (b) analítica.

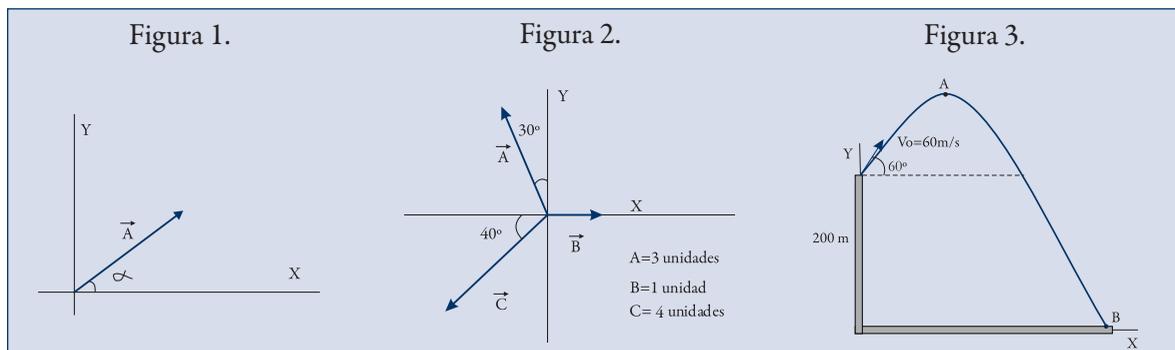
Prueba 1

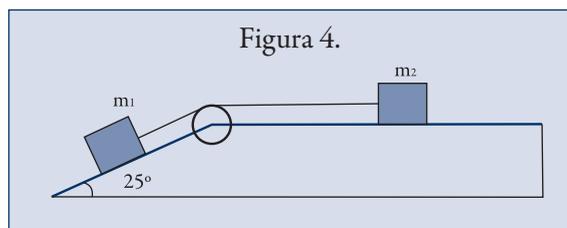
Para los vectores indicados en la figura 2 halle: $\vec{R} = \vec{B} - 2\vec{A} + \vec{C}$. De manera: (a) gráfica (b) analítica.

Prueba 2

Se dispara un proyectil al aire desde la cima de una montaña a 200 m por encima de un valle, como se indica en la figura 3. La rapidez inicial del proyectil es 60 m/s a 60° con respecto a la horizontal. Despreciando la resistencia del aire, determine:

- la magnitud de la velocidad instantánea del proyectil en el punto A que corresponde a la máxima altura alcanzada por el proyectil.
- la magnitud de la velocidad instantánea del proyectil en el punto B justo antes de tocar el piso.
- Determine el vector velocidad media del proyectil entre A y B, la magnitud y la dirección de este vector.





- (d) Dibuje en el gráfico de trayectoria indicado los vectores anteriores de manera aproximada.

Prueba 3

El bloque m_1 de la figura 4 tiene una masa de 4 kg y el bloque m_2 tiene una masa de 2 kg. El coeficiente de fricción cinética entre m_2 y el plano horizontal es 0.4. Considere la polea ideal. El plano inclinado es muy liso. (a) Dibuje los diagramas de cuerpo libre para m_1 y m_2 , (b) plantee las ecuaciones de movimiento para cada masa, (c) determine la aceleración del sistema y la tensión en la cuerda, y (d) halle la fuerza resultante sobre cada masa.

Discusión de resultados

Prueba diagnóstica

Es de resaltar que en esta prueba se indaga sobre la instrucción previa de los estudiantes, ya que es difícil definir de manera espontánea una cantidad de carácter vectorial. Al analizar resultados de la prueba diagnóstica, se estableció:

Para la primera y segunda pregunta, el 75% muestra dificultad para definir vectores y escalares. Al parecer, los estudiantes piensan que los dos conceptos son iguales. El resto (25%) define los vectores y escalares a partir de ejemplos, se encuentran afirmaciones como: "un vector es la presión" o "un vector es la distancia recorrida por un objeto".

En las preguntas tercera y cuarta, el 80% plantea los ejemplos de cantidades vectoriales y escalares de manera incorrecta; mostraron un total desconocimiento de los conceptos de escalar y vector. En muchos casos afirmaron que el tiempo es un vector y luego lo mencionan como ejemplo de cantidad escalar.

En la pregunta quinta, en lo referente a plantear componentes rectangulares del vector \vec{A} , el 90% no recuerda como se expresan estos términos, además se nota que sus conocimientos de trigonometría son mínimos; casi en su totalidad preguntaron por funciones trigonométricas que se aplican a triángulos rectángulos. Se obtuvo un resultado similar en la magnitud del vector en donde se debía aplicar el teorema de Pitágoras y para la dirección del vector ni siquiera contestaron la pregunta.

En las preguntas sexta y séptima, el 98% no conocía la notación vectorial en términos de los vectores unitarios direccionales \hat{i} , \hat{j} . Al contestar sobre el producto de vector por escalar el 100% manifestó no tener idea sobre la respuesta a esta pregunta.

En la octava pregunta, el 80% no recordó que los vectores se suman de manera gráfica y de manera analítica. El 20% restante mencionó las dos formas de sumar vectores pero no planteó los métodos que se aplican en cada una. Esto muestra que aún no han desarrollado su competencia para interpretar y argumentar.

Finalmente, en la novena pregunta, el 98% sumó de manera incorrecta los vectores tanto de manera gráfica como analítica. En la suma gráfica casi todos intentan aplicar la propiedad asociativa, pero lo hicieron de manera errónea. En la suma analítica la situación no mejoró, además se presentó gran dificultad en el manejo de la calculadora.

Aunque esta prueba se evaluó con el mismo criterio de las que se aplicaron en el transcurso del semestre, sus resultados no fueron tenidos en cuenta para la calificación final de cada uno de los participantes.

Prueba 1

Se aplicó luego de estudiar en detalle los conceptos en clase. Se resolvieron ejercicios, también se les solicitó la solución de talleres sobre el álgebra vectorial antes de aplicar esta prueba.

Para la suma gráfica de vectores, el 80% determinó de manera correcta la resultante. Sin embargo en muchos casos no dibujaron los vectores como segmentos orientados, más bien aparece el paralelogramo o el polígono pero no los vectores como tal.

En relación con la suma analítica surgieron muchas dificultades de notación, el 65% mezcla la notación vectorial con la notación escalar. En el momento de entregar los resultados a los estudiantes, se les comentó acerca de estos detalles y se entregaron ejercicios de repaso para motivarlos a repasar y así llegar a plantear un correcto manejo del lenguaje.

En el enunciado (figura 2), al ubicar el ángulo del vector \vec{A} con respecto al eje Y, el 65% determinó de manera incorrecta las componentes rectangulares, ya que los jóvenes memorizan resultados que utilizan de manera mecánica, y no tienen interés de valerse de las definiciones de las funciones trigonométricas seno y coseno.

El 70% no utilizó la notación en términos de los vectores unitarios \hat{i} , \hat{j} . En este caso aplicaron su instrucción previa determinando por separado la componente horizontal de la resultante y la componente vertical de la

misma. En algunos casos, se muestran renuentes a la “nueva” notación. En este momento, se explicó sobre la importancia de manejar esta notación y, además, que al aplicarla es más fácil aprender luego los conceptos de la física.

En cuanto a diferenciar entre la notación del vector \vec{A} como tal y su magnitud A , el 50% aún utilizaba la misma notación para estas características de los vectores, esto les generaba confusión.

Prueba 2

En esta prueba, se aplicaron los conceptos de vectores en un contexto real: El movimiento de proyectiles. La característica de este movimiento es que se presenta en el plano XY. Además, se considera que la componente horizontal de posición no tiene aceleración³ y la componente vertical posición del movimiento tiene aceleración instantánea constante⁴. Previamente, en clase se realizó un estudio detallado de este movimiento, se plantearon ejercicios y también se sugirieron ejercicios para resolver por parte de los estudiantes.

En el análisis de esta evaluación se encontraron los siguientes resultados:

El 70% no definió un sistema de coordenadas. Esto generó luego graves dificultades en el momento de resolver el ejercicio.

El 85% resolvió los numerales (a) y (b) de manera escalar, teniendo en cuenta la componente vertical de la velocidad instantánea. Es así como el 90% afirmó que la rapidez en el punto A del proyectil es igual a cero,

³ En dirección horizontal el movimiento del proyectil es con velocidad instantánea constante.

⁴ El vector aceleración instantánea en dirección vertical es la aceleración gravitacional: $\vec{a} = -9.8 \text{ m/s}^2 \hat{j}$

desconociendo la componente horizontal de la velocidad instantánea, no hay ninguna reflexión sobre esta respuesta, ya que si esto fuera correcto la trayectoria del proyectil sería en línea recta⁵ y no parabólica. También el mismo porcentaje sólo determinó la componente vertical de la velocidad instantánea en el punto B; en esta circunstancia la magnitud de la velocidad instantánea se debía determinar a partir del teorema de Pitágoras teniendo en cuenta la componente horizontal constante de este vector.

Es de anotar que el lanzamiento vertical se había estudiado con detalle en el capítulo de cinemática unidimensional, en donde las ecuaciones cinemáticas de: componente vertical de posición, componente de velocidad instantánea en dirección vertical y componente de aceleración instantánea en dirección vertical se trataron de manera vectorial.

Para la pregunta del vector velocidad media $\vec{V}_m = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$ la situación no mejoró, además de las dificultades de carácter vectorial se presentaron dificultades conceptuales de cinemática, ya que prácticamente el 80% afirmó que el vector velocidad media depende del cambio del vector velocidad instantánea y no del cambio de posición. Los estudiantes aparentemente no notaron que la variación del vector velocidad instantánea sobre la variación de tiempo define el vector aceleración media $\vec{a}_m = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ y no el vector velocidad media.

Finalmente cuando los estudiantes graficaron los vectores, la respuestas mostraron un

⁵ Esto significa un lanzamiento en caída libre con velocidad instantánea inicial únicamente con componente vertical.

desconocimiento del marco conceptual; el vector velocidad instantánea es tangente a la trayectoria y el vector velocidad media coincide en dirección con el vector desplazamiento, el 85% no tiene en cuenta el marco teórico para dibujar los vectores. En cuanto al vector velocidad media, olvidaron aplicar el concepto de escalar ($1/\Delta t$) por el vector desplazamiento $\Delta \vec{r}$ lo que daría otro vector velocidad media \vec{V}_m que coincide en dirección con el vector desplazamiento.

En esta prueba se notó progreso en el manejo de calculadora tanto para realizar cálculos así como al determinar funciones trigonométricas.

Si los jóvenes realizaran una reflexión de cómo se construyen los conceptos seguramente notarían que aprender física es mucho más que solo memorizar. Al socializar el resultado de esta prueba en el aula, se hizo énfasis en las dificultades detectadas también en los aciertos y se entregaron ejercicios de refuerzo y retroalimentación.

Prueba 3

Esta prueba se aplicó en el marco de la segunda Ley de Newton, para sistemas acelerados. La dinámica se relaciona con explicaciones de movimientos. También se había estudiado en detalle lo relacionado con las leyes de Newton en clase, con sus respectivos ejercicios. Las fuerzas se consideran como interacciones entre partículas y se definen como cantidades de carácter vectorial.

Para la primera pregunta encontramos en un 70% ausencia de notación vectorial en las fuerzas dibujadas por los estudiantes para cada masa, aunque en clase se hizo mucho énfasis en esta notación desde el inicio del semestre. Es

interesante comentar que en la fuerza debida al peso $\vec{w} = m\vec{g}$ del objeto, varios jóvenes la dibujaron en la misma dirección de la fuerza normal⁶ en el plano inclinado para la masa uno (m_1); lo cual es incorrecto.

El 60% no dibujó un sistema de coordenadas para plantear las ecuaciones escalares de movimiento de acuerdo a la segunda Ley de Newton.

En el enunciado, se indicaba que una de las masas se movía sobre una superficie lisa. Sin embargo, los estudiantes en un 45% asumieron que se presentaba rozamiento en las dos superficies lo que indicaba falta de una lectura comprensiva y ausencia de interpretación del texto.

Para las ecuaciones de movimiento para cada masa se encontró que el 80% planteó los términos correctos. No obstante, omitieron la notación vectorial de cada fuerza.

Cuando plantearon las ecuaciones escalares para cada masa se halló que el 50% tomó de manera incorrecta la dirección del movimiento de las masas ya que según las expresiones mostradas mientras m_2 se movía hacia la izquierda sobre el plano horizontal, m_1 ascendía por el plano inclinado lo cual era imposible. Aquí encontramos aún problemas para expresar las componentes rectangulares del peso, todavía en varios casos aparecen invertidas.

Para la fuerza resultante en cada masa, el 90% no contestó la pregunta, lo que muestra falta de comprensión e interpretación del marco teórico ya que a partir de la segunda Ley de Newton es posible determinar de manera

inmediata estos resultados. En clase, se habían resuelto ejercicios de este estilo.

La calculadora en este momento del semestre se utiliza sin dificultad por la mayoría de los estudiantes.

Conclusión

Según los resultados arrojados por las diferentes pruebas se concluye:

La instrucción previa en vectores y en trigonometría que traen los estudiantes al ingresar a la universidad es mínima, aunque por lo menos han tomado dos cursos de física y han recibido instrucción en trigonometría en los grados décimo y once.

El análisis de resultados de la prueba diagnóstica muestra un panorama desalentador, tanto para los estudiantes y los docentes de física y para el medio educativo. Esto indica que en nuestro país aún tenemos mucho por mejorar en términos de enseñanza-aprendizaje, ya que los estudiantes participantes provienen en un 95% de colegios privados y un 5% de colegios públicos. Los jóvenes no han tenido buenas técnicas de estudio, han realizado pocos ejercicios, la lectura que realizan muestra un grado de comprensión bajo, la educación por logros seguramente no se ha manejado con la debida dedicación lo que hace que lleguen a la universidad con serias deficiencias en su formación previa.

Con relación a la prueba 1, se nota la intervención docente, los aciertos aumentan y esto permite comenzar con bases el desarrollo del curso de física. Además se les entregó un último taller de consolidación del conocimiento.

Para la prueba 2, ya se supone conocida y entendida el algebra vectorial, aplicándola en

⁶ La fuerza normal es la que ejerce la superficie sobre la masa uno (m_1).

el contexto de la cinemática. Los resultados de esta prueba muestran que los conceptos son complicados para los estudiantes. Según los porcentajes obtenidos, algunas dificultades en el manejo de la notación vectorial aún se mantenían.

Para la prueba 3, aunque persisten problemas de notación y comprensión del álgebra vectorial, se nota el deseo de los estudiantes de manejar de manera correcta este lenguaje, se percibió que ellos eran más receptivos y más conscientes de cómo las leyes de Newton son complejas y que se pueden aprender con más facilidad si se utiliza la notación vectorial correcta.

En cuanto a la pregunta sobre la fuerza resultante sobre cada masa, el porcentaje de desaciertos resultó muy alto. En clase, se retroalimentó esta pregunta sumando de manera gráfica las fuerzas sobre cada masa y comparando este vector resultante con el producto de la masa por el vector aceleración⁷, esto permitió a los estudiantes lograr un buen grado de comprensión.

Es posible afirmar que una de las causas del fracaso por parte de algunos estudiantes en los cursos de física mecánica es no comprender el lenguaje vectorial, lo cual les genera frustración y deseos de cancelar la asignatura.

Al analizar los resultados de los cursos participantes, en la presente investigación, y

haciendo una comparación con los cursos que no fueron parte del proceso, se estableció que estos participantes estuvieron dentro del promedio superior, lo cual indicó que la estrategia aplicada resultó satisfactoria.

Teniendo en cuenta los resultados de las pruebas se puede afirmar que los estudiantes sí logran apropiarse del conocimiento después de realizar primero un análisis detallado del marco teórico y luego resolviendo ejercicios que les permita interiorizar los contenidos estudiados, siempre con la supervisión del docente, el cual es un guía en la travesía del aprendizaje.

Recomendaciones

Con el fin de mejorar los resultados académicos en las diferentes asignaturas de física se puede sugerir:

Realizar un acompañamiento a los estudiantes, en especial, aquellos que presentan dificultades de aprendizaje. Se debe hacer una retroalimentación de los resultados de las evaluaciones y hacer un énfasis en las dificultades descubiertas en las pruebas.

Diseñar talleres de mejoramiento de los conceptos estudiados. Se debe realizar el respectivo seguimiento lo que permite aclarar dudas. Estos talleres deben ser entregados en el momento de dar a conocer el resultado de la evaluación y revisados por parte del docente.

Aplicar pruebas cortas en las cuales se indague de nuevo sobre la posible mejora conceptual en los estudiantes sobre aquellas temáticas descubiertas en evaluaciones anteriores.

Al momento de entregar los resultados de la evaluación al grupo de estudiantes, socializar las dificultades comunes para explicar de nuevo

⁷ De acuerdo a la segunda Ley de Newton para una partícula acelerada la fuerza resultante \vec{F} sobre ésta es igual al producto de su masa por su aceleración \vec{a} : $\vec{F}_{resultante} = m\vec{a}$, la parte izquierda de esta ecuación se puede determinar de manera gráfica sumando a escala las fuerzas que actúan sobre la masa uno (m_1) o sobre la masa dos (m_2), la resultante debe coincidir con la parte derecha de la misma ecuación.

aquellos temas complicados y así procurar que los estudiantes sean conscientes de sus propios obstáculos y así mismo intenten superarlas.

Solicitar a cada estudiante una corrección de la prueba en donde sólo resuelven de nuevo aquellos ítems en los cuales tuvieron dificultades. Esto es muy valioso, ya que ellos mismos comentan sus propios problemas al momento de resolver el tema.

Como docentes, debemos llevar una estadística muy rigurosa sobre los resultados de las evaluaciones, ya que esta es una información valiosa que nos permite indagar acerca de cómo se está desarrollando el curso y, si es necesario, diseñar ajustes. También se sugiere elaborar tablas en las cuales se consignen respuestas comunes, tanto correctas como incorrectas, así se tiene un estimativo de cómo vamos en el desarrollo del curso.

Entrevistar a los estudiantes para conocer sus dificultades y escuchar sugerencias, ya que ellos también pueden aportar ideas para mejorar los resultados académicos.

Fomentar al trabajo cooperativo entre los estudiantes. Así pueden maximizar su aprendizaje, los diálogos académicos entre ellos en muchos casos les permite comprender un marco teórico que suele ser complejo. Esta estrategia se debe aplicar en clase bajo la continua supervisión del docente.

Invitar a los estudiantes a buscar información adicional en todas las fuentes que tengan a su alcance: biblioteca, texto guía, internet y revistas científicas.

En la medida de lo posible, solicitar a los estudiantes solución de talleres de manera individual, ya que se descubrió que los trabajos escritos entregados en grupo favorecen el manejo de información fragmentada por parte de los estudiantes, pues uno de ellos resuelve un punto, otro estudiante el siguiente y así sucesivamente, esto impide que cada uno de ellos tenga la información completa del taller.

Como docentes, seguir siempre en el diseño de estrategias que nos permitan mejorar resultados y lograr interesar a nuestros estudiantes en la búsqueda del conocimiento. Mantener un grado alto de exigencia en el desarrollo de los cursos tanto a nivel de educación media como a nivel universitario, pues los jóvenes que hoy son nuestros alumnos en un futuro cercano serán los profesionales que continuarán con el desarrollo de nuestro país.

Referencias

- Barrera, P (2008), *Revista Educación y Desarrollo Social*. Comprensión de problemas de texto. Estudio de caso: Electrostática.
- Callejas, M.M. *Et al.* (2008) Compiladora. *Desarrollo de Competencias en Ciencias e Ingenierías: Hacia una enseñanza problematizada*. Bogotá, Magisterio.
- Carretero, M; Almaraz, J. (1995) Razonamiento y Comprensión. Pablo Fernández Berrocal (Editores). Valladolid, Editorial Trotta, S.A.
- Sears, Z. y Young, F. (2004), *Física Universitaria*, 11 edición, México, Pearson Education.