

El cálculo de la fuerza resultante de un par de fuerzas sobre un punto fijo por los estudiantes de secundaria mediante técnicas colaborativas



Sebastián Ramos Durán^{1,2}, Daniel Sánchez-Guzmán²

¹Escuela Secundaria de San Lucas Jerécuaro. Calle insurgentes 1-A; San Lucas Jerécuaro; C. P. 38550, Guanajuato; México.

²Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada. Unidad Legaria del Instituto Politécnico Nacional, Av. Legaria # 694, Col. Irrigación Del. Miguel Hidalgo, México D. F.

E-mail: sramosduran@gmail.com

(Recibido el 04 de Abril de 2010; aceptado el 21 de Septiembre de 2010)

Resumen

El presente trabajo relaciona las técnicas colaborativas con el aprendizaje del concepto fuerza para el caso estático por los estudiantes de secundaria. El trabajo se fundamenta en la hipótesis de que sí la actitud hacia el trabajo colaborativo mejora; entonces también mejora el aprendizaje y para lograr la comparación entre dichas actitudes y los aprendizajes físicos; debe recurrirse a cuatro niveles de madurez en el trabajo colaborativo y a la apropiación de los conceptos físicos. Dichos niveles de madurez fueron definidos por Piaget de manera general y fueron concretados y redefinidos por el autor de este trabajo a partir de dos años de experiencia en el uso de técnicas colaborativas. La comparación va realizándose en los aspectos de cierre de tema hasta llegar al tema nodal — que es el cálculo de la resultante en la aplicación de un par de fuerzas que actúan sobre un punto fijo—; sin embargo el proceso de construcción del concepto de fuerza implica la construcción de los conceptos: velocidad constante, aceleración uniforme; La masa. Al final se presentan los resultados para cada aspecto y que implican la evolución en los niveles de madurez por parte de los estudiantes.

Palabras clave: Colaborativo, fuerza resultante, velocidad, aceleración, niveles de madurez.

Abstract

The present work relates the technical cooperatives with the apprenticeship of the concept forces for the static case for students of secondary. The work is laid the foundations of in the hypothesis that yes the attitude towards the better cooperative work; then also it improves the apprenticeship and to achieve the comparison between attitudes happiness's and the physical apprenticeships; it must be appealed to four levels of ripeness in the cooperative work and to the appropriation of the physical concepts. These levels of ripeness were defined by Piaget in a general way and were made concrete and recalled for the author of this work as of two years of experience in the use of cooperatives techniques. The comparison is beginning to carry out in the aspects of closing of topic until reaching to the nodal topic— that it is the calculation of the resultant in the application of a couple of forces that act on a fixed point—; however the process of construction of the concept of force involves the construction of the concepts: constant speed, uniform acceleration and the mass. To the end present the results for each aspect and that imply contradiction the evolution in the levels of ripeness of the students.

Keywords: Cooperative, resultant force, speed, acceleration, level of ripeness.

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

Para la enseñanza de la fuerza resultante las experiencias más recurrentes han sido:

- Aprenderse las unidades de fuerza.
- Calcular la fuerza resultante mediante el método del paralelogramo.
- Jalar algo pesado con grupo de alumnos en diferentes ángulos.

Se ha perdido mucho tiempo en el aprendizaje de las unidades (los Newton o lo kilogramo fuerza), este valioso tiempo debe de emplearse en técnicas más acordes con las teorías constructivistas, esto no significa que no sea correcto el manejo correcto de unidades, simplemente que no es tan importante en secundaria. La parte matemática de las unidades puede esperar (y también las matemáticas inaccesibles en este nivel) si se logra que el aprendizaje físico suceda. Como lo señala Meza en su trabajo de tesis [7] “La simple exposición de ideas abstractas y desarrollos

matemáticos a oyentes pasivos conduce a resultados bajos de aprendizaje y comprensión.” (FISED-IPN; 2009). Esta dura verdad la hemos sufrido como alumnos en física y ahora que somos maestros. Nuestras “mejores clases” desarrollando alguna fórmula o despejando algo complicado fueron las más inútiles y aburridas, salvo para los dos o tres alumnos que le entendían.

El concepto de colaboracionismo escogido a partir de [2, 3, 4, 7]. *Aunque el Aprendizaje Colaborativo es más que el simple trabajo en equipo por parte de los estudiantes, la idea que lo sustenta es sencilla: los alumnos forman "pequeños equipos" después de haber recibido instrucciones del profesor. Dentro de cada equipo los estudiantes intercambian información y trabajan en una tarea hasta que todos sus miembros la han entendido y terminado, aprendiendo a través de la colaboración.* [7].

Las técnicas colaborativas, el aprendizaje colaborativo es una forma de la evolución pragmática de las teorías constructivistas. Es decir; las técnicas colaborativas es una de tantas formas de responderles, sobre cómo hacerlo, a Piaget, Ausubel, Vigotsky. Los estudiantes aprenden mejor con sus homólogos que con el maestro:

La razón de este hecho estriba en que los compañeros están más cerca entre sí por lo que respecta a su desarrollo cognitivo y a la experiencia en la materia de estudio, de esta forma no sólo el compañero que aprende se beneficia de la experiencia, sino también el estudiante que explica la materia a sus compañeros consigue una mayor comprensión [2].

Estas técnicas puestas en manos de las nuevas herramientas del PEA pueden ser mucho más poderosas. Me refiero a los sensores, la Web; es decir las Tics. Sin embargo **el poder sigue teniéndolo la didáctica**, por eso es que las actividades tradicionales de ningún modo van a menospreciarse en esta investigación. Las actividades generales sobre las que se basara esta investigación serán:

- Actividades previas para el concepto de fuerza.
- Diferentes formas de manifestarse la fuerza: magnética, de flotación, debida al campo gravitatorio.
- El cálculo de la fuerza resultante de dos fuerzas aplicadas a un punto fijo y con cierto ángulo.

Cada una de las actividades generales tendrá su respectivo desglose que será visto a lo largo de los tres meses en que serán abarcadas.

Para el proceso de aprendizaje y en forma muy generalizada Piaget sintetiza lo siguiente:

Hay cuatro factores fundamentales en el proceso de formación de las estructuras cognoscitivas del individuo: Maduración, experiencia, equilibrio y la transmisión social. [1].

No obstante esta generalización Piagetana —no es del todo útil— si no se convierte en algo específico que alcance la categoría de un indicador que nos sirva para comparar los cuatro factores piagetanos con los aprendizajes físicos. En seguida una redefinición de estos cuatro factores ya convertidos en niveles de madurez para el trabajo colaborativo:

- i) Cuando los procesos de colaboración comienzan es muy común ver signos de desesperación entre los alumnos, esperan la clase magistral y asumen una actitud pasiva —*No explica; dice desesperado algún estudiante*— Es éste un signo pleno de inmadurez del estudiante. Digamos que es el nivel 0.
- ii) Algunos alumnos comienzan a participar, primero apuntando algo en su libreta; jugando el rol como secretarios pero sin una participación todavía inteligente. Es decir; aún no aportan ideas en los procesos del grupo, pero tienen una incipiente participación. Es este el nivel 1.
- iii) En este nivel sucede la participación ya de conjeturas. En el caso de uno de los alumnos que comenzó en el nivel cero —al cambiar su actitud hacia el trabajo colaborativo— daba gusto ver como conjeturaba sobre el descenso del humo vertical en una caja transparente; después de haber pasado por un tubo de papel y por lo tanto después de haberse enfriado. Es este el nivel 2.
- iv) El siguiente nivel es el de liderazgo del grupo. La estudiante (porque casi siempre es mujer) se hace cargo de la sistematización del trabajo, de la asesoría de los compañeros y dirige la presentación. Éste es el máximo nivel de madurez, el nivel 3.

Es ahora necesario precisar los objetivos para que la relación entre el nivel de madurez y el aprendizaje físico tengan sentido.

II. OBJETIVOS

El objetivo general

Que el alumno calcule, y comprenda la fuerza resultante producto de dos fuerzas, un punto en común desde dónde actúan y un ángulo entre ellas mediante el empleo de técnicas tradicionales y modernas y mediante el empleo de técnicas colaborativas.

Los objetivos específicos:

- El alumno comprenderá el concepto de velocidad constante mediante, lecturas y actividades experimentales realizadas con técnicas colaborativas y el empleo de tecnologías tradicionales y modernas.
- El alumno comprenderá el concepto de aceleración uniforme mediante actividades experimentales realizadas con técnicas colaborativas y el uso de tecnología tradicional y moderna.
- El alumno comprenderá la diferencia entre masa y peso mediante lecturas y mediciones con el fin de llegar al concepto de fuerza viendo el peso como un caso particular.
- El alumno comprenderá el concepto de fuerza mediante mediciones variadas de fuerzas mecánicas, magnéticas, eléctricas y la aplicación de un par de fuerzas en un punto fijo.

III. DESARROLLO

Para la primera actividad general: Actividades previas al concepto de fuerza la podemos descomponer en tres actividades menores:

- i) Lecturas de conceptos de introducción. El uso del libro de texto y la técnica lectura a pasos [5] que un poco más adelante se precisa.
- ii) La velocidad constante. Los estudiantes caminan y se mide el tiempo en determinada distancia, se saca la velocidad y se hace un gráfico. En un mismo gráfico varios casos para poder comparar las diferencias de velocidades con la inclinación de las respectivas rectas.
- iii) La aceleración uniforme. Un balón bajando en un plano y los alumnos organizados entre quienes miden y quienes apuntan. La gráfica distancia vs tiempo muestra que ahora no se trata de una recta y es algo que el estudiante debe notar.
- iv) La fuerza resultante en un par actuando sobre un punto fijo. La aplicación del Jigsaw es indispensable al finalizar las particularidades de esta actividad general y debe enlazarse con las i) ii) y iii). El Jigsaw se explica un poco más adelante.

Como complemento a estas cuatro actividades el uso del sensor para la medición más precisa de la aceleración; en el caso de un carrito bajando por un plano inclinado. El sensor aporta, de manera muy visual, los conceptos de negatividad para la distancia, la velocidad y la aceleración. También el uso del sensor fuerza para el cálculo de la resultante. Finalmente participación en la feria de ciencias escolar con los mejores productos de estas actividades.

La lectura a pasos (adaptación):

1. A cada estudiante le es dada una lectura
2. Estudio de la lectura y preparación de la lectura individual
3. Formación de equipos.
4. El grupo evalúa a sus miembros y propone su cuestionario.
5. Intercambio de cuestionarios
6. Respondiendo los cuestionarios
7. Presentación de las respuestas y elección de un cuestionario único para todo el grupo.

El Jigsaw (adaptación)

- 1) **Formación de grupos sierra caladora** (3 minutos): El grupo se divide en equipos de especialistas. Pueden ser 3 especialidades (más especialidades pueden causar confusión): a) Problemas con velocidad constante; b) Cálculo de la resultante por el paralelogramo; c) Cálculo de la resultante utilizando el Cabri II plus. Los grupos se numeran del 1 al 3.
- 2) **Estudiando su especialidad.** (2 sesiones de 50 minutos): Los grupos adquieren la especialidad que les tocó y la comparten con sus pares. Pueda ser que sea una lectura, pueda ser que sea algún problema sencillo o alguna destreza en algún

software y su respectiva explicación con el fenómeno físico.

3) **Evaluación por especialidades.** Con una prueba sencilla el profesor verifica cuánto dio el estudio de especialidad. De acuerdo a los resultados el profesor debe tomar la decisión de qué hacer; si retomar el punto 2) o seguir adelante. Los alumnos deben ayudar a calificar para que el proceso sea fluido.

3) **Desintegración de Grupos de Especialistas y Formación de grupos Sierra caladora (5 minutos):** En esta etapa los estudiantes deben ser separados del grupos especialistas y formar grupos con algún especialista y otros (a lo mucho 3) que quieran adquirir esa especialidad.

4) **Explicando los tópicos especialistas (2 sesiones de 50 minutos):** Los estudiantes deben explicar sus tópicos especialistas al otro o a los otros. El especialista y el asesorado deben decirle al profesor cuando el aprendizaje haya sucedido, según su criterio.

5) **Criterio del profesor.** El profesor hace un examen general que dirá que tantos alumnos realmente aprendieron. Cuando el proceso es extremadamente exitoso, el profesor puede encargarse de los dos estudiantes que “no quisieron o no pudieron aprender”.

A. El examen

Puede resumirse en cinco preguntas que servirían para enlazar los conceptos físicos con los niveles de madurez.

- 1) ¿Los estudiantes distinguen los intervalos de distancia y tiempo?
- 2) ¿Distinguen la $d=0$ cuando $v=0$?
- 3) ¿Distinguen distancias negativas?
- 4) ¿Distinguen velocidades negativas?
- 5) ¿Puede graficar a partir de un enunciado?

Estas cinco preguntas son para el maestro, al estudiante se le presentan en forma gráfica como sigue.

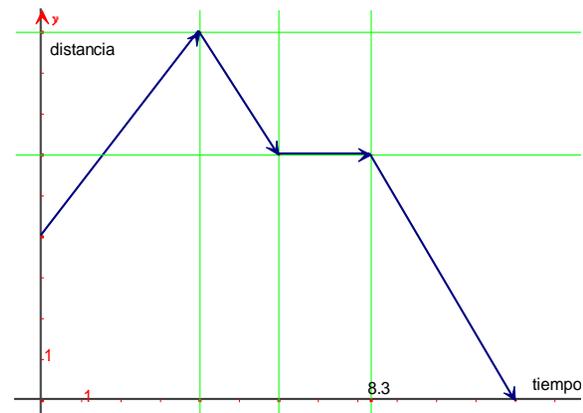


Figura 1. Los 4 vectores representa el movimiento para 4 velocidades diferentes. El alumno debe saber encontrar dichas velocidades.

Llena la siguiente tabla:

TABLA I. En esta tabla el alumno llenará los datos correspondientes a la figura 1.

Velocidad	distancia	tiempo	Valor de la velocidad
V1			
V2			
V3			
V4			

2.- Un carrito sale desde 0 y recorre 9 metros en 8 segundos. Un segundo carro sale 2 segundos después y recorre 10 metros en 4 segundos. Gráfica y encuentra las velocidades y el encuentro. Se anexa un plano cartesiano que no se pone en este artículo.

Las actividades para cubrir las dos actividades generales restantes:

- Lecturas para el concepto de fuerza.
- Destrezas en el Cabri para la suma de vectores.
- El cálculo de la fuerza resultante por medio del sensor.
- El cálculo de la fuerza resultante mediante el método del paralelogramo.
- Comparación de resultados utilizando las tres formas de realizar el cálculo: mediante sensores; mediante el método del paralelogramo y mediante el Cabri.

B. La feria de ciencias

Se presentaron 3 productos esencialmente:

- Un gráfico de velocidades diferentes constantes; con el correspondiente cálculo.
- Un gráfico del ejemplo de movimiento acelerado
- Un gráfico de 4 grandes errores. Este surge de la revisión de las libretas de los niños por parte del maestro y consisten básicamente:
 - Gráficos que representan retrocesos en el tiempo
 - Gráficos que consideran dos o más velocidades en una recta que representa cierta velocidad
 - Gráfico que representa mismas velocidades en un movimiento acelerado.
 - Gráfico que representa el recorrido de cierto intervalo de distancia en 0 segundos.

E gráfico a) corresponde a la Figura 1 de este artículo salvo otros datos. Los 4 errores vienen representados en seguida:

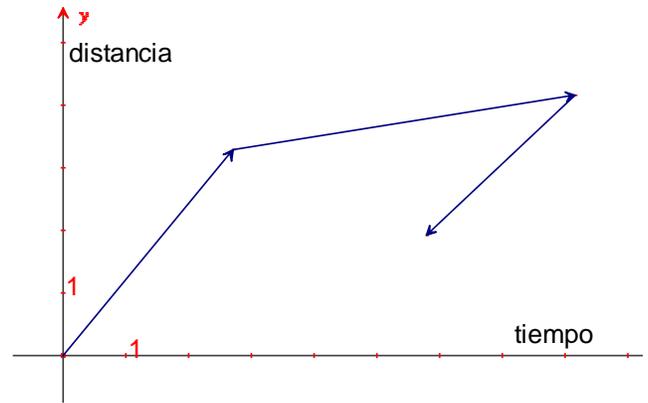


FIGURA 2. El tiempo no puede regresar.

¿Dos velocidades diferentes?

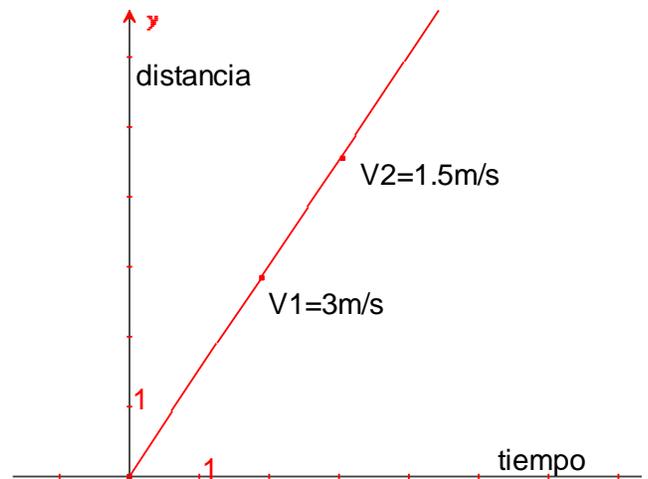


FIGURA 3. Una recta representa el movimiento a velocidad constante; considerar dos velocidades diferentes es un gran error.

Error en el movimiento acelerado

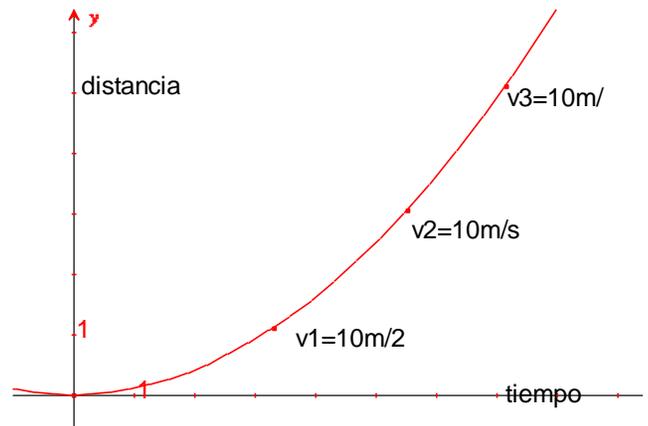


FIGURA 4. En un movimiento acelerado la velocidad va cambiando.

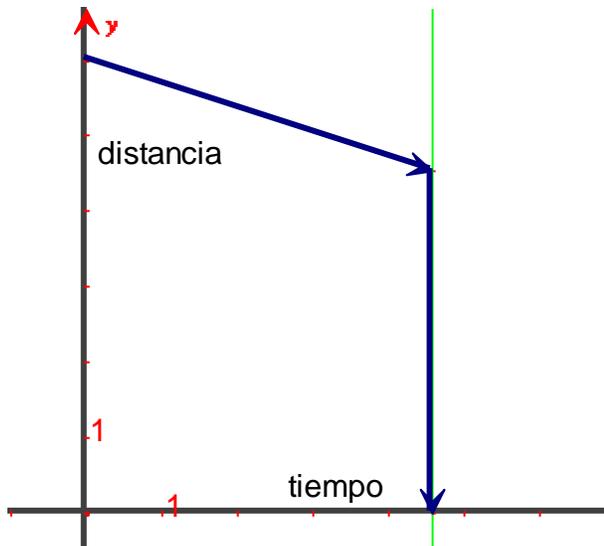


FIGURA 5. No es posible recorrer cierta distancia en 0 segundos.

C. El cálculo de la fuerza resultante

Aplicación del Jigsaw para compartir aprendizajes de las tres formas de realizar el cálculo: a) Mediante los sensores; b) mediante el método del paralelogramo y c) mediante el Cabri

Uso de los sensores para el cálculo de la fuerza resultante:



FIGURA 5. Cada liga representa una fuerza previamente medida sobre la línea de acción y la medición de la fuerza resultante se hace sobre la bisectriz del ángulo.

Respecto al método del paralelogramo se reparten ángulos entre 10^0 y 180^0 y se pide a los alumnos que calculen la resultante para un par de fuerzas idénticas para todos (el par escogido fue de 12N y 8N. Se les pide que concentren los resultados en una tabla y escriban sus conclusiones.

Respecto al Cabri por la enorme facilidad de cambiar el ángulo a voluntad el trabajo se realiza por tercias (debido a que las computadoras no alcanzan para que sea individual) y se les pide también que escriban sus conclusiones.

Un ejemplo de medición en el Cabri

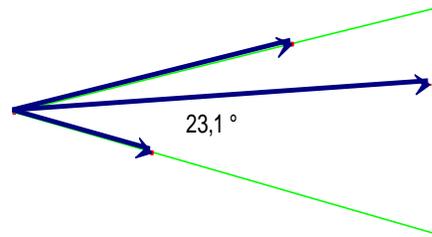


FIGURA 6. El software permite mover alguna de las semirectas y variar el ángulo a voluntad; en la medida que cambia el ángulo cambia la resultante.

D. Comparación de las tres tecnologías

La facilidad de definir el par de fuerzas tanto en el Cabri como en el método del paralelogramo no existe para el caso de los sensores (a menos que se usaran dinamómetros; pero el ciclo pasado se descompusieron dos y no los hemos repuesto) así que tuvimos que limitarnos a las ligas que muestra la fotografía de la figura 5. Y el par de fuerzas resultantes tuvo que ser diferente para cada ángulo. Sin embargo para cada ángulo participaron diferentes alumnos y así se aseguró la participación del grupo.

Para facilitar la tabla que resumiese la comparación definimos 4 equipos: el equipo de 30^0 ; el equipo de 60^0 ; el de 80^0 y el de 120^0 . Cada miembro del equipo calculó, mediante el paralelogramo, la resultante del par de fuerzas, previamente medida en los sensores. En seguida sacaron promedio de sus resultados para registrar dicho promedio en la tabla. Finalmente hicieron el mismo cálculo en el Cabri. A continuación la tabla resumen:

TABLA II. Comparación entre las 3 tecnologías.

Ang.	F_1	F_2	F_s	F_c	F_p
0^0	6.5	13.22	18.83	19.72	22.9
30^0	11.05	12.40	21.27	22.65	23.84
60^0	5.02	10.82	13.89	14.02	15.20
80^0	6.05	12.87	18.13	17.66	18.5
120^0	11.44	5.06	8.74	9.93	10

Donde F_1 y F_2 son el par de fuerzas para cada ángulo; F_s es la fuerza resultante que da el sensor

F_c es la fuerza resultante que da el Cabri

F_p es la fuerza resultante mediante el paralelogramo

La unidad de medida es el Newton y para el Cabri y el paralelogramo el acuerdo es 1cm= 1N.

Breve prueba

TABLA III. Para evaluar la fuerza resultante $F_1=6.8$ N; $F_2=9.4$ N.

Ángulo	0	30.7	180	150	50	10
Fuerza R						

Acomoda las fuerzas donde creas conveniente:
15.6 N; 15.1 N; 14.7N y 4.9 N

La intención es que la resultante para los ángulos de 0 y 180 los alumnos las concluyan de sus diversas actividades y el acomodo lo hagan de acuerdo a las conclusiones de sus actividades con el Cabri y el método del paralelogramo. Los datos de la resultante son producto del Cabri; es decir son reales.

IV. CONCLUSIONES

Sobre las cinco preguntas:

La 3 y 4 parecen redundar pero la práctica ha mostrado que hay alumnos que distinguen la velocidad negativa y no distinguen la distancia negativa.

La pregunta cinco fue respondida correctamente en una parte del enunciado e incorrectamente en otra de manera que considera medias fallas.

La siguiente tabla muestra los resultados de este primera evaluación

TABLA IV. Para comparar los niveles de madurez con el aprendizaje.

Nivel de madurez						
Tres			Abraham	Edson Daniel	Andrea Andrea, Anayeli López, Juanita Rosa María Laura	Antonio Ramírez y Ericka López
Dos		Geovanni	Saúl Z., Viviana,	Cristián, Javier M, Salvador		Miriam
Uno		Antonio Z., Anayeli Olvera,	Emilio, Israel Martín, Montoya Angélica, Sandra			
Cero	Arón, Cristóbal	Pablo Durán	Gustavo			
Número de	5	4°	2.5 a 3	1.5-2	1	0

fallas						
--------	--	--	--	--	--	--

Puntualización de las conclusiones:

- Obsérvese que los extremos coinciden plenamente: Los de nivel 0 tienen entre cuatro y cinco fallas; Los de nivel 3 coinciden con 1 falla y 0 fallas.

- Sólo está el caso de Miriam que tiene 0 fallas y nivel 2. Este caso se explica porque es una estudiante muy silenciosa y poco detectable; sin embargo aprende como puede verse.

- Respecto a la tabla de fuerzas resultantes presentaron 27 alumnos la prueba y 23 supieron responderla correctamente. Los 4 alumnos que no pudieron contestar correctamente actualmente los tengo en el nivel de madurez 0.

Comentario sobre la prueba de fuerzas resultante: Pablo; Cristóbal; Javier y Saúl. Pablo y Cristóbal pertenecientes al nivel de madurez 0 y Javier y Saúl en el nivel 2. Aunque en mis registros recientes los 4 aparecen en el nivel 0; es decir su actitud hacia el trabajo colaborativo no mejoró y en el caso de Saúl y Javier empeoró.

V. PROPUESTAS

1. Las actividades colaborativas de lectura a pasos y el Jigsaw es necesario mejorarlas para el nivel secundaria. Lo difícil de la aplicación de ambas técnicas —tal como lo propone Zafer Tanel y Mustafa Erol [6]— es que se supone una gran autonomía en los estudiantes y es algo que para nada sucede en la secundaria. Las adecuaciones propuestas en este trabajo pueden aún mejorar.
2. En el nivel básico de enseñanza se habla mucho de competencias como la intersección entre los 3 saberes: el saber ser, el saber propiamente dicho y el saber hacer. El colaboracionismo en ciencias es una excelente herramienta para el desarrollo de las competencias.
3. La clarificación y el uso de las ideas clave [8] para la planeación de las secuencias didácticas es algo fundamental. Por ejemplo no es correcto tratar de enseñar cuestiones que impliquen ecuaciones cuadráticas en este nivel; es el caso de problemas de aceleración donde se implique conocer el tiempo.
4. La generalización de conceptos físicos debe estar basada en muchas actividades de medición muy visuales, muy tangibles para que tengan sentido en este nivel.

AGRADECIMIENTOS

A los asesores que me han acompañado en este proceso de formación: En particular al Doctor Daniel Sánchez y al Doctor Cesar Mora.

A mis compañeros de la maestría que en todo momento estuvieron dando sus opiniones en los foros y ayudando, de esta forma en mi proceso de aprendizaje.

A mis estudiantes del segundo de secundaria que jamás renunciaron a su entusiasmo y enorme participación y a los compañeros del plantel que colaboraron de diversas formas..



Figura 7. Los alumnos interpretando los resultados del cálculo de la fuerza resultante con el sensor.

REFERENCIAS

- [1] Calzadilla M. E., *Aprendizaje colaborativo y tecnologías de la información y la comunicación*. Docente de la Universidad Pedagógica Experimental, Consultado el 20 de junio de 2009. www.rieoei.org/tec_edu7.
- [2] Arteaga, F., Aparicio, J. H., <http://www.monografias.com/trabajos34/aprendizaje-colaborativo/aprendizaje-colaborativo.shtml>; consultado el 15 de junio de 2009

- [3] Biné la comunidad académica en línea. Referido a a Yollim y publicado el 05/08/08. <http://bine.org.mx/node/1428>; consultado el 15 de junio de 2009
- [4] Morantes, P., Rivas, R., *Conceptualización del trabajo grupal en la enseñanza de las ciencias* **3**, No. 2 mayo de 2009. <http://www.journal.lapen.org.mx> Consultado en 10 de junio de 2009.
- [5] Eylul, D., Tanel, Z. and Erol, M., *Effects of Cooperative Learning on Instructing Magnetism: Analysis of an Experimental Teaching Sequence*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **2**, 124 (2008). <http://www.journal.lapen.org.mx> Consultado el 10 de junio de 2009.
- [6] Meza, R., *¿Cómo enseñar física? Principales tendencias y propuestas*, segundo foro de discusión FISED-IPN (2009).
- [7] Vicerrectoría Académica, ITESM. www.itesm.mx/va/dide2/tecnicas_didacticas/ac/Colaborativo.pdf consultado el 15 de junio de 2009
- [8] Deng, Z., *The distinction between Key ideas in Teaching School Physics and Key ideas in the Discipline of Physics*, National Institute of Education, Nanyang Technological University, Singapore 637616 República de Singapur, May 2009.