

# LA CINEMÁTICA EN LAS PRÁCTICAS EXPERIMENTALES UTILIZANDO NUEVAS TECNOLOGÍAS

REVISTA  
DE  
ENSEÑANZA  
DE LA  
FÍSICA

**Eduardo E. Bordone<sup>1</sup>, Juan Cruz Bigliani<sup>1</sup>, Vicente Capuano<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, V. Sarsfield 1611, CP 5000, Córdoba, Argentina.*

**E-mail:** vcapuano@com.uncor.edu

## Resumen

Se indaga sobre cómo contribuyen las NT en los procesos de enseñanza y aprendizaje cuando se realizan prácticas experimentales (PE). Para ello se diseñaron tres PE de cinemática (caída de un carrito en un plano inclinado) a los efectos de comparar preferencias y aprendizajes de los alumnos (se analizan solo las preferencias, las razones que esgrimen para esa elección y cómo se correlacionan entre sí y con la secuencia de PE realizadas). Las 6 comisiones de alumnos cambiaron el orden de hacer la secuencia de las mismas: PE1 con equipamiento tradicional, PE2 con sensores sonoros y equipos asociados y PE3 filmando la caída. Las razones de su elección fueron categorizadas como criterios de eficacia, de confianza y de precisión. Las encuestas pre y postest muestran una fuerte tendencia a elegir como forma de trabajo la más automatizada (esto resulta independiente de quien es el docente de esa comisión) y que los criterios preponderantes son los relacionados a la precisión (éstos sí más dependientes del docente).

**Palabras clave:** Enseñanza, Aprendizajes, Práctica Experimental, Nuevas Tecnologías.

## Abstract

We inquire about how contribute the NT on teaching and learning, when experimental practices (EP) are carried out. To achieve it, three EP on kinematics were designed (a mobile falling on an inclined plane) in order to compare preferences and learning concepts of students (it is discussed only the preferences, the reasons given for that choice and how they correlate with each other and with the sequence of EP carried out); 6 committees of students changed the order to make the sequence of the EP : EP1 with traditional equipment, EP2 with sound sensors and associated equipment and EP3 filming the fall. The different reasons for their choice were categorized as criteria of effectiveness, confidence and precision. The pre and post tests show a strong tendency to choose as the most automated way to work (this is regardless of who is the teacher of the committee) and that the prevailing criteria are related to accuracy (although they are more dependent on teacher).

**Keywords:** Teaching, Learnings, Experimental Practice, New Technologies.

## I. INTRODUCCIÓN

Sobre prácticas experimentales es mucho lo que se ha transitado en los últimos 50 años. Por una parte una revolución metodológica ha cambiado sustancialmente el modo de encarar la práctica docente (Novak, J. (1990), y por otra, la introducción de equipamiento e instrumental modernos, con características impensadas y totalmente novedosas, ha convertido trasladando a otro escenario, la práctica experimental (Pesa y otros, 2012; San Martí e Izquierdo, 2001).

La práctica experimental pone en juego un conjunto de conceptos, que no sólo son los disciplinares asociados al tema de la misma. Al momento de pensar en realizar una práctica, debemos definir claramente el problema, generar algún tipo de predicción a comprobar con ella, formular hipótesis, decidir sobre el equipamiento y el método de operar con el mismo, tener una idea del tratamiento que le vamos a dar a los datos recogidos, decidir sobre cómo vamos a operar con las incertidumbres asociadas a las mediciones, en fin, un conjunto de aspectos que hacen a la metodología que utilizaremos, además de las conceptualizaciones teóricas específicas disciplinares, que requiere la tarea (Bravo y Pesa, 2007).

Desde las Prácticas Experimentales Tradicionales (PET) que se realizaban hace tres o cuatro décadas, hasta las actuales Prácticas Experimentales Asistidas (PEA) por modernas Tecnologías Informáticas y de

la Comunicación (TIC): Las distintas modalidades de práctica experimental, impulsadas por desarrollos en el ámbito de la mecánica de precisión, de la electrónica, de la computación, de la informática y de las comunicaciones, plantean nuevos estudios acerca del modo como esta actividad favorece la construcción de conceptos (Yanitelli y otros, 2004; Yanitelli y otros, 2007; Capuano y González, 2008; Sáez y otros, 2005; Testa y otros, 2002).

El uso de Nuevas Tecnologías (NT) en la práctica docente, incluyendo en ellas a las TIC, hoy es una realidad. Es generalmente aceptado en el ámbito académico que pueden provocar una verdadera revolución educativa (Kofman 2005), aún cuando en el ámbito de la enseñanza de la física no se ha logrado superar todavía una primera fase, que podríamos llamar exploratoria, donde se proponen experiencias de laboratorio aisladas que se pueden desarrollar con las NT, pero no se investiga, salvo honrosas excepciones (Pontes, 2001; Capuano y González, ob. cit.; Capuano y González, 2009; González y otros, 2009) sobre su valor como estrategia educativa, aún cuando hay advertencias que se asientan en la intuición (Sanmartí e Izquierdo, ob. cit.), sobre las ventajas y desventajas de utilizarlas.

Sin embargo, nadie puede negar que, con el uso de las NT especialmente aquellas relacionadas con la electrónica y la mecánica de precisión, mejora la rigurosidad que se logra en la toma de datos y la objetividad de su lectura (prácticamente se hace sin la intervención del operador); que con sensores adecuados pueden medirse una gran variedad de magnitudes físicas (presión, temperatura, radiación electromagnética, espacio recorrido, intensidad de corriente eléctrica, diferencia de potencial, etc.), y que tal vez lo más importante, puede registrarse como varían las magnitudes físicas señaladas, en una enorme cantidad de instantes y en lapsos tan pequeños, casi como uno lo desee. La enorme cantidad de valores obtenidos puede tratarse con software adecuados que operan sobre los mismos proporcionando resultados analíticos y gráficos casi instantáneos. En suma, las NT instalan nuevos aspectos de la práctica experimental que se debieran investigar en relación a cómo contribuyen al aprendizaje de conceptos de los alumnos.

Un párrafo especial merece el uso de las NT en el ámbito del registro y procesamiento de imágenes. Éstas, que pueden dar información de un fenómeno cambiante en el tiempo, rápidamente nos hace pensar en experimentos de cuerpos en caída libre o de cuerpos en caída por un plano inclinado. Sin embargo, existen innumerables experimentos en todo el ámbito de la Física, en los que se debe registrar la posición de un cuerpo o de una onda en el tiempo, en los cuales el registro de imágenes utilizando NT, aporta muchísimo en razón de que las imágenes pueden representar instantes del fenómeno que transcurre, muy próximos entre sí.

**Registro de posiciones con sensores sonoros, barreras infrarrojas, etc.** Si bien existen métodos para registrar posiciones (especialmente de cuerpos) que utilizan sensores sonoros o barreras infrarrojas, que necesitan luego de una interfase y de una PC para decodificar los resultados, estos equipos no se encuentran disponibles en todos los Laboratorios de Enseñanza de la Física y a veces, dada su procedencia y complejidad, un desperfecto en los mismos, provoca su deterioro definitivo.

Otro aspecto que debe ser tenido en cuenta cuando se utiliza este equipamiento, es el grado de automatización del procedimiento. El alumno sólo libera el cuerpo que se pone en movimiento y la interfase o PC proporciona, en el mejor de los casos, un conjunto de pares ordenados (posición, tiempo) en una tabla, y en el peor, directamente y con ayuda de algún software especial instalado en la PC, las funciones posición, velocidad y aceleración, las correspondientes representaciones gráficas y los errores asociados a cada uno de los parámetros involucrados en las funciones. Acordamos con autores (Capuano y Bigliani, 2012; Capuano y González, 2013) que señalan que la automatización no opera a favor del aprendizaje significativo de los conceptos involucrados: se pierde la imagen del cuerpo en movimiento, no se visualiza que el cuerpo va ocupando distintas posiciones en distintos instantes de tiempo, y finalmente, el cálculo de errores asociados a las cantidades medidas, se torna muy complejo.

**Registros de pares ordenados (t,x), a partir del análisis de fotogramas.** El procesamiento de imágenes captadas con sencillas cámaras digitales, con filmadoras digitales y hasta con teléfonos celulares, ofrece un campo enorme de aplicación con gasto cero en equipamiento, ya que el instrumento más costoso (el instrumento que capta las imágenes) puede ser provisto por el alumno (Sampallo, 2006; Leitão y otros, 2011; Fonseca y Maidana, 2013) creando un sentido de pertenencia en relación con el equipo y la práctica experimental en su conjunto, que no ocurre cuando se utiliza equipamiento de otra procedencia.

También es necesario para implementar éstas técnicas, de sistemas de computación y de software especiales para poder tratar el continuo de imágenes de una película, en un formato cuadro por cuadro. Sin embargo, consideramos que pocos estudiantes no disponen de un sistema de computación y que en el caso de que no posean una PC, pueden realizar el procesamiento de imágenes en Salas de Computación de la Institución Educativa que se trate. Finalmente, por un lado existen software gratuitos como por ejemplo el "Movie Maker", el "Gimp" y el "Tracker", que pueden cargarse de distintas páginas de

internet y por otro lado, tanto las filmadoras digitales como algunas cámaras fotográficas digitales, vienen acompañadas con un software de edición, que permite analizar los cuadros de una película.

Sin embargo, el registro de imágenes y la información que se puede tomar luego, presenta algunos inconvenientes (Bigliani y otros, 2014). Este autor señala que en los registros de la posición, en el caso de cuerpos en movimiento, ésta resulta algo difusa, incrementándose la falta de nitidez a medida que mayor es la velocidad del cuerpo y que esto ocurre porque mientras el diafragma está abierto el cuerpo se desplaza. Y también señala que se pueden cometer errores cuando se asocia a cada fotograma del registro, un determinado instante de tiempo ya que la frecuencia de los cuadros puede cambiar cuando una iluminación pobre de la escena, exige una apertura de diafragma de mayor tiempo de duración.

La solución que proponen Bigliani y otros (2014), para tener en cada cuadro información del tiempo y de la posición del móvil, es incorporar una cinta métrica especial, pegada a la pista y un “segundero analógico” de fabricación casera que mide hasta la centésima de segundo. Se calibra para que la aguja dé una vuelta por segundo (Figura 1). Estos dos elementos, se incorporaron al equipo, para que en los fotogramas mejorara la claridad en la posición del cuerpo y el tiempo en el cual el fotograma ocurre.

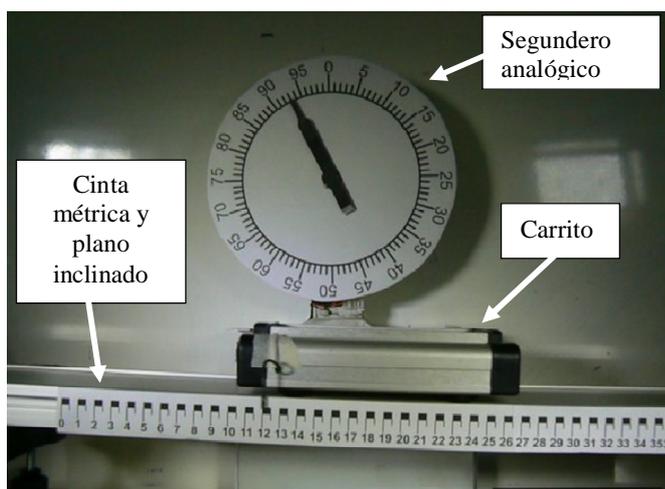


FIGURA 1. Montaje del equipo que registra la posición y el tiempo, por medio de fotogramas

En este trabajo, investigamos sobre cómo opera en alumnos de un primer año universitario, distintas maneras de utilizar las NT, cuando se realiza un mismo experimento: cinemática de la caída de un cuerpo por un plano inclinado. La metodología de investigación que se utiliza es la cuantitativa. Se presenta un análisis parcial de los resultados obtenidos relativos a las preferencias de los alumnos respecto a cuál modo de operar eligen y cuáles son los criterios o razones que esgrimen para justificar el orden de prioridad manifestado. La evaluación de los indicadores de aprendizaje para los diferentes modos de trabajo y sus correlaciones, se presentarán en un trabajo posterior.

## II. DISEÑO DEL EXPERIMENTO

El experimento consiste en indagar sobre como contribuyen las NT en los procesos de enseñanza y de aprendizaje, cuando se realizan prácticas experimentales. Para ello se diseñaron tres prácticas experimentales de cinemática (PE1; PE2 y PE3), cada una de ellas con equipamiento diferenciado, a los efectos de comparar preferencias y aprendizajes de conceptos de los alumnos. El propósito de la práctica experimental, consistía en tomar la mayor información posible, en forma de pares ordenados (t,x), del movimiento de un carrito en un plano inclinado, a los efectos de estudiar su movimiento: funciones posición, velocidad y aceleración.

El experimento se aplicó a un curso del ciclo básico universitario, de Física I, segundo semestre de primer año, de aproximadamente 110 alumnos. Este curso regularmente se divide para desarrollar actividades prácticas (resolución de problemas y realización de práctica experimentales) en 6 comisiones, de alrededor de 18 alumnos. Justamente por esta estructura fue que se tomaron las comisiones de a dos, para integrar tres grupos (“ $\alpha$ ”, “ $\beta$ ” y “ $\gamma$ ”).

Los distintos equipamientos que dieron lugar a las distintas prácticas experimentales, se denominaron:

- **PE1:** Práctica experimental con equipamiento tradicional.

- **PE2:** Práctica que utiliza el registro de posiciones y tiempos, con sensores sonoros y equipos asociados.
- **PE3:** Práctica que aprovecha el registros de pares ordenados (t,x), a partir del análisis de fotografías.

De cada una de las prácticas posibles se elaboró una guía y éstas estuvieron a disposición de los alumnos, con antelación al inicio del desarrollo de la práctica. La intervención en el curso tuvo una extensión de dos clases (tabla I): en la “primera clase” cada grupo durante dos horas realizó una de las prácticas (el grupo “ $\alpha$ ” realizó la PE1; el grupo “ $\beta$ ” realizó la PE2; y el grupo “ $\gamma$ ” realizó la PE3). Los alumnos de cada grupo estaban al tanto de la práctica que desarrollarían, por lo que se supone, llegarían a la clase experimental con la práctica experimental correspondiente, leída. Luego de esta primera clase se aplicó a cada grupo un cuestionario con 8 preguntas, pretest, de las cuales sólo una será analizadas en este trabajo. Al momento de realizar la primera práctica experimental (lo que en la tabla I denominamos primera clase), los alumnos habían participado de dos clases teóricas sobre el capítulo cinemática del programa. En lo que llamamos segunda clase en la tabla I, los alumnos realizaron las prácticas complementarias a las que ya habían realizado, de manera que todos los alumnos finalizaron la etapa de intervención, habiendo realizado las tres prácticas. Luego se les aplicó nuevamente el cuestionario, en este caso como postest. Toda esta secuencia de acciones que involucra la realización de las tres prácticas experimentales y la aplicación dos veces, del cuestionario, se representa en la tabla I.

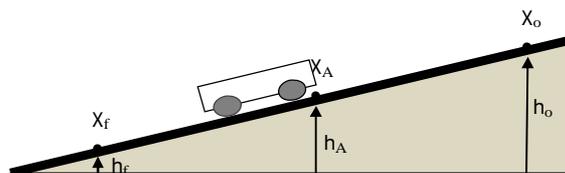
**TABLA I.** Secuencia de acciones de intervención.

Secuencia	Primer año (segundo semestre) – Física I					
	Grupo “ $\alpha$ ”		Grupo “ $\beta$ ”		Grupo “ $\gamma$ ”	
	Comisión 1	Comisión 2	Comisión 3	Comisión 4	Comisión 5	Comisión 6
Primera clase	PE1	PE1	PE2	PE2	PE3	PE3
	Pretest		Pretest		Pretest	
Segunda clase	PE2	PE2	PE3	PE3	PE1	PE1
	PE3	PE3	PE1	PE1	PE2	PE2
	Postest		Postest		Postest	

**Sobre el cuestionario: instrumento de evaluación.** Este instrumento, con sólo una pregunta en razón de que es la que se analiza en este trabajo, se presenta a continuación. Como detalle del mismo, podemos señalar que en una primera parte se presenta en términos muy generales la práctica experimental, en la que se mencionan brevemente los elementos e instrumentos que poseen cada uno de los equipos, que por otro lado son los que perfilan las características de la práctica experimental, y finalmente, se hacen preguntas vinculadas con el uso de uno u otro equipo.

**CUESTIONARIO**

Suponga un carrito que se desliza por un plano inclinado, partiendo del reposo desde una posición inicial indicada como  $(x_0)$ . **Desprecie todo tipo de rozamiento** y suponga que dispone de distintos instrumentos con los cuales puede determinar la posición que ocupa el móvil en distintos instantes de tiempo.



**a. Cronómetro y cinta métrica.** Usted dispone de cronómetros que operará iniciando e interrumpiendo su cuenta de tiempos, para medir el tiempo que tarda el carrito en recorrer una cierta distancia. Por ejemplo usted puede arrancar el cronómetro cuando el carrito se suelta en  $x_0$  y detenerlo cuando el carrito pase por  $x_A$ . Una cinta métrica al costado de la pista, proporcionará datos de la posición del carrito.

**b. Sensores sonoros, almacenador de datos y computadora.** Usted cuenta con un sensor sonoro tipo radar, que automáticamente determina la posición del carrito cada dos

Punto	Tiempos t [s]	Posición X [m]
-----	0,580	0,132
-----	0,600	0,132
$(x_0, t_0)$	<b>0,620</b>	<b>0,132</b>
$(x_1, t_1)$	0,640	0,133
$(x_2, t_2)$	0,660	0,133
$(x_3, t_3)$	0,680	0,134
$(x_4, t_4)$	0,700	0,135
$(x_5, t_5)$	0,720	0,136
$(x_6, t_6)$	0,740	0,138
$(x_7, t_7)$	0,760	0,139
$(x_8, t_8)$	0,780	0,141
$(x_9, t_9)$	0,800	0,143

centésimas de segundo que transcurre y que conectado a un almacenador de datos, puede entregar la tabla que se indica. En dicha tabla, se advierte la posición (columna de la derecha) que ocupa el carrito y el tiempo (columna central) en el cual la ocupa. Los sensores sonoros pueden estar conectados a una computadora que operando sobre los datos de la tabla, los procesa y puede representar gráficamente las posiciones del carrito en el tiempo (función posición), la velocidad del carrito en el tiempo (función velocidad) y la aceleración del carrito en el tiempo (función aceleración). Obviamente, la computadora también puede dar las expresiones analíticas (fórmulas), con los parámetros y errores asociados.

c. **Registro de una película.** Usted dispone de un dispositivo (celular, cámara fotográfica, filmadora) para filmar la caída del cuerpo, y puede hacerlo de manera que registre en cada cuadro de la película (figura), la posición del carrito en su caída (la indica una cinta métrica especial adherida a la pista) y el tiempo que caracteriza al cuadro (la indica un cronómetro especial que denominamos "segundero analógico" (SA). Una vez hecha la filmación, usted podría detener el video en cualquier cuadro, observar la posición del carro y el tiempo transcurrido, y con esos datos construir una tabla similar a la que se muestra y operar sobre la misma.

### PREGUNTAS

1. Suponga que usted tiene la posibilidad de operar de las maneras A, B, C y D que se indican
  - A. Opera con **cronómetro** y **cinta métrica**, para obtener posiciones y tiempos.
  - B. Opera con el **sensor sonoro** y **computadora**. Con el primero obtiene automáticamente la tabla de posiciones y tiempos, y con la segunda los procesa.
  - C. Opera **filmando** la caída del carrito para luego tomar la información de posición y tiempo, que le provee cada uno de los cuadros de la misma.
  - D. **Otro** modo de operar

**Pensando en realizar una buena práctica experimental, ordene el modo de operar de acuerdo a su "preferencia".**

1. .... 2. .... 3. .... 4. ....

**NOTA:** EXPLIQUE BREVEMENTE el motivo del orden de su selección. Si le parece que ninguna de las opciones propuestas para trabajar es interesante, y usted dispone de una manera mejor de trabajar, también EXPLIQUE BREVEMENTE:

---

### III. RESULTADOS

Del total de alumnos del curso, sólo 83 respondieron el pretest y el postest, por ausencia en una de las aplicaciones del cuestionario o porque no respondieron las preguntas que estamos analizando. Los alumnos se identificaron de alguna manera (sobrenombre u otro código), lo que nos permitió reunir el pretest y el postest de un mismo alumno, para analizar sus respuestas. Cuando se hagan referencias a porcentajes, en cada uno de los grupos ("α", "β", "γ") el 100% se corresponderá con el total de alumnos de cada grupo: Grupo "α" (comisiones 1 y 2: 24 alumnos); Grupo "β" (comisiones 3 y 4: 21 alumnos); Grupo "γ" (comisiones 5 y 6: 38 alumnos).

**Modo de Trabajo Preferido.** En los siguientes gráficos (Figura 2) se presenta qué modo de trabajo prefirieron los alumnos. Cada letra representa un alumno, y ese alumno es representado con la letra indicativa del modo que eligió en el pretest. La primera representación de la Figura 2, ilustra sobre el modo preferido del Grupo "α" – Comisiones 1 y 2 (24 alumnos). La primer columna, indica las preferencias del pretest agrupadas en los tres universos posibles, y la segunda columna indica los resultados luego del postest, también agrupadas en los tres universos posibles y señalando las mudanzas de preferencias de los alumnos, entre el pre y pos test.

Por ejemplo, la lectura del conjunto superior de la primera columna, indica que los tres alumnos que habían preferido en el pretest el modo "A", dos mudaron al modo "B" y uno al modo "C". Por otro lado, el conjunto superior de la segunda columna, está indicando que dos alumnos (CC) que habían elegido el modo "C" en el pretest, eligieron el modo "A" en el postest, y que un alumno en la misma mudanza, pasó del modo "B" al modo "A". Así se pueden analizar otras mudanzas de este grupo "α". El mismo gráfico se ha realizado para los grupos "β" y "γ".

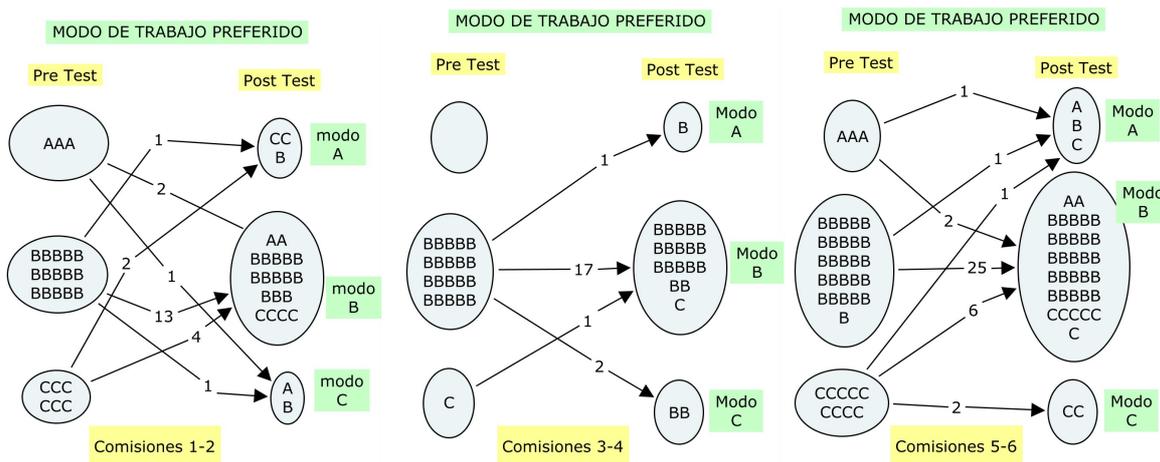


FIGURA 2. Modo de trabajo preferido por los alumnos en las diferentes comisiones y cómo muda entre pre y postest. Cada letra representa a un alumno y es indicativa del modo (A, B o C) que eligió en el pretest.

Para intentar un análisis de los resultados que expresan estas representaciones, es necesario tener en cuenta que el pretest se realizó en los últimos 30min de una clase en la cual se había realizado un tipo de práctica experimental (PE1, PE2 o PE3), según la distribución de prácticas por comisiones que indica la Tabla I, y que el postest (el mismo cuestionario) se realizó en los 30 min del comienzo de la clase en la que debían entregar el informe del TPL realizado, luego de realizar las tres experiencias propuestas.

También indicada en la tabla I. En consecuencia, las mudanzas que se advierten en las representaciones, indican su preferencia luego de haber operado con una de las tres prácticas y luego de haber operado con las tres y haber elaborado el informe de todas las prácticas realizadas.

Como primeras conclusiones podríamos señalar que es clara la preferencia de los alumnos, tanto en el pretest como en el postest, por el modo de trabajo B. Aparentemente el orden de preferencia sería de mayor a menor: modo de trabajo “B”, modo de trabajo “C”, modo de trabajo “A”. Puede interpretarse de acuerdo a lo que expresan los distintos modos de trabajo, que el orden de preferencia es de mayor a menor automatización, y que esto ocurre en todos los grupos y con independencia del orden cronológico de como hayan realizado las distintas experiencias.

**Criterios manifestados para elegir el modo de trabajo preferido.** En la primera pregunta, los alumnos debían elegir un modo de trabajo (A, B o C) y disponían de cuatro renglones para explicar el motivo por el cual elegían ese modo. Dado que las respuestas fueron variadas y en general respondiendo a distintos aspectos asociados con una práctica experimental, luego de identificar las respuestas, se agruparon las mismas en las siguientes 3 categorías:

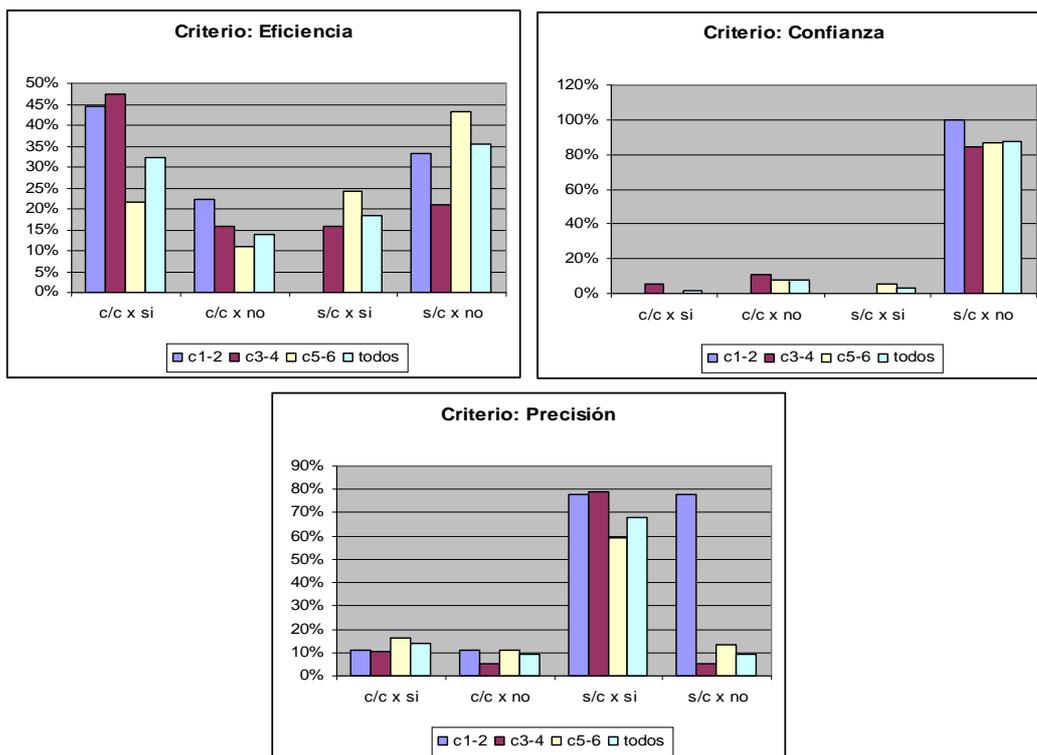
**Eficiencia “e”:** manifiestan darle prioridad a la eficiencia, practicidad, posibilidad de repetir la experiencia, organización, sencillez, comodidad o facilidad de obtener los datos, rapidez y cantidad de datos que se obtienen

**Confianza “c”:** se reúnen en esta categoría criterios de confianza, conocimiento, gusto o interés, preferencia personal o del docente

**Precisión “p”:** incluyen manifestaciones de exactitud o precisión, menores errores, mejores resultados

En los gráficos que siguen, en ordenadas se indican porcentajes, y estos se calculan en cada uno de los grupos (“α”, “β”, “γ”) correspondiendo el 100% con el total de alumnos de cada grupo que explicaron el “por qué” de su preferencia. En abscisas se distinguieron cuatro categorías, de acuerdo a la presencia del criterio en el pre y/o en postest. Estas categorías son:

- “c/c x sí”: son los alumnos que en el pre no tuvieron en cuenta ese criterio, pero en el post sí.
- “c/c x no”: en el pre si tuvieron en cuenta ese criterio, pero en el post no.
- “s/c x sí”: los alumnos que no cambiaron y en las dos encuestas tuvieron en cuenta este criterio.
- “s/c x no”: los alumnos que no cambiaron y en las dos encuestas no tuvieron en cuenta este criterio.



**FIGURA 3.** Criterios manifestados por los alumnos al justificar su preferencia en el modo de trabajo para las diferentes comisiones. **c/c:** con cambios entre pre y postest - **s/c:** sin cambios - **x si:** incluye ese criterio - **x no:** no lo incluye

Como rasgo distintivo de estos resultados y en un primer análisis, en el primer gráfico son significativos **los porcentajes de alumnos “c/c x si”, que luego de realizar las tres prácticas, en el postest, seleccionan el modo de trabajo teniendo en cuenta la eficiencia de la práctica** (conjunto de columnas de la izquierda), que no habían tenido en cuenta en el pretest. También son significativos los porcentajes de alumnos “s/c x no”, que no cambiaron y en las dos encuestas no tuvieron en cuenta este criterio.

En el segundo gráfico, sólo aparece como significativo el conjunto de columnas de la derecha de alumnos, “s/c x no”, que no cambiaron y en las dos encuestas no tuvieron en cuenta este criterio.

En el tercer gráfico, se advierte en el tercer conjunto de columnas contando desde la izquierda, porcentajes importantes de alumnos “s/c x si” que no cambiaron y en las dos encuestas tuvieron en cuenta este criterio. Resumiendo y en términos globales, en los dos primeros gráficos se advierte que los criterios “eficiencia” y “confianza” cambian significativamente desde una primer test (pretest) antes del cual sólo conocían una de la prácticas experimentales, al segundo test (postest) al que llegan con las tres prácticas realizadas. El tercer gráfico muestra a la categoría “precisión” como inmutable: fue tenido en cuenta en el pretest y en el postest.

En las representaciones gráficas que siguen, se observa que la categoría “eficiencia” es medianamente considerada (alrededor del 30% en el pretest y crece significativamente (alrededor de un 20%) en el postest). La categoría “confianza” es muy poco considerada al seleccionar el modo de trabajo preferido, y disminuye entre el pre y el postest. Y finalmente, la categoría “precisión” es la más tenida en cuenta (alrededor del 80%), tanto en el pretest como en el postest. Entre grupos, no se advierten diferencias importantes.

**Correlación Entre las diferentes variables.** Los valores de correlación entre las diferentes variables estudiadas fueron considerados: Nulos o sin correlación ( $r < 0.2$ ). Levemente (poco) correlacionados ( $0.2 < r < 0.4$ ). Correlacionados significativamente ( $0.4 < r < 0.6$ ). Y fuertemente correlacionados ( $0.6 < r < 1$ ). Se puede observar que:

- La elección del **modo preferido de trabajo** (Figura 2) no se ve afectado por el docente, puesto las correlaciones que presentan cada comisión de alumnos de un mismo grupo ( $\alpha$ ,  $\beta$  o  $\gamma$ ) analizada separadamente es similar entre ellas y a la que se calcula analizando las dos comisiones juntas (por

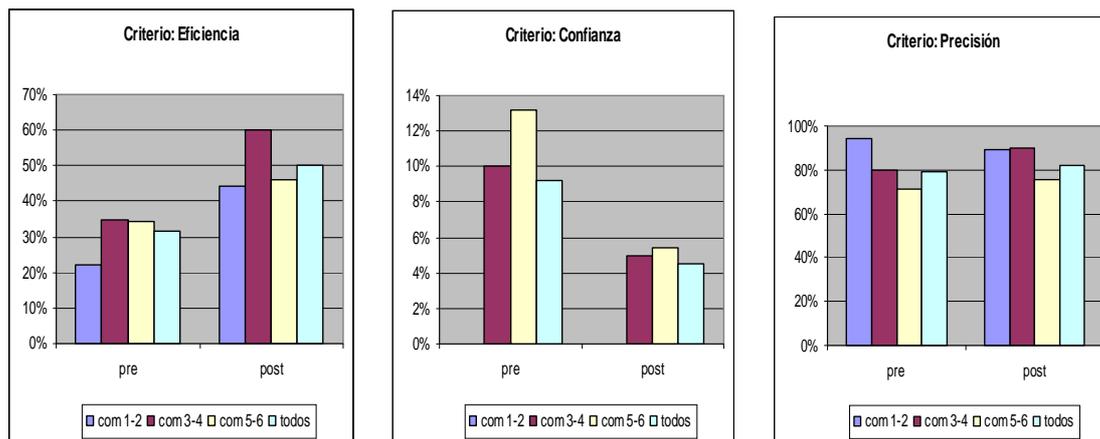
ejemplo, las comisiones 5 y 6 juntas conformando el grupo  $\gamma$  y ambas – Com 5 y Com 6 – separadas, no presentan diferencia).

- Las razones que los alumnos esgrimen (Figuras 3 y 4) para justificar su elección de modo de trabajo preferido, dependen de la mediación del docente (en numerosos casos se nota diferencia de comportamiento entre las dos comisiones que participan del mismo grupo  $\alpha$ ,  $\beta$  o  $\gamma$ ).

Con respecto a las preferencias de los diferentes modos de trabajo:

- Hay una leve correlación positiva entre elegir el modo de trabajo A y justificar su elección con criterios de confianza (valores de  $r$  entre 0,2 y 0,3) y negativa entre elegir ese modo A y utilizar criterios de precisión (valores de  $r$  entre 0,27 y 0,37).

- La preferencia de los alumnos independientemente de en qué grupo se encuentran por el modo de



**FIGURA 4.** Criterios manifestados por los alumnos al justificar su preferencia en el modo de trabajo para las diferentes comisiones. Diferenciados en el pre y postest.

trabajo B se ve refrendada por la fuerte correlación entre haber elegido el modo de trabajo implementado en la primer práctica y pertenecer al grupo  $\beta$  ( $r=0,73$ ) al mismo tiempo que para los otros dos grupos dicha correlación es negativa ( $r=-0,35$  y  $r=-0,44$  respectivamente).

- Hay una correlación significativa y negativa entre elegir el modo de trabajo B y justificar su elección con criterios de confianza ( $r=-0,4$ ), mientras que es menos significativa pero positiva con criterios de precisión.

- Hay algunas correlaciones entre el modo de trabajo elegido (A, B o C) con un determinado grupo de comisiones ( $\alpha$ ,  $\beta$  o  $\gamma$ ) en el pretest (A con  $\gamma$   $r=0,19$ ; B con  $\beta$   $r=0,32$ ; C con  $\gamma$   $r=0,28$ ) pero no se ven correlación alguna de este tipo en el postest.

Con respecto a las razones con que los alumnos justifican la elección del modo de trabajo preferido:

- A pesar que los alumnos podían responder libremente respecto a estos criterios, se da una tendencia a ser excluyente: Se tiende a considerar uno de esa clase de criterios y no varias (con correlación negativa). Eficiencia y precisión aparecen excluyentes en el pretest ( $r=-0,48$ ) y en el postest ( $r=-0,31$ ). Eficiencia y confianza solo en el postest ( $r=-0,22$ ). Confianza y precisión se excluyen en los dos ( $r=-0,40$  y  $r=-0,27$  respectivamente)

No hay correlaciones visibles entre estas razones manifestadas y la pertenencia a las diferentes comisiones. Ni en el pretest ni en el postest.

#### IV. CONCLUSIONES

Atento a los resultados obtenidos, podríamos señalar como importante que la categoría precisión es la que guía los pasos de los alumnos al momento de seleccionar el modo de trabajo para encarar una práctica experimental como las propuestas, en la cual se deben medir posiciones de un cuerpo y el instante de tiempo en el cual ocurren. El número de estudiantes que se basaron en este criterio para elegir el modo de trabajo es muy similar en el pretest y en el post test de los tres grupos analizados (Figura 4), lo cual permitiría pensar que la presencia de este criterio para hacer la elección no está influenciada por las distintas prácticas que realizaron inicialmente los tres grupos antes de realizar el pretest. Tal vez esta tendencia pueda atribuirse a que nuestros alumnos tengan asociada la precisión y el concepto de calidad

de una medición con la forma de trabajar en el laboratorio. Esto también puede deberse a que la primera unidad de Física I tiene una fuerte carga en torno a mediciones y errores asociados. Esto que ocurre tanto en el pretest como en el postest, nos estaría indicando que el haber realizado una práctica (previa al pretest los alumnos hicieron la PE1, la PE2 o la PE3) o las tres (cuando realizan el postest ya han realizado las tres prácticas), nos estaría indicando que la categoría “precisión” en la cual se incluyen manifestaciones de exactitud o precisión, menores errores, mejores resultados, valores justos, exactos, verdaderos, va más allá de una práctica experimental o de un conjunto de prácticas experimentales. Tal vez sea considerada como una característica del trabajo en el laboratorio asociada al trabajo científico.

Entre grupos, independiente de como haya sido la cronología de las prácticas, no se advierten diferencias significativas.

En relación con las mudanzas, cambios de criterios para elegir un modo de trabajo en el laboratorio, en las representaciones gráficas (Figuras 3 y 4) se advierte en términos globales, que en los dos primeros gráficos los criterios “eficiencia” y “confianza” cambian significativamente entre el pretest y el postest. El abandonar el criterio confianza y su remplazo por eficiencia tiene sentido ya que al realizar el postest los estudiantes conocían las tres prácticas experimentales debido a que ya las habían utilizado, mientras que al realizar el pretest solo habían utilizado una de ellas. El tercer gráfico muestra a la categoría “precisión” como inmutable: fue tenido en cuenta en el pretest y en el postest. Ese último resultado, refuerza lo que señalamos en el primer párrafo acerca de la idea de precisión que tienen los alumnos.

Finalmente, las representaciones gráficas de la Figura 2 nos están señalando una clara preferencia de los alumnos, tanto en el pretest como en el postest, por el modo de trabajo B y en segundo lugar por el C. Aparentemente el orden de preferencia sería de mayor a menor: modo de trabajo “B”, modo de trabajo “C”, modo de trabajo “A”. Puede interpretarse de acuerdo a lo que expresan los distintos modos de trabajo, que el orden de preferencia es de mayor a menor automatización, y que esto ocurre en todos los grupos y con independencia del orden cronológico de como hayan realizado las distintas experiencias. En suma, tanto el modo “B” como el “C” están asociados a las nuevas tecnologías (PC, celular, sensores sonoros computarizados, películas, fotografías, etc.) y en principio éstas, para los alumnos, son sinónimo de precisión, exactitud, valores verdaderos, velocidad en la toma de datos, muchas cifras en los resultados, menores errores, mejores resultados, y en consecuencia, una mejor calidad de la medición.

Desde el punto de vista del proceso de enseñanza y de aprendizaje de la Física, y dada la preferencia de los alumnos por las nuevas tecnologías, deberíamos preguntarnos cuánto aportan como herramienta a incorporar en la práctica docente, e investigar sobre cómo lograr su mejor uso en la educación.

## REFERENCIAS

Bigliani J. Capuano V. Martín J. Bordone E. Ruderman A., 2014. Reflexiones sobre las nuevas tecnologías, la medida de los tiempos y las incertezas asociadas. *Revista de Enseñanza de la Física*. Vol.26, No. Extra, Dic. 2014, p333-345 (Memorias de SIEF XII).

Bravo, S. y Pesa, M., 2007. El aprendizaje del concepto de error experimental en la medición de magnitudes Físicas. *Memorias de REF XV*. Páginas: 10p.

Capuano, V. y González, M., 2008. Sobre cómo se incorporan las NTICS a la práctica docente en general y a la práctica experimental en particular, en Física. ”. *Memorias en CD del VI CAEDI* – ISBN 978-987-633-011-4. Trabajo N° 355. Páginas: 8.

Capuano, V. y González, M., 2009. Los docentes ¿promueven la investigación al utilizar las tecnologías de la información y la comunicación? *Memorias del TallertIC*. ISBN: 978-84-8138-837, pp. 163-169.

Capuano, V. y Bigliani, J.C., 2012. “Algunos resultados de la incorporación de las TICs a las prácticas experimentales”. *Memorias del SIEF XI* – Organizado por APFA, UN Pat y por el ISFD N° 804. Esquel, Chubut, octubre de 2012. ISBN 978-987-1937-12-7.

Capuano, V. y González, M., 2013. ¿Cambian los aprendizajes que se logran en física, cuando se incorporan las tics en la práctica experimental? Publicado en las *Memorias de REF XVIII*, ISBN-978-950-746-220-7, que organizó la U.N. de Catamarca y APFA. Catamarca.

Fonseca, M. y Maidana, N., 2013. *Aplicação do Laboratório Virtual no curso de licenciatura em Física da Universidade de Sao Pablo*. Memoria REF XVIII. Catamarca.

Gimp programa de manipulación de imágenes de GNU. (s.f.). Recuperado el 17 de febrero de 2014, de <http://docs.gimp.org/2.8/es>.

González, M.; Capuano, V. y Zalazar, J., 2009. Sobre cómo evoluciona el uso de las TICs en la Enseñanza de la Física, en los últimos 10 años. *Memorias de REF XVI*. Páginas: 12.

Kofman, H., (2005). Nuevos contenidos y metodologías con NTICs en la Enseñanza de la Física. *Revista de Física de La Argentina (FCEfyN –UNC) Número extraordinario*. pp 20-27.

Leitão, L.; Dorneles Teixeira, P. y Saraiva da Rocha, F., 2011. A vídeo-análise como recurso voltado ao ensino de física experimental: um exemplo de aplicação na mecânica. *REIEC* Vol. 6 N° 1. pp. 1-15.

Novak, J. (1990). *Teoría y Práctica de la Educación*. Editorial Alianza Universitaria. IV reimpresión. Madrid, España, 175p.

Pesa, M., Bravo, S. y Pérez, S., 2012. La importancia de las actividades de Laboratorio en la Formación en Física de Ingenieros. *SIE11*, pp. 61-67.

Pontes, A. 2001. Nuevas formas de aprender Física con ayuda de Internet: una experiencia educativa para aprender conceptos y procesos científicos. *Revista Alambique* N° 29 pp 84-94.

Sáez, M.; Pintó, R. y García, P., 2005. Relaciones conceptuales en el uso de MBL para el estudio del movimiento, *Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra. VII Congreso.

Sampallo, G. y Mesa, S., (2006). La cámara digital en el estudio del movimiento. *Memoria del V Congreso Argentino de Educación en la Ingeniería*.. Mendoza. pp 527-534.

San Martí, N. y Izquierdo, M., 2001. Cambio y conservación en la enseñanza de las ciencias ante las TIC. *Revista Alambique* N° 29 pp 71-83.

Testa, I.; Monroy, G. y Sassi, E., 2002. Student's reading images in kinematics: the case of real-time graphs, *International Journal of Science Education*, 24 (3), 235-256.

Tracker video analysis and modeling tool. (s.f.). Recuperado el 17 de febrero de 2014, de <https://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker>.

Yanitelli, M.; Rosolio, A. y Massa, M., 2007. UN sistema informático para adquirir y procesar datos experimentales: de “caja negra” a instrumento de medida. *REF XV*. Páginas: 10p.

Yanitelli, M.; Rosolio, A. y Massa, M., 2004. La práctica experimental como generadora de ideas para la asimilación de nueva información, *Memorias del VII SIEF*.