

Dificultades en el aprendizaje de vectores, en los estudiantes que cursan materias del ciclo introductorio de la F.C.E.F. y N. de la U.N.C.

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

Edgardo A. Gutierrez¹, Javier Martín¹

¹Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales – Universidad Nacional de Córdoba

E-mail: egutierrez@com.uncor.edu

Resumen

El correcto uso de la representación vectorial resulta esencial en el proceso de aprendizaje de alumnos que intenten interpretar y modelizar distintos fenómenos físicos. En este trabajo pretendemos detectar las dificultades en el entendimiento de conceptos vectoriales y operaciones con vectores, que ofrecen los estudiantes que cursan el Ciclo Introductorio de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba (CINEU), en su paso previo al cursado de Física I y Física II (cualquier sea la carrera que estén iniciando). Para ello se los indaga a través de un cuestionario de opciones múltiples, consistente en preguntas referidas a vectores sin contexto físico. El análisis de las respuestas obtenidas indica que los estudiantes que cursan este Ciclo muestran, por un lado serias dificultades en el entendimiento de la resta de vectores y confunden dirección y sentido de un vector, y en contrapartida, dan señales de saber operar la suma de vectores concurrentes ortogonales.

Palabras clave: Física, Vectores, Dificultades de aprendizaje, Cuestionario.

Abstract

The correct use of the vector representation is essential in the learning process of students who try to interpret and modeling of different physical phenomena. In this paper, we identify the difficulties in understanding concepts of vector and vector operations, which offer students attending the Introductory Cycle of the Faculty of Exact, Physical and Natural Sciences of the National University of Cordoba (CINEU), on their way I completed prior to Physics I and Physics II (any is the race that are starting). For it is the inquires through a multiple choice quiz consisting of questions regarding vectors without physical context. The analysis of the response obtained indicates that students attending this Cycle show, first serious difficulties in understanding the remainder of vectors and confused and direction of a vector, and in return, show signs of knowing operate the sum vectors concurrent orthogonal.

Keywords: Physics, Vectors, Learning difficulties, Questionnaire.

I. INTRODUCCIÓN

La mayoría de los estudiantes, al comenzar los cursos de Física en el ciclo básico universitario, muestran una limitada capacidad para operar con vectores, lo cual dificulta notablemente el aprendizaje de los conceptos básicos de la mecánica newtoniana, impidiendo que puedan alcanzar cabalmente un aprendizaje significativo de la naturaleza vectorial de magnitudes físicas tales como: fuerza, velocidad y aceleración, entre otras (Costa y Di Domenicantonio, 2006). La limitación aludida, en definitiva se asocia a la dificultad que tienen los alumnos de entender el concepto en sí, como así también la manera de operar, la que puede abordarse desde un enfoque analítico y/o gráfico.

En el sistema educativo actual, la física y la geometría tienen pocos puntos de contacto. Distinta era la historia 60 años atrás, cuando la tecnología no nos ofrecía la potencia de cálculo que tenemos actualmente. En esa época, la mayoría de los problemas de la física aplicada y de la ingeniería, se resolvían en la práctica a través de construcciones geométricas, entre las cuales, el método del paralelogramo, el polígono funicular, el método de Cremona y el círculo de Mohr son solo algunos ejemplos de la amplia variedad de métodos gráficos que tomaban a la geometría como base para resolver problemas físicos vinculados a las ciencias naturales, en general. Actualmente, el aumento en la potencia de cálculo y la

baja en los costos de las calculadoras y los ordenadores, ha llevado a guardar en el arcón de los recuerdos los métodos gráficos, privilegiándose los métodos analíticos basados en ecuaciones o sistemas de ecuaciones algebraicas.

Estos métodos gráficos, donde debemos construir o reconstruir el problema físico y en los cuales los datos y los resultados son fácilmente asimilables por el sentido de la vista, favorecen la comprensión del problema, constituyéndose así en una herramienta poderosa para los contextos de enseñanza y aprendizaje de la ciencia en general y de la física en particular.

Según nuestra experiencia personal, la mayoría de los estudiantes no comienzan los cursos introductorios con el suficiente conocimiento de vectores, para entender luego de manera acabada los conceptos fundamentales de la mecánica Newtoniana.

Por otra parte, los docentes de los cursos introductorios de Física reconocen de manera mayoritariamente coincidente, que a los estudiantes se les torna dificultoso pensar en algunas cantidades físicas como cantidades vectoriales, y operar en consecuencia. En lugar de ver a las cantidades vectoriales como un objeto de conocimientos cimentado en un conjunto de ideas fundamentales, los estudiantes adquieren la impresión que estas cantidades forman una colección de ecuaciones de contexto específico (Redish, 1998) que deben ser memorizadas.

De más está mencionar, que resulta muy importante que los alumnos logren alcanzar una total comprensión de las propiedades básicas de los vectores, para que puedan entender correctamente el mecanismo implícito en las operaciones entre vectores. Para promover ese entendimiento conceptual de estas cantidades vectoriales, es necesario recurrir en primera instancia a una exploración de los problemas de orden cognitivo que muestran los estudiantes, para que una vez detectados los mismos, se puedan implementar las acciones y modificaciones adecuadas que correspondieran, en el proceso de instrucción propiamente dicho.

Según Flores, Kanim y Kautz (2004) “un entendimiento de la mecánica Newtoniana como un campo de conocimientos coherentes requiere un entendimiento de la suma de vectores (para encontrar la fuerza neta), resta de vectores (para encontrar una aceleración), y el reconocimiento que la segunda ley de Newton requiere estas dos cantidades independientemente determinables”.

Los trabajos de investigaciones que han indagado sobre el entendimiento de los estudiantes en los conceptos vectoriales, pueden ser categorizados en dos agrupamientos: un primer grupo, que comprende a los estudios que analizan el entendimiento de los conceptos vectoriales en problemas sin contexto físico, y otro, que abarca los estudios que analizan el entendimiento de conceptos vectoriales en problemas con contexto físico (Barniol y Zavala, 2014).

Dentro del primer grupo mencionado, se destacan las investigaciones realizadas por Knight (1995), Nguyen y Meltzer (2003) y Van Deventer (2008), ya que analizan el entendimiento de los estudiantes en varios conceptos puramente vectoriales, es decir desvinculados de alguna aplicación física.

Knight evalúa el entendimiento que tienen los estudiantes en la representación vectorial al entrar a una universidad de Estados Unidos utilizando un cuestionario con problemas abiertos, y encuentra que aproximadamente la mitad de los estudiantes no tiene un conocimiento útil en el tema y describe en su artículo algunos errores frecuentes que cometen los alumnos. Por ejemplo, el autor encuentra que un porcentaje significativo de estudiantes considera incorrectamente que el vector suma de dos vectores (que tienen sus inicios juntos) se dirige de la punta de un vector a la punta del otro vector.

Por otra parte, Nguyen y Meltzer evalúan el entendimiento que tienen estudiantes universitarios en la interpretación de las propiedades de dirección y magnitud de un vector, así como en la operación de suma de vectores, utilizando un test con problemas abiertos en el cual los vectores se presentan de manera gráfica. Estos investigadores establecen que los estudiantes que terminan su primer curso de Física en una universidad de Estados Unidos tienen serias dificultades en el manejo de estas propiedades y en esta operación, algunas de las cuales son descriptas en el trabajo. Por ejemplo, los investigadores señalan que un porcentaje importante de estudiantes tienen una confusión sobre el requisito de que dos vectores con la misma dirección deben ser paralelos.

Van Deventer realiza un estudio basado en entrevistas y en la implementación de un test con opciones múltiples, para analizar el entendimiento que tienen estudiantes universitarios que terminan su primer curso de Física en varios conceptos vectoriales. En las entrevistas, el investigador identifica varias dificultades conceptuales que tienen los estudiantes y en la implementación del cuestionario detecta que los estudiantes que se encuentran en el promedio tienen inconvenientes para contestar cinco de las doce preguntas del test.

Las dificultades que observan docentes y estudiantes en la enseñanza y aprendizaje de la Física podrían estar relacionadas, en primer lugar, con un desfase natural entre los requerimientos de desarrollo cognitivo y racional que tiene que presentar el estudiante para asimilar los contenidos y para seguir con el docente, la lógica de los fenómenos físicos (Fernández, 2009).

Algunas de las preguntas más recurrentes que los docentes se han hecho a lo largo del tiempo, intentando encontrar respuestas al porqué de las dificultades que muestran los estudiantes en el aprendizaje de vectores (S. Flores-García et al, 2007a), son:

- ¿Pueden los estudiantes sumar y restar vectores?
- ¿Pueden los estudiantes desarrollar un aprendizaje significativo de los vectores dentro de su propio contexto gráfico a través de una instrucción tradicional?
- ¿Es posible que los estudiantes entiendan las operaciones de suma y resta entre vectores modificando su instrucción en base a un énfasis gráfico?

Otras preguntas, que también inquietan a los docentes están referidas a la real comprensión que adquieren los estudiantes del manejo vectorial, en un contexto físico, tales como (S. Flores-García y otros, 2007b):

- ¿Pueden los estudiantes sumar y restar vectores en los contextos de velocidad y aceleración?
- ¿Pueden los estudiantes aplicar estos procedimientos para encontrar la aceleración de un objeto en diferentes contextos?
- ¿Reconocen los estudiantes que la Segunda Ley de Newton relaciona fuerzas y aceleración como cantidades vectoriales?

En este trabajo pretendemos detectar las dificultades que ofrecen los estudiantes que cursan el Ciclo Introductorio de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba, en su paso previo al cursado de Física I y Física II (cualquier sea la carrera que estén iniciando) en lo referido al entendimiento de conceptos vectoriales y operaciones con vectores, a través del planteo de preguntas y problemas sin contexto físico. Esta trabajo surge como resultado preliminar de una tarea de investigación más ambiciosa que hemos iniciado, en la cual nos proponemos analizar el grado de aprendizaje adquirido por los estudiantes en temas ligados a conceptos vectoriales y su manejo, desde el momento en que cursan el Ciclo Introductorio, hasta que finalizan el cursado de Física II, habiendo pasado previamente por Física I. Es decir, intentamos “medir” si los estudiantes logran superar con la instrucción recibida en los cursos de Física correspondientes al Ciclo Básico Universitario (cualquiera sea la carrera que siga), las dificultades que en general muestran en el entendimiento de vectores y sus operaciones, al ingresar a sus estudios universitarios.

II. METODOLOGÍA - DISEÑO EXPERIMENTAL

El estudio se desarrolló en ámbitos de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba (F.C.E.F. y N. – U.N.C.), institución que ofrece a la comunidad el dictado de las siguientes carreras de grado: Agrimensura, Ciencias Biológicas, Profesorado en Ciencias Biológicas, Ciencias Geológicas, Ingeniería Aeronáutica, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Biomédica, Ingeniería Civil, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Computación, Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Mecánica Electricista, Ingeniería Química, Constructor y Técnico Mecánico Electricista.

El CINEU es un ciclo académico que consta de cinco asignaturas (Ambientación Universitaria, Matemática, Física, Química y Biología) que son correlativas con las materias del primer año de cursado. En general cada carrera tiene en su plan de estudio tres asignaturas del CINEU, salvo Biología que tiene cuatro. En la Tabla I se detallan las materias del CINEU correspondientes a cada carrera que dicta la Facultad.

TABLA I. Materias del CINEU, según las carreras.

Ing. Química e Ing. Ambiental	Todas las Ingenierías (excepto Ing. Química y Ambiental), Técnico Mecánico Electricista y Constructor	Geología	Ciencias Biológicas, Profesorado en Ciencias Biológicas
Ambientación Universitaria	Ambientación Universitaria	Ambientación Universitaria	Ambientación Universitaria
Matemática	Matemática	Matemática	Matemática
Química	Física	Química	Química
			Biología

El Ciclo completo tiene una duración de cinco semanas, y generalmente tiene lugar durante los últimos días de enero y todo el mes de febrero, con un total de 112,5 horas las cuales resultan equivalentes a 75 módulos y ofrece dos modalidades de cursado: presencial y semi presencial.

TABLA II. Carga horaria de las asignaturas del CINEU para las carreras de ingeniería.

Asignatura	Módulos semanales	Total de Módulos	Total de Horas de Clase
Matemática	7	35	52,5
Física	5	25	37,5
Ambientación Universitaria	3	15	22,5
TOTAL	15	75	112,5

La asignatura Física es parte de los planes de estudio de las carreras de ingeniería, salvo Ingeniería Química y Ambiental, como se puede ver en la Tabla I, y tiene una extensión total de 25 módulos equivalentes a 37,5 horas, como muestra la Tabla II. En Geología, Ciencias Biológicas y Profesorado de Biología no se dicta Física en el ciclo introductorio.

Dentro de las acciones didácticas propuestas para la totalidad de las materias del Ciclo de Nivelación, se incluyen el dictado de clases teóricas y de clases prácticas de resolución de problemas, clases de consultas y pruebas de autoevaluación (tipo espejo)

Las clases teóricas se utilizan para complementar los contenidos conceptuales propuestos en el material de estudio escrito, y se desarrollan basadas en el diálogo y tratando de propiciar la participación de los alumnos.

Las clases prácticas se dedican a la explicación y resolución de problemas, y a la discusión de aquellos temas que el docente percibe como de difícil apropiación por parte de los alumnos.

Por su parte, las clases de consulta se llevan a cabo fuera del horario de clases establecido en el cronograma y les permiten a los alumnos evacuar todo tipo de dudas.

Una vez que un tema ha sido abordado por completo en las clases teóricas y prácticas, el docente a cargo de cada comisión fija un día para el cual el alumno debe presentarse con la prueba de autoevaluación resuelta (fuera del horario de clase) y en el espacio áulico el docente la resuelve en pizarra para que el alumno proceda a autoevaluarse.

En lo que respecta a los contenidos de Física y más específicamente aquellos relacionados con "vectores", el programa de la materia incluye en su Unidad 1 temas tales como magnitudes vectoriales, composición y descomposición de vectores a través de métodos gráficos y analíticos (componentes ortogonales); y en la Unidad 3: leyes de Newton, equilibrio de cuerpos, fuerza y peso, el plano inclinado y la fuerza de rozamiento.

Los planes de estudio, programas e incluso las guías de estudio en formato digital de cada una de las materias del CINEU están disponibles en el portal web de la facultad (<http://www.portal.efn.uncor.edu>), También desde el mismo portal se puede acceder a las aulas virtuales de las distintas asignaturas donde se puede acceder a ejercitación autónoma, material de lectura optativa, evaluaciones espejo de autoaprendizaje, foros de discusión, etc.

En este trabajo, nos propusimos conocer el grado de comprensión en temas referidos a la representación vectorial, que tienen aquellos alumnos, que luego de terminar sus estudios secundarios, acceden a la Universidad.

Se trabajó con una muestra aleatoria de 155 alumnos que comenzaban a cursar el CINEU, inscriptos en las distintas carreras que ofrece la Facultad, quienes accedieron a responder el cuestionario propuesto.

El Ciclo Introductorio tiene una duración de poco más de un mes, y los alumnos fueron encuestados en la última semana de clases, es decir cuando ya se estaba finalizando con el dictado de las materias, en los días previos al correspondiente examen final en cada una de ellas.

La metodología de investigación utilizada fue la cuantitativa, mediante el uso de un cuestionario de opciones múltiples, con preguntas cerradas sobre vectores, planteadas en un ámbito eminentemente matemático, es decir sin contexto físico.

III. EL CUESTIONARIO

Se decidió utilizar una versión reducida del "Test of Understanding of Vectors" en español, conocido bajo la sigla TUV- español, diseñado por Pablo Barniol y Genaro Zavala, integrantes de Grupo de Investigación e Innovación en la Enseñanza de la Física, del Departamento de Física del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (México).

Este instrumento fue diseñado a partir de información obtenida en una investigación previa (realizada por los autores), en la cual se trabajó con problemas abiertos en grandes poblaciones de estudiantes como lo recomiendan investigadores del área (Beichner, R. 1994). En esta etapa previa, el trabajo estuvo centrado en la detección de las concepciones alternativas de los estudiantes, las cuales fueron tenidas en

cuenta al momento de construir los distractores (opciones incorrectas) de cada pregunta, para así asegurar que las dificultades más frecuentes que presentan los estudiantes, se encontraran representadas en estos distractores. Otra característica que ofrece este cuestionario, es que en él se intenta analizar el entendimiento de los conceptos vectoriales, planteando preguntas ó problemas sin contexto físico.

Además, el cuestionario elegido resulta ser un instrumento de evaluación confiable y con poder discriminatorio satisfactorio, siguiendo el análisis recomendado por Ding et al. (2006).

El Test completo tiene veinte preguntas, pero decidimos trabajar con una versión reducida de solo 8(ocho), seleccionando aquellas que tratan sobre contenidos que se abordan en el CINEU, referidas al entendimiento de conceptos vectoriales, tanto en sus aspectos gráficos, como de cálculo. Específicamente las preguntas elegidas abordan temáticas tales como la suma de dos vectores coplanares concurrentes que formen un ángulo recto entre sí, ó distinto (preguntas 1, 5 y 8), vector unitario (pregunta 2), componentes ortogonales de un vector (pregunta 3), dirección de un vector (pregunta 4) y resta de vectores (preguntas 6 y 7). Para cada pregunta se plantean 5(cinco) opciones posibles, designadas como A, B, C, D y E. Cabe mencionar que como en el cuestionario original no estaba contemplada la opción “No sé” ó “No respondo”, en esta versión reducida que adoptamos, decidimos también no incluir esa opción, pero a cambio se les pidió a los alumnos que cuando se enfrentaran a una pregunta cuya respuesta desconocían, ya sea porque la temática involucrada nunca antes la habían trabajado en la escuela ó en el CINEU, ó no estaban seguros de la elección a realizar, se abstuvieran de responder y pasaran a analizar la siguiente.

El cuestionario “final” utilizado en nuestro trabajo de investigación, fue a su vez validado a través de la consulta con docentes del Departamento de Física de la F.C.E.F. y N., expertos en la elaboración de cuestionarios y detección de preconceptos.

IV. ANÁLISIS DE LAS RESPUESTAS

Las respuestas a las preguntas del cuestionario que obtuvimos de los 155 estudiantes indagados fueron cargadas en una base de datos y procesadas estadísticamente. La Tabla III muestra un resumen de como respondieron los alumnos a cada una de las 8(ocho) preguntas cerradas del cuestionario, es decir se indican los porcentajes de aceptación que tuvieron cada unas de las cinco opciones disponibles que tenían y se designaban como: A, B, C, D y E. Recordemos que se les solicitó a los ingresantes que dejaran sin responder aquella pregunta cuya respuesta no supieran ó que generara algún grado de incerteza su elección.

TABLA III. Respuestas de los alumnos a las preguntas según las opciones.

Respuestas de los alumnos a las preguntas del cuestionario								
Opciones	Preguntas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
A	10,4%	22,7%	24,7%	17,5%	3,2%	12,3%	1,3%	9,1%
B	20,8%	14,3%	8,4%	1,9%	43,5%	16,2%	67,5%	24,0%
C	1,3%	4,5%	49,4%	26,6%	22,1%	10,4%	9,1%	21,4%
D	20,8%	8,4%	7,8%	1,3%	9,7%	35,1%	3,2%	9,1%
E	39,0%	33,8%	3,9%	40,9%	2,6%	13,0%	10,4%	7,1%
No responde	7,8%	16,2%	5,8%	11,7%	18,8%	13,0%	8,4%	29,2%
Suma	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

En la pregunta N° 1 se muestran dos vectores \vec{A} y \vec{B} concurrentes que forman un ángulo de 90° entre sí, y se solicita indicar qué vector de los que figuran en las opciones, representa al vector resultante de su suma. Tanto los vectores que se pretenden sumar, como así también los vectores que se ofrecen como resultados posibles, se muestran dibujados sobre una cuadrícula para que resulte más fácil el análisis gráfico (a través del método de paralelogramo ó del polígono) y por consiguiente simplificar la tarea de elección de la respuesta. Encontramos que el 39% de los estudiantes indagados elige la opción correcta, pero también tenemos que hacer notar que hay otro 61% que no acierta y muestra dificultades al momento de resolver esta suma planteada.

La pregunta N° 2 muestra un vector designado como \vec{A} , y pide a los alumnos que reconozcan entre los vectores que figuran en las opciones planteadas, a aquel vector unitario asociado con el vector \vec{A} dado. También en este caso, se cuenta con el apoyo de una cuadrícula que facilita el análisis correspondiente y la elección final de la respuesta. Aquí se rescata que solo el 4,5% de los alumnos encuestados, eligieron la opción correcta, y otro 16,2% no responde a esta pregunta.

En la pregunta N° 3 se muestra a un vector \vec{A} asociado a un sistema de ejes cartesianos (x,y) , formando un ángulo ϕ con el eje de las ordenadas “y”. Se les solicita a los estudiantes que dentro de las opciones gráficas que se ofrecen, elija al vector que represente la componente en “y” del mencionado vector \vec{A} . El 49,4% de los alumnos coincide en su elección con la respuesta correcta, pero no deja de sorprender que el 16,2% de los alumnos, selecciona como respuesta correcta a las opciones (B) y (D), que distan mucho de la respuesta adecuada.

En la pregunta N° 4 se muestra un vector designado como \vec{A} , y se ofrecen en las opciones otros cinco vectores de los cuales los estudiantes tienen que elegir uno ó varios que tengan la misma dirección que éste. Solo el 26,6% de los encuestados acierta en la elección, que es la respuesta (C) es decir eligen un vector designado \vec{K} , que ofrece como particularidad tener la misma dirección que el vector \vec{A} , pero sentido opuesto. Sospechamos que aquellos alumnos que equivocaron su respuesta (73,4%) lo hicieron porque confunden “dirección de un vector” con “sentido de un vector”. Por otra parte, casi el 41% de los estudiantes optan por la respuesta en la cual se indica que ninguno de los vectores propuestos tiene la misma dirección que el vector \vec{A} , seguramente porque está presente la confusión entre dirección y sentido.

La pregunta N° 5 muestra dos vectores \vec{A} y \vec{B} , que tienen la misma magnitud y forman un ángulo recto entre sí. Se les ofrecen a los alumnos opciones en las cuales se compara la magnitud del vector suma ó resultante $(\vec{A} + \vec{B})$, con la magnitud ó módulo del vector \vec{A} , es decir se les solicita que analicen si $|\vec{A} + \vec{B}|$ resulta mayor, igual ó menor que $|\vec{A}|$. El 43,5% de los alumnos encuestados elige la opción correcta. Acá, seguramente la presencia de la cuadrícula operó a favor de un correcto análisis de la situación para responder en consecuencia.

En la pregunta N° 6 se muestra también sobre una cuadrícula dos vectores \vec{A} y \vec{B} concurrentes y perpendiculares entre sí, y se les pide que resuelvan la resta $(\vec{A} - \vec{B})$. Las opciones muestran, también sobre una cuadrícula, distintos vectores como posibles resultados de la resta. Solo el 13% de los estudiantes eligen la opción correcta, siendo interesante destacar que el 35,1% se inclina por la opción incorrecta “D”. Esto nos permite inferir que la operación “resta entre vectores concurrentes y perpendiculares entre sí” no es un tema que forme parte acabadamente del dominio vectorial de los ingresantes.

En la pregunta N° 7 se vuelve a indagar sobre la operación “resta”, pero a diferencia de la pregunta N° 6, en este caso se plantea resolver la resta entre dos vectores colineales y de distinto sentido, dibujados sobre una cuadrícula. Solo el 10,4% de los alumnos escoge la respuesta correcta, siendo la opción incorrecta “B” (sería la respuesta a elegir, si se hubiera solicitado realizar la suma de los vectores indicados) la que cuenta con la mayor cantidad de adeptos: 67,5%. Se confirma aquí que los alumnos tienen serias dificultades a la hora de analizar y resolver una resta vectorial, más allá que los vectores involucrados sean perpendiculares entre sí (como en pregunta N° 6) ó colineales (pregunta N° 7).

En la pregunta N° 8 se muestran sobre una cuadrícula dos vectores \vec{A} y \vec{B} , que tienen la misma magnitud y forman un ángulo mayor a 90° entre sí, cuyo valor no se indica. Se les ofrecen a los alumnos distintas opciones, en las cuales se pide que comparen la magnitud del vector suma ó resultante $(\vec{A} + \vec{B})$, con la magnitud del vector \vec{A} , que es uno de los sumando. Solo el 24% de los alumnos encuestados elige la opción correcta.

V. CONCLUSIONES

Del análisis general de los resultados de la encuesta se puede inferir que el mayor porcentaje de respuestas correctas (un 49%) se logra en la pregunta N° 3 que indaga sobre las componentes cartesianas de un vector, un tema que se estudia con particular detenimiento en la asignatura Física del CINEU de la F.C.E.F. y N. Otro de los temas que se estudian en el CINEU es la suma de vectores concurrentes ortogonales, y que parece ser otra de las competencias mejor desarrollada por los alumnos participantes de la encuesta, ya que el 39% de los estudiantes respondieron correctamente la pregunta N° 1 y el 44% respondieron correctamente la pregunta N° 5, ambas vinculada a suma de vectores perpendiculares. Sin embargo, es preciso destacar también que solo el 20% de los encuestados respondieron correctamente ambas preguntas de manera simultánea. Cuando el ángulo entre los vectores es distinto de 90° (pregunta

8) el porcentaje de respuestas correctas cae a un 24%, y solo un 13% contesta correctamente las tres preguntas simultáneamente.

En cuanto a la resta de vectores, los resultados de respuestas correctas en las preguntas vinculadas a este tema, un 13% en la pregunta N° 6 y un 10% en la pregunta N° 7, nos hace pensar que esta es una competencia que los encuestados no poseen, máxime teniendo en cuenta que solo el 6% de ellos logro responder ambas preguntas simultáneamente.

Un párrafo aparte merece el análisis de las respuestas de la pregunta N° 2 que trata sobre vectores unitarios, un tema que no se estudia específicamente en la asignatura Física del CINEU, y donde el porcentaje de respuestas correctas es algo menor que un 5% y pone de manifiesto la ignorancia de los encuestados en relación a este tema.

Las respuestas dadas por los estudiantes que cursan el CINEU a este cuestionario permiten poner en evidencia aquellas dificultades que tienen los ingresantes al momento de tener que operar con vectores y tener que analizar una representación vectorial. Sospechamos que esas dificultades tienen su origen en sus estudios secundarios, ya sea en parte porque en los cursos de Matemática y Física que tuvieron, no desarrollaron con la suficiente claridad y profundidad el manejo vectorial y su importancia, a lo que se agrega, la poca incidencia que muestra el CINEU al momento de intentar corregir los errores en el manejo vectorial que ofrecen los estudiantes.

Coincidimos con aquellos docentes que señalan que todo cambio curricular debe partir de una investigación previa que permita indagar la comprensión de los estudiantes. La teoría Constructivista supone que el sujeto construye sus propios conocimientos y que esa construcción está condicionada por los conocimientos ya construidos, instalados en su estructura de pensamiento. Aprender significados es realizar un proceso de construcción, modificando, en la medida de lo posible, las ideas que se tienen como consecuencia de la interacción con los conocimientos nuevos. El alumno aprende “con” y “contra” sus preconcepciones ó concepciones alternativas.

Entendemos que estos resultados nos tienen que hacer reflexionar sobre la necesidad urgente de generar cambios en el proceso de enseñanza de conceptos vectoriales en los cursos de Física de ciclo básico universitario, para lograr así que los estudiantes realicen un aprendizaje significativo, y mejoren el entendimiento de conceptos fundamentales de la Física que estén directamente vinculados con la representación vectorial.

En nuestros días tenemos a nuestro alcance una serie de dispositivos electrónicos de captura de imágenes que de forma intuitiva, racional y muy económica, permiten obtener datos de la realidad. Por otro lado, existen herramientas informáticas vinculadas al sector del software libre, que permiten trabajar con estas imágenes, y hacer construcciones geométricas en el ordenador, permitiendo retomar los métodos gráficos de resolución de problemas físicos de una forma moderna y significativa. Sospechamos que en la medida que podamos implementar en nuestras clases el uso de estas nuevas herramientas informáticas ligadas a métodos gráficos de resolución de operaciones entre vectores, estaríamos contribuyendo a disminuir las dificultades que muestran los estudiantes al momento de operar con magnitudes físicas de carácter vectorial.

REFERENCIAS

Barniol, P. y Zavala, G. (2014). *Evaluación del entendimiento de los estudiantes en la representación vectorial utilizando un test con opciones múltiples en español*. Revista Mexicana de Física E, 60, pp. 86–102.

Beichner, R. (1994). *American Journal of Physics*, 62, p. 750.

Costa V.A., Di Domenicantonio R.M. (2006). *Visualización de campos vectoriales usando Maple 8. Experiencias Docentes en Ingeniería*. Memorias del V Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería. Mendoza, Argentina. Volumen I, pp. 357-364.

Ding, L., Chabay, R., Sherwood, B. y Beichner, R. (2006). *Physical Review Special Topics - Physics Education Research* 2. 010105-1.

Fernández F. Cecilia (2009). *El orden de los contenidos desde una perspectiva pedagógica*. Programa de estudios del primer curso de Física de la Educación Diversificada. Simposio Centroamericano y del Caribe de Física. Costa Rica. XXVIII CURCCAF.

Flores-García, S., González-Quezada, M. D. y Herrera-Chew, A. (2007a). *Dificultades de entendimiento en el uso de vectores en cursos introductorios de mecánica*. Revista Mexicana de Física E, 53, pp. 178-185.

Flores-García, S., González-Quezada, M. D., Borunda-Escobedo, M. E. y Chávez-Pierce, J. E. (2007b). *Problemática de aprendizaje en el uso del concepto de aceleración en contexto*, Revista CULCyT//Matemática Educativa, 4(22), pp. 13-21.

Flores, S., Kanim, S. and Kautz, H. (2004). *Students use of vectors in introductory mechanics*. American Journal of Physics, 72(4), pp. 460-460.

Knight, R. D. (1995). *The Physics Teacher*. 33, p. 74.

Nguyen N. y Meltzer, D. E. (2003). *Initial understanding of vector concepts in introductory physics courses*. American Journal of Physics, 71(6), pp. 630-638.

Redish E. F., Saul, J. M. and Steinberg, R. N. (1998). *Student expectations in introductory physics*. American Journal of Physics, 66 (3), pp. 212-224.

Van Deventer, J. (2008). *Comparing student performance on isomorphic and physics vector representations*. Tesis de maestría. Universidad de Maine, Estados Unidos.