

# El uso de calculadoras con sensores en el aprendizaje de circuitos eléctricos



**Mónica Quezada-Espinoza, Genaro Zavala**

*Grupo de Investigación e Innovación en la Educación de la Física, Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey, Ave. Eugenio Garza Sada 2501, Monterrey, Nuevo León, México.*

**E-mail:** genaro.zavala@itesm.mx

(Recibido el 27 de Junio de 2014, aceptado el 19 de Noviembre de 2014)

## Resumen

En este estudio se propone el uso de calculadoras con capacidad de conexión de sensores para facilitar la utilización de estrategias de aprendizaje activo en las cuales se use equipo de laboratorio. La estrategia utilizada fue *Física en tiempo real* [1] modificada para que en lugar de usarse con computadoras, se utilice con calculadoras. Para demostrar la eficacia de esta estrategia, se compara el entendimiento conceptual y la conducta de los estudiantes al realizar dos prácticas de circuitos eléctricos utilizando dos estrategias de aprendizaje activo: 1) *Física en tiempo real* [1] con calculadoras graficadoras y sensores y 2) *Tutoriales para física introductoria* [2]. Se tomó una muestra de 200 estudiantes en una universidad privada mexicana con quienes aproximadamente la mitad se implementó la primera estrategia y con la otra mitad se implementó la segunda estrategia. A través de un test de opción múltiple se encontró que los dos grupos lograron un entendimiento conceptual comparable. Con una observación sistemática y una encuesta se encontró que *Física en tiempo real* con calculadora promueve una mayor interacción entre los estudiantes. En el trabajo se detallan las ventajas de utilizar calculadoras graficadoras en laboratorios de física introductoria.

**Palabras clave:** Estrategias de aprendizaje activo, entendimiento conceptual, laboratorio, calculadora y sensores.

## Abstract

This study proposes the use of calculators that are capable of connecting sensors to facilitate the use of active learning strategies in which laboratory equipment is used. The strategy used was *Real-time physics* [1] modified so that instead of being used with computers, calculators were used. To demonstrate the effectiveness of this strategy, the conceptual understanding and student conduct with two electrical circuits practices using two active learning strategies are compared: 1) *Real-time physics* [1] and graphing calculators with sensors and 2) *Tutorials for introductory physics* [2]. The sample was a total of 200 students from a private Mexican university with half of the students the first strategy was implemented and with the other half the other strategy was implemented. A multiple choice test was used to find that both groups had very similar conceptual understanding. With a systematic observation and a survey we found that students showed more interactivity and interest when *Real time physics* was used. This work will present the advantages of using graphing calculators with probes in physics laboratories.

**Keywords:** Active learning strategies, conceptual understanding, laboratory, graphing calculator with probes.

**PACS:** 01.40.Fk, 01.40.gb, 01.50.Pa  
**9095**

**ISSN 1870-**

## I. INTRODUCCIÓN

Estudios de entendimiento conceptual por parte de estudiantes referentes a circuitos eléctricos simples han sido abordados por investigadores del área de la educación de la física; y en particular, estudios de conceptos de corriente, resistencia y diferencia de potencial [3, 4, 5]. Con el propósito de mejorar el aprendizaje conceptual de los estudiantes, investigadores han diseñado estrategias que promueven el aprendizaje activo en el aula y el laboratorio [1, 2]. Algunas de las estrategias usan equipo simple de laboratorio (focos, cables, baterías) [2] y otras usan equipo más sofisticado para medir corrientes y voltajes usando computadoras y sensores [1]. El uso de tecnología, y en particular, sensores los cuales apoyan en la recolección de

datos en tiempo real, ha demostrado a través de estudios que su uso mejora el aprendizaje conceptual de los estudiantes [6, 7, 8].

En particular, la estrategia *Física en Tiempo Real* [1] (*FTR*) ha sido muy exitosa en su implementación. Sin embargo, el uso de una computadora para cada equipo de alumnos puede ser, en algunos casos, un costo importante para las instituciones. En el mercado en este momento se tienen calculadoras que tienen la posibilidad de usar sensores así como las computadoras. El uso de calculadoras, además de ser un costo menor para las instituciones, tiene dos ventajas adicionales, los alumnos pueden ya contar con ellas y su gran portabilidad.

En esta investigación se propone la implementación de la estrategia *FTR* [1] modificada para que se usen

calculadoras en lugar de computadoras en la adquisición de datos en el laboratorio. Actualmente, en la institución donde se llevó esta investigación es una universidad privada del noreste de México la cual utiliza los *Tutoriales para física introductoria (Tutoriales)* [2] en las sesiones de laboratorio de electricidad y magnetismo (EM). Con el propósito de indagar el impacto de la implementación de tecnología en el laboratorio, se propone un cambio de estrategia que involucre el uso de la calculadora graficadora Texas Instruments (TI) Nspire CX CAS que tiene la capacidad de conectarse a sensores Vernier.

La estrategia fue aplicada con una versión modificada de *FTR*, ajustada a las condiciones del contexto. Los temas elegidos para realizar esta investigación fueron corriente y resistencia, y diferencia de potencial. El objetivo principal es indagar el aprendizaje conceptual de los estudiantes con el uso de la estrategia *FTR* con el uso de calculadoras y sensores como sistema de adquisición de datos. Los objetivos derivados son 1) comparar el aprendizaje conceptual de los estudiantes que realizan el laboratorio de EM utilizando la estrategia *FTR* con calculadora y sensores de corriente y voltaje, con el aprendizaje conceptual de los estudiantes que realizan el laboratorio con *Tutoriales*; 2) analizar la conducta de los estudiantes al realizar las prácticas de laboratorio *FTR* y compararlo con los estudiantes que llevan laboratorio con los *Tutoriales*; finalmente, 3) identificar la viabilidad y el éxito de dicha implementación en un ambiente donde ya se han utilizados estrategias de aprendizaje activo.

En las secciones posteriores se hablará de las principales teorías que sustentan la investigación, así como también los estudios que se han realizado en el área. Después se describe la metodología utilizada para la recolección de datos y por último se presentan los resultados obtenidos y las conclusiones.

## II. MARCO TEÓRICO

### A. Estrategias de aprendizaje activo

Actualmente, dentro del campo de la investigación en educación de la física, las estrategias de aprendizaje activo son parte importante de esta área de investigación. Las secuencias didácticas que tratan de mejorar el aprendizaje datan desde el siglo pasado [9]. En los últimos 35 años el área de investigación en educación de la física ha tenido una intensa tarea de proponer estrategias de aprendizaje activo.

Muchas de ellas se han basado en el uso de laboratorios donde el estudiante trabaje en una secuencia a través del razonamiento científico usando equipo. El hecho de que los estudiantes mantengan sus manos y sus mentes ocupadas promueve una mejora importante en su aprendizaje conceptual [10]. Similarmente, grupos de investigación han realizados estudios que demuestran la efectividad en el aprendizaje conceptual de los estudiantes cuando realizan sesiones de laboratorio guiadas [11], comparándolas con alumnos que realizan laboratorios tradicionales.

Una estrategia que ha dado excelentes resultados en el aprendizaje conceptual de conceptos de física son los *Tutoriales para física introductoria* [2], en los cuales se

desarrolla un modelo a través del conflicto cognitivo, indagando entre lo que el alumno sabe y el conocimiento científico que se quiere incorporar [12]. Además, otra estrategia que ha dado excelentes resultados hace uso de computadoras en el laboratorio, rediseñando así la manera de guiar las sesiones de laboratorio y proponiendo un currículum completamente innovador, el cual se denomina *Física en Tiempo Real (FTR)* [13]. FTR consta de 3 etapas, a) una tarea previa a la sesión de laboratorio, b) la práctica de laboratorio (hojas de trabajo) que involucra el uso de un software computacional y sensores y c) una tarea que prepara al estudiante para la siguiente sesión de laboratorio.

*Tutoriales para física introductoria y Física en Tiempo Real* son, entre otras, estrategias de aprendizaje activo que promueven la discusión, el involucramiento y el desarrollo de conocimiento científico de conceptos fundamentales de física universitaria introductoria a través de la confrontación entre lo que un alumno sabe y lo que está experimentando.

### B. Uso de tecnología para enseñar física y matemáticas

La implementación de tecnología en el aula data de finales de los años 80 y principios de los 90, donde el principal aparato involucrado ha sido la computadora de escritorio acompañándola el uso de software especial para realizar mediciones con el uso de sensores de movimiento, fuerza, temperatura, etc. [14]. La computadora se ha vuelto muy importante para la educación en física ya que permite al profesor y alumnos recolectar información con sensores, manipular datos, analizar videos, ver presentaciones interactivas, manipular simulaciones computacionales de fenómenos físicos, etcétera [15, 16, 17].

Sin embargo, con el avance de la tecnología entra en escena la calculadora graficadora, que actualmente tiene la capacidad tecnológica de soportar un software computacional, con la ventaja de que es más accesible en costo y portabilidad. El uso de la calculadora se ha venido registrando más en clases de matemáticas y ha demostrado tener un efecto positivo en los estudiantes que la utilizan, ya que permite al estudiante acercarse a las situaciones gráficas, numéricas y simbólicas, además de que conduce a mejorar sus habilidades para graficar, calcular, interpretar datos, entender funciones, explicar gráficas y resolver problemas [17].

Tomando en cuenta que ahora la calculadora graficadora tiene la facultad de realizar las mismas tareas que una computadora para tomar mediciones con sensores, recolección de datos en tiempo real, realización de gráficas y repetición de experimentos, profesores han optado por explotar su utilidad e implementar su uso en las clases de matemáticas [18]. Se ha obtenido como resultado una mayor interacción entre los alumnos, mejorando el ambiente de aprendizaje [15].

### C. Aprendizaje conceptual de circuitos eléctricos

Situaciones que parecieran simples, como la de un foco conectado a una pila por medio de dos cables, han sido hitos que protagonizan el estudio de los conceptos básicos de circuitos eléctricos simples.

La principal dificultad de los estudiantes que muestran un bajo aprendizaje conceptual acerca de conceptos básicos de circuitos eléctricos simples como voltaje, corriente, energía, potencia, o una combinación de estos, es que no diferencian entre uno u otro concepto [20]. El concepto de corriente en circuitos en serie y paralelo muestra un nivel de dificultad alto para los estudiantes ya que investigaciones realizadas reportan que los alumnos piensan, por ejemplo, que en un circuito en serie con dos resistencias, la corriente es mayor en la primer resistencia que en la segunda ya que ésta se “gasta” o se “queda” parte de la corriente en la primer resistencia [21, 22, 23]. De manera similar, se ha encontrado que los estudiantes consideran que una batería es una fuente de corriente constante [5].

Este tipo de dificultades conceptuales se deben, principalmente, a que los estudiantes se confunden entre conceptos básicos (corriente con voltaje, potencia con energía), haciendo más difícil para ellos comprender conceptos más complejos [20].

### III. METODOLOGÍA

#### A. Muestra

La investigación fue realizada en una universidad privada localizada en el noreste de México. Los participantes fueron 200 estudiantes inscritos en el curso de Electricidad y Magnetismo (EM). Este curso se imparte 3 horas clase por semana, divididas en dos sesiones y además 1.5 horas de laboratorio, por semana (total de 4.5 horas a la semana).

De manera aleatoria se dividió al grupo de estudiantes en dos para tener un diseño experimental con un grupo prueba (GP) y un grupo control (GC). El GC llevó a cabo el laboratorio de manera acostumbrada, utilizando los *Tutoriales*. Mientras que el GP realizó el laboratorio utilizando la estrategia de *FTR* con calculadora y sensores, en la siguiente sección se describe con mayor detalle cómo fue aplicada dicha estrategia.

#### B. Física en Tiempo Real

*FTR* es una estrategia que consta de tres partes. La primera parte consta de una tarea previa que prepara al estudiante para el laboratorio. La segunda parte es el laboratorio, en donde los estudiantes guiados por hojas de trabajo realizan experimentos con el uso de computadora y sensores que les permiten adquirir habilidades y aprendizaje conceptual acerca del tema en cuestión. Finalmente, la tercera parte consta de una tarea que ayuda a reforzar lo visto en las partes anteriores.

Para esta investigación se modificó dicha estrategia cambiando el uso de computadora por el uso de calculadora TI-Nspire CX CAS (TI), la cual cuenta con las mismas funciones que en este caso hace la computadora y la interfaz, utilizar sensores para realizar mediciones en tiempo real. El uso de TI representa una mejoría en la portabilidad y costo tanto para la institución como para los alumnos.

Aunado a esto, las hojas de trabajo se ajustaron a las condiciones contextuales, pues el laboratorio de *FTR* está diseñado para ser realizado en 2 horas, en la institución que se realizó esta investigación los estudiantes cuentan con 1 hora y 15 minutos pues al final de cada sesión de laboratorio se les hace una pequeña evaluación que dura aproximadamente 10 minutos. Cabe destacar que para fines de esta investigación y dadas las restricciones experimentales, *FTR* sólo se utilizó en su segunda etapa (el laboratorio).

La investigación se llevó a cabo durante dos semanas, para abarcar dos temas: corriente y resistencias (Lab 5) y diferencia de potencial (Lab 6). En la tabla I se describe la distribución de la muestra por grupo y laboratorio. Durante el semestre que se llevó a cabo la investigación, había un total de 19 grupos de laboratorio de EM, de los cuales se tomaron 16 para cada tema (Lab 5 y Lab 6).

**TABLA I.** Distribución de la muestra para cada sesión de laboratorio.

	Grupo prueba (GP)	Grupo Control (GC)
Lab 5 (Corriente y resistencias)	115	83
Lab 6 (Diferencia de potencial)	124	90

Cada laboratorio cuenta con un instructor previamente capacitado para guiar a los estudiantes tanto con el uso de *Tutoriales* como *FTR* con calculadora y sensores. Dentro de una sesión de laboratorio el grupo de aproximadamente 16 alumnos se dividen en mesas de trabajo de cuatro integrantes.

#### C. Instrumentos

Para cumplir nuestros objetivos se utilizaron tres instrumentos, los cuales se describen a continuación.

##### C1. Test de opción múltiple

Para medir el entendimiento conceptual de los estudiantes se aplicó a todos los grupos (tanto GP como GC) un test individual de opción múltiple al final de la sesión de laboratorio. Este test fue construido a partir del DIRECT [5], instrumento que fue desarrollado para evaluar conceptos de circuitos eléctricos con corriente directa. Se tomaron cinco reactivos para evaluar el aprendizaje de corriente y resistencias (Lab 5) y cinco reactivos para evaluar diferencia de potencial (Lab 6). Apéndice A.

##### C2. Observación sistemática

La conducta de los estudiantes durante la realización de la práctica se analizó a través de la observación sistemática por parte de los autores (ver Apéndice B). Se observó tanto estudiantes del GP como del GC de cada laboratorio (Lab 5 y Lab 6) aplicando los criterios y categorías prediseñadas.

Se realizó la observación en los grupos seleccionados aleatoriamente. Las categorías tomadas en cuenta para realizar la observación en los dos grupos fueron las siguientes: manipulación de la tecnología (MT), calculadora (TI), multímetro (MU), interacción entre los integrantes de la mesa (IE), solicitud de ayuda al instructor (AI), conclusiones (CO) y tiempo que tardan resolviendo la práctica (TT). Los autores eligieron estas categorías ya que se deseaba indagar en el impacto de los estudiantes hacia el cambio de instrucción.

### C3. Encuesta

Al final de las dos sesiones de laboratorio se aplicó una encuesta a los instructores de laboratorio, para conocer su impresión respecto a la práctica y a la conducta observada en los estudiantes (ver Apéndice C). La encuesta consta de preguntas si/no que se complementan con preguntas de respuesta abierta y enunciados con escala Likert con escala del 1 al 5 que va de completamente en desacuerdo a completamente de acuerdo, respectivamente. Las áreas de estudio que la encuesta abarca son: 1) uso eficiente del tiempo, 2) espacio de trabajo y equipo, 3) comparación del desempeño entre el grupo que tomó la estrategia y el que no, 4) discusión entre estudiantes y 5) recomendaciones y opiniones personales de los instructores [24].

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### A. Test de opción múltiple

Los test aplicados constan de 5 reactivos cada uno, se asignó un valor de 20 puntos por reactivo, por lo que el valor máximo de puntuación es 100 para cada test. La tabla II muestra el análisis estadístico de los resultados obtenidos de los test de salida para cada sesión de laboratorio.

**TABLA II.** Análisis estadístico realizado para los laboratorios Lab 5 y Lab 6.

	Lab 5. Corriente y resistencias		Lab 6. Diferencia de potencial	
	GP (n=115)	GC (n=83)	GP (n=124)	GC (n=90)
Media	70.43	66.02	64.35	62.89
Mediana	80	60	60	60
Desv. stdr.	24.329	23.108	26.694	27.242

Para analizar los resultados obtenidos se realizó una comparación de medias con pruebas *t Student* para muestras independientes entre los resultados de los alumnos del GC y aquellos de los alumnos del GP. Para aplicar esta prueba se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, las pruebas se realizaron con un  $\alpha=.05$ . La tabla III muestra los resultados generales de la diferencia de medias de los tests aplicados. En los dos tests aplicados a la salida de cada laboratorio, no se encontraron diferencias significativas entre los resultados, es decir, los estudiantes

en el GP aprendieron de manera similar que los estudiantes en el GC, al menos medido por estos tests de cinco preguntas provenientes del DIRECT [5].

**TABLA III.** Análisis estadístico de la prueba *t Student* para los tests aplicados en las dos sesiones de laboratorio

Test Lab 5	p=0.200, t= 1.285, gl= 196
Test Lab 6	P= 0.695, t= 0.393, gl= 212

Asimismo, se aplicó la misma prueba *t Student* para muestras independientes para cada reactivo de cada test para observar si existen diferencias por pregunta. Las tablas IV y V muestran los resultados obtenidos para los tests del Lab 5 y Lab 6. Así como en cada uno de los exámenes en general, las pruebas *t Student* de manera individual por pregunta, se realizaron con un  $\alpha=.05$ .

**TABLA IV.** Análisis estadístico de la prueba *t Student* para cada reactivo del test de corriente y resistencias

Lab 5. Corriente y resistencias	
R01	p=0.280, t=1.084, gl=196
R02	p=0.808, t= .244, gl=196
R03	p=0.179, t=1.348, gl=196
R04	p=0.698, t= .389, gl=196
R05	p=0.450, t= .757, gl=196

**TABLA V.** Análisis estadístico de la prueba *t Student* para cada reactivo del test de diferencia de potencial

Lab 6. Diferencia de potencial	
R01	<b>p=0.005, t=2.854, gl=212</b>
R02	p=0.799, t= -.255, gl=212
R03	p=0.765, t= -.299, gl=212
R04	p=0.967, t= -.041, gl=212
R05	p=0.192, t= -1.309, gl=212

En este caso, las pruebas estadísticas no muestran diferencias significativas en las respuestas a las preguntas con excepción de la pregunta 1 del test del laboratorio 6 cuya práctica fue diferencia de potencial.

Mediante el análisis estadístico se pudo comparar las estrategias *FTR con calculadora y sensores* y *Tutoriales* mediante el análisis de los resultados de los estudiantes en los exámenes al finalizar cada laboratorio del curso EM. Se demostró que *FTR con calculadora y sensores* y los *Tutoriales para física introductoria* son estrategias comparables en la comprensión conceptual obtenida por los alumnos después de la realización del laboratorio en este contexto (ver Tabla III). Sin embargo, en el análisis por reactivos se puede observar que el primer reactivo del test de diferencia de potencial (Lab 6) sí tuvo una diferencia estadística significativa entre la media del GP y GC (ver tabla V). En el apéndice A se muestra el primer reactivo del test de diferencia de potencial así como los dos exámenes completos.

Los estudiantes del GP que realizaron las prácticas de laboratorio con la estrategia *FTR con calculadora y sensores* tuvieron la oportunidad de realizar circuitos complejos que involucran dos o tres baterías en serie y paralelo, censando los valores de cada rama y además la corriente en de la batería, observando y registrando los datos obtenidos. Los GC que utilizaron los *Tutoriales para física introductoria*, realizaron conexiones de elementos resistivos en paralelo; sin embargo, no tuvieron la oportunidad de ver el comportamiento del voltaje de pilas conectadas en serie y paralelo. Sokoloff [13] menciona que, el uso de sensores en el laboratorio permite al estudiante tener un contacto directo con el fenómeno físico que está estudiando, la recolección de datos en tiempo real da un sentido de seguridad en el estudiante al momento de obtener resultados y formular sus conclusiones.

## B. Observación

La observación realizada en este estudio fue sistemática, llevada a cabo a través de una rejilla de observación previamente diseñada con base en los objetivos y necesidades del estudio, las categorías se pueden consultar en el Apéndice B al final de este documento. El observador fue participante, los alumnos involucrados en el estudio estaban enterados del propósito del observador en el laboratorio. A continuación se muestran los resultados obtenidos de la observación sistemática participante llevada a cabo en los grupos de prueba y control.

### B1. Grupo prueba

- Los alumnos no manifestaron señales de dificultad para el manejo de la calculadora TI. Resultó ser la calculadora muy novedosa y llamativa pues los alumnos que estaban distraídos con otros aparatos personales como *lap top* o celular, se vieron atraídos por la calculadora, dejando las distracciones de lado.
- Los estudiantes en el Lab 6 mostraron un nivel muy bajo de dudas respecto al manejo de la calculadora TI y los sensores comparado con lo que mostraron en el Lab 5. Esto es evidencia que los alumnos tuvieron un aprendizaje en el uso de esta tecnología.
  - Los alumnos querían ser partícipes del manejo y monitoreo de la calculadora. Comentaban su asombro al ver que en la pantalla se podían observar los valores que se obtenían a través de los sensores de corriente y voltaje. Incluso alumnos que contaban personalmente con la calculadora solicitaron permiso de usarlas para realizar las mediciones.
- Los estudiantes se vieron más comprometidos en avanzar rápido para poder terminar la práctica por completo. La estrategia *FTR* es extensa comparada con los *Tutoriales*.
- Los alumnos se repartieron roles espontáneamente. En la mayoría de los equipos se podía observar que había un “conector”, el estudiante que se encargaba de armar el circuito requerido para la medición. Además, había un “escritor”, el estudiante que se apropiaba las hojas de trabajo, leía y escribía en ellas los valores o conclusiones a las que llegaba el equipo. Por último, había un tercer rol, el “observador”, el estudiante que sólo observaba al

*El uso de calculadoras con sensores en el aprendizaje de circuitos eléctricos*  
conector y escritor, ayudando en turnos a uno o al otro, conectando, escribiendo y opinando.

- Los estudiantes solicitaban la ayuda del instructor principalmente para que les ayudara a armar los circuitos o para verificar sus respuestas y conclusiones.
- Los instructores en forma continua intervinieron para aclarar algunas dudas conceptuales, principalmente en el Lab 6.
- Los alumnos mostraron muchas dudas respecto al voltaje en circuitos en serie y paralelo.
- Los estudiantes se mostraban inseguros al realizar conclusiones. Los equipos no plasmaban sus respuestas o conclusiones hasta discutirlos con el instructor.
- Los alumnos tomaron un tiempo promedio en realizar la práctica de 1 hora para el Lab 6. No tuvieron oportunidad de terminar la práctica del Lab 5.

En la Figura 1 se muestra un equipo numeroso que realizó el laboratorio con FTR, TI y sensores, se puede observar que todos los integrantes están involucrados con la realización de su práctica, FTR promovió una mayor discusión entre pares como entre estudiantes e instructor, además de que se observó más participación e interés por parte de los alumnos.



**FIGURA 1.** Alumnos trabajando en el laboratorio con FTR, TI y sensores.

### B2. Grupo control

- Los estudiantes no necesitaron ser instruidos en las prácticas con excepción en el Lab 6 pues se usó un multímetro.
- Los alumnos se repartieron roles espontáneamente (conector, escritor y observador).
- Los estudiantes no mostraban intenso intercambio de opiniones, estaban muy concentrados en resolver su práctica y en ocasiones discutían resultados o conclusiones.
- Los alumnos estaban muy callados. Hubo un grupo en particular de cinco alumnos en el que sólo 2 o 3 resolvían la práctica y los demás platicaban de temas ajenos a su práctica.
- Los estudiantes aparentaban estar seguros de sus conclusiones pues no solicitaron ayuda a los instructores con dudas conceptuales.
- Los alumnos tomaron en promedio 45 minutos en realizar cada práctica.

La Figura 2 muestra un equipo del GC, hay interés por parte de los estudiantes, sin embargo se puede observar

que no están completamente involucrados con la realización de su práctica.



FIGURA 2. Alumnos trabajando con Tutoriales.

Comparando ambos grupos, podemos observar que *FTR con calculadora y sensores* mantuvo más interesados a los alumnos en la sesión de laboratorio. *FTR con calculadora y sensores* y los *Tutoriales para física introductoria* tienen un aprendizaje conceptual comparable, pero, de acuerdo a lo observado los estudiantes que realizaron la práctica de laboratorio con *FTR con calculadora y sensores* se vieron más activos en el desarrollo de esta misma, superando a los estudiantes que usaron los *Tutoriales para física introductoria* en participación e involucramiento.

### C. Encuesta

Parte de la encuesta consta de cuatro enunciados (1, 2, 3 y 6, ver Apéndice C) que se evalúan en escala Likert del 1 al 5 donde 1 es completamente en desacuerdo y 5 completamente de acuerdo. La Tabla VI muestra los valores de la media y la moda obtenidos para cada uno donde el valor máximo deseado es 5. Se puede observar que los resultados obtenidos están cerca de este valor.

TABLA VI. Resultados de la encuesta de los enunciados tipo Likert.

Enunciado	Media	Moda
1. FTR promueve la discusión entre estudiantes.	3.8	4
2. FTR promueve la discusión entre estudiantes más que la práctica tradicional.	3.2	3
3. FTR promueve la discusión entre el instructor y el estudiante más que la práctica tradicional.	4.0	4
6. El equipo de laboratorio se usa mejor con FTR que en la práctica tradicional.	4.0	4

Además, la encuesta consta preguntas tipo si/no (4, 7, 9 y 10), los resultados a dichas preguntas se aprecian en la tabla VII, la cual muestra el porcentaje de aceptación de los instructores hacia la práctica y sus opiniones acerca de la misma.

TABLA VII. Resultados de la encuesta de los enunciados si/no.

Enunciado	% de aceptación
4. Manejo eficiente del tiempo	60%
7. Espacio adecuado (laboratorio)	100%
9. Diferencias en actitud y confianza al	60%

responder el test (entre GP y GC)	
10. Recomendadas FTR para ser implementada en futuros semestres	100%

De las preguntas 6 y 8 se obtuvo que, los instructores consideran que los estudiantes que realizaron el laboratorio con *FTR* con calculadoras y sensores tuvieron problemas para conectar los sensores en los circuitos planteados en las hojas de trabajo, pues entre caimanes, cables de conexión y sensores, los alumnos se confundían. En lo que concierne a la pregunta 8 los instructores consideran que el espacio físico dispuesto para esta práctica es adecuado y no sugieren que se modifique.

El hecho de que durante la realización de la práctica con la estrategia *FTR* se tenía que manipular material (focos, baterías, cables, etc.) y equipo (calculadora y sensores) representó más demanda de atención para los alumnos, ya que se requería más manos para que se agilizará el proceso, involucrándose de esta manera todos los integrantes del equipo.

En un estudio realizado por Velarde [24] con otra estrategia de aprendizaje activo también se tuvo una buena aceptación por parte de los alumnos y los instructores hacia la estrategia. Los instructores opinaron que *FTR* promueve la interacción entre los alumnos y entre los alumnos y el instructor. Sin embargo, los instructores sugieren que la práctica debería ser resumida y ajustada ya que en algunos equipos, la extensión de ésta representaba un problema de actitud por parte de los alumnos, al ser tan extensa se cansan y comienzan a distraerse y perder interés.

## V. DISCUSIÓN

La estrategia *FTR* fue implementada en su versión modificada, utilizando sólo la parte de laboratorio y en lugar de utilizar equipo de cómputo se propuso el uso de calculadora graficadora con sensores, a pesar de las modificaciones sugeridas por los autores se encontró que *FTR* [1] y *Tutoriales para física introductoria* [2] son estrategias compatibles para llevar a cabo la realización del laboratorio en las condiciones contextuales que se realizó esta investigación.

Sin embargo en cuanto a los resultados cuantitativos se encontró que *FTR* con TI y sensores, favoreció a los estudiantes en el aprendizaje conceptual suma de voltajes con pilas conectadas en serie y paralelo y además encontramos que el uso de la TI con sensores en el laboratorio promueve un mejor desempeño por parte de los estudiantes, de manera individual y en equipo, despertando en los estudiantes el interés por involucrarse más en la realización de su práctica y en la solución de esta misma.

Aparte de estos resultados, los instructores de laboratorio concuerdan en que las dos estrategias comparadas generan un ambiente de aprendizaje activo entre los estudiantes, pero éste se observa más en grupos que realizaron *FTR* con TI y sensores. Boss [25], menciona que el uso de calculadora y sensores permite al estudiante interactuar con sus compañeros y tener un contacto directo con la manipulación de la calculadora, los sensores y la recolección de datos.

## VI. CONCLUSIONES

Ha sido probado en numerosas ocasiones que el uso de estrategias de aprendizaje activo en el salón de clases y en el laboratorio promueve un mejor aprendizaje por parte de estudiantes especialmente en cursos de nivel universitarios. *Tutoriales para física introductoria y Física en tiempo real* han sido, entre otras, estrategias muy exitosas que han sido diseñadas en base en investigación. En particular *Física en tiempo real* hace uso de computadoras y sensores para medir cantidades físicas para que el alumno tenga la experiencia real del manejo de estas cantidades.

Por motivos de portabilidad y costo, este trabajo propone el uso de calculadoras TI-Nspire CX CAS en lugar de computadoras ya que éstas tienen la capacidad de conectarse a sensores para hacer las mediciones de cantidades físicas. El resultado del estudio demuestra que *Física en tiempo real* con calculadoras y *Tutoriales para física introductoria* resultaron ser, en general, igual de efectivas para impartir los laboratorios en la universidad mexicana que se realizó el estudio. Al parecer, *Física en tiempo real* con calculadoras resulta ser una estrategia más completa para llevar a cabo el laboratorio de diferencia de potencial, ya que ésta abarca la experimentación con circuitos más complejos y la conexión de baterías en serie y paralelo.

El uso de calculadora y sensores promueve de manera importante la participación de los alumnos en la realización de prácticas de laboratorio, así como también promueve el trabajo colaborativo. Se observó que el uso de la calculadora es muy eficiente por ser un artefacto de fácil portabilidad además de que su manejo es muy intuitivo para estudiantes de ingeniería. Sin embargo, también se observó que los alumnos, en general, tienen dificultades serias para armar circuitos eléctricos simples.

Dadas las limitantes del estudio, en la implementación de *Física en tiempo real* con calculadoras no se pudieron dar seguimiento a las tres etapas propuestas por Sokoloff [1] por lo que se recomienda realizar un estudio en el que involucren estas tres etapas. Los resultados probablemente sean aún mejores que los que presenta este estudio.

Se concluye entonces que el uso de calculadoras con sensores constituye una herramienta muy útil en la implementación de estrategias de aprendizaje activo que hagan uso de equipo de laboratorio.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo recibido por el Tecnológico de Monterrey a través de la cuenta CAT140.

## REFERENCIAS

[1] Sokoloff, D. S., Thornton, R. K. & Laws, P. *Real Time Physics*, (John Wiley & Sons, New York, 2004).

[2] McDermott, L. C. & Shaffer, P., *Tutoriales para Física Introductoria*, (Pearson, México, 2001).

[3] McDermott, L. C., *Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part I: Investigation of student understanding*, American Journal of Physics **60**, 994–1003, (1992). doi:10.1119/1.17003.

[4] Peşman, H. & Eryılmaz, A., *Development of a three-tier test to assess misconceptions about simple electric circuits*, The Journal of Educational Research **103**, 208–222 (2010). doi:10.1080/00220670903383002.

[5] Vetter, E. P. & Beichner, R. J. *Students' understanding of direct current resistive electrical circuits*, American Journal of Physics **72**, 98 (2003). doi:10.1119/1.1614813.

[6] Struck, W. & Yerrick, R., *The effect of data acquisition-probeware and digital video analysis on accurate graphical representation of kinetics in a high school physics class*, Journal of Science Education and Technology **19**, 199–211 (2009). doi:10.1007/s10956-009-9194-y.

[7] Paredes, Z., Iglesias, M. & Ortíz, J., *Los docentes y su formación inicial hacia el aula de matemática. Una propuesta con modelización y nuevas tecnologías*, Revista Electrónica Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación **7**, 85–102 (2009). Recuperado de: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=55170107>. (Consultado el 2 de Mayo de 2014).

[8] House, J. D., *Effects of classroom computer instruction on mathematics achievement of a national sample of tenth grade students: findings from the education longitudinal study of 2002 (ELS: 2002) assessment*, International Journal of Instructional Media **38**, 391–400 (2011).

[9] Laws, P. W., *Millikan Lecture 1996: Promoting active learning based on physics education research in introductory physics courses*, American Journal of Physics, **65**, 14 (1997). doi:10.1119/1.18496.

[10] Hake, R. R., *Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses*, American Journal of Physics **66**, 64 (1998). doi:10.1119/1.18809.

[11] Shaffer, P. S. & McDermott, L. C., *Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part II: Design of instructional strategies*, Am. J. Phys. **60**, 1003 (1992). doi:10.1119/1.16979.

[12] Benegas, J., *Tutoriales para Física Introductoria: Una experiencia exitosa de Aprendizaje Activo de la Física*, Latin American Journal of Physics Education **1**, 32–38 (2007).

[13] Sokoloff, D. R., Laws, P. W. & Thornton, R. K., *RealTime Physics: active learning labs transforming the introductory laboratory*, European Journal of Physics **28**, S83-S94 (2007). doi:10.1088/0143-0807/28/3/S08.

[14] Beichner, R. J., *Instructional technology research and development in a US physics education group*, European Journal of Engineering Education **31**, 383–393 (2006). doi:10.1080/03043790600676125.

[15] Beichner, R. J. & Abbott, D. S., *Video-Based Labs for Introductory Physics*, Journal College Science Teaching **29**, 101–104 (1999).

[16] Beichner, R. J., *Student-Centered Activities for Large-Enrollment University Physics (SCALE-UP)*, Sigma Xi Forum, Minneapolis, Minnesota (1999).

[17] Robutti, O., *Graphic calculators and connectivity software to be a community of mathematics practitioners*, ZDM Mathematics Education 42, 77–89 (2009). doi:10.1007/s11858-009-0222-4

[18] Bos, B., *The effects of Texas Instruments interactive learning environment on the mathematical achievement of low achieving students*, Proceedings of Society for Information Technology and Teacher Education International Conference, Chesapeake, Virginia: AACE (2007).

[19] Robutti, O., *Motion, technology, gestures in interpreting graphs*, The International Journal for Technology in Mathematics Education 13, 117–125 (2006).

[20] Hewitt, P. G., *Circuit happenings*, Latin American Journal of Physics Education 1, 1–3 (2007).

[21] Bilal, E. & Erol, M., Investigating Students' Conceptions of Some Electricity Concepts, Latin American Journal of Physics Education 3, 193–201 (2009).

[22] Fredette, N. & Lochhead, J., *Student conceptions of simple circuits*, The Physics Teacher 18, 194 (1980). doi:10.1119/1.2340470.

[23] Abbott, D. S., Saul, J. M., Parker, G. W. & Beichner, R. J., Can one lab make a difference? American Journal of Physics 68, 60–61 (2000).

[24] Velarde, J. J., Alvarado, C. & Mijangos, A., *Evaluating an interactive lecture demonstration implementation in a lab setting: an example from a collisions and momentum learning activity*, Lat. Am. J. Phys. Educ. 6, 192–197 (2012).

[25] Giroux, S. & Tremblay G., *Metodología de las ciencias humanas*, (Fondo de cultura económica, México, 2004).

[26] Bos, B., *The effects of Texas Instruments interactive learning environment on the mathematical achievement of low achieving students*, Proceedings of Society for Information Technology and Teacher Education International Conference, Chesapeake, Virginia: AACE (2007).

## APÉNDICES

### Apéndice A. Exámenes realizados al final de la sesión de laboratorio

#### Examen conceptual de corriente y resistencias.

Instrucciones.- Cada pregunta tiene una sola respuesta correcta. Todos los focos, resistencias y baterías son idénticos, es decir tiene el mismo valor, a menos que se te indique lo contrario. Asume que la batería es ideal, es decir, su resistencia interna es despreciable. Asume también que la resistencia de los cables es despreciable.

1) Compara la resistencia equivalente de la Figura 1 con la resistencia equivalente de la Figura 2. ¿Cuál es menor?

- (A) Figura 1
- (B) Figura 2

(C) Son iguales

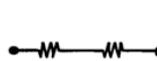


Figura 1

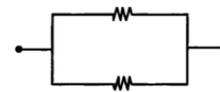
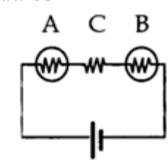


Figura 2

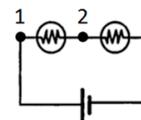
2) Si se incrementa la resistencia en C ¿Qué pasa con el brillo en los focos A y B?

- (A) A permanece igual, B disminuye su brillo
- (B) A disminuye su brillo, B permanece igual
- (C) El brillo en A y B incrementa
- (D) El brillo en A y B disminuye
- (E) A y B permanecen iguales



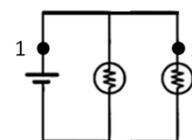
3) Si comparas la corriente que pasa por el punto 1 con la corriente que pasa por el punto 2 ¿En qué punto pasa mayor corriente?

- (A) Punto 1
- (B) Punto 2
- (C) Son iguales



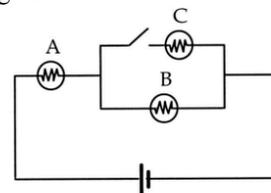
4) Si comparas la corriente en el punto 1 con la corriente en el punto 2 ¿En qué punto hay mayor corriente?

- (A) Punto 1
- (B) Punto 2
- (C) Ninguno, son iguales



5) ¿Qué sucede con el brillo de los focos A y B cuando se cierra el interruptor?

- (A) Aumenta
- (B) Disminuye
- (C) Permanece igual



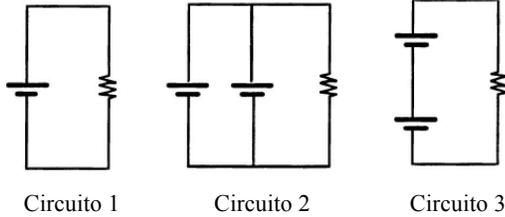
#### Examen conceptual de diferencia de potencial.

Instrucciones. Cada pregunta tiene una sola respuesta correcta. Todos los focos, resistencias y baterías son idénticos, es decir tiene el mismo valor, a menos que se te

indique lo contrario. Asume que la resistencia de los cables es despreciable y que la batería es ideal, es decir, su resistencia interna es despreciable.

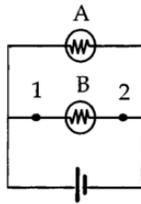
1) Considere el voltaje de cada resistencia de los 3 circuitos de las Figuras mostradas abajo. ¿Cuál circuito o circuitos tiene el menor voltaje en la resistencia?

- (A) Circuito 1
- (B) Circuito 2
- (C) Circuito 3
- (D) Circuito 1= Circuito 2
- (E) Circuito 1= Circuito 3



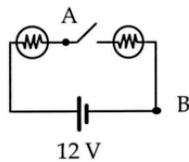
2) ¿Qué pasa con la diferencia de potencial entre los puntos 1 y 2 si el foco A se remueve, dejando abierto el circuito?

- (A) Aumenta
- (B) Disminuye
- (C) Permanece igual



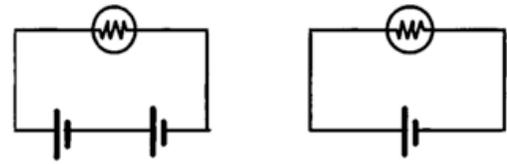
3) ¿Cuál es la diferencia de potencial entre los puntos A y B?

- (A) 0V
- (B) 3V
- (C) 6V
- (D) 12V



4) Compare el brillo del foco en el circuito 1 con el brillo del foco en el circuito 2. ¿Cuál foco tiene más brillo?

- (A) El foco del circuito 1
- (B) El foco del circuito 2
- (C) Son iguales

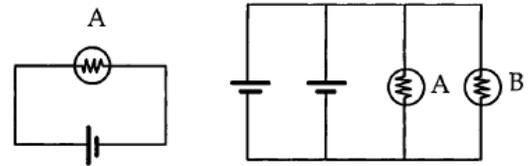


Circuito 1

Circuito 2

5) Compare el brillo del foco A en el circuito 1 con el brillo del foco A en el circuito 2. ¿Cuál foco tiene menos brillo?

- (A) Foco A del circuito 1
- (B) Foco A del circuito 2
- (C) Son iguales



Circuito 1

Circuito 2

### Apéndice B. Protocolo para utilizar la rejilla de observación

La rejilla de observación especifica el qué, a quién, el dónde y el cuándo de la observación [24] y su diseño debe ser versátil y muy claro, ya que el observador deberá llenar esta rejilla cuando se encuentre en acción, entre más clara sea la rejilla más fácil podrá ser completada. El diseño de la rejilla se sienta en 4 partes según Giroux [24].

La primera parte consiste en la descripción del comportamiento de los individuos. Para este caso en particular se definirá el comportamiento por mesas (cuatro mesas por laboratorio) y por individuos. Los indicadores de estudio para la rejilla de esta investigación son la manipulación de la tecnología (MT), la interacción entre los integrantes de la mesa (IE) y la petición de ayuda al instructor (AI). En la primera categoría se observó si los alumnos eran hábiles en el manejo del equipo, tanto de la calculadora como del equipo adicional, como el multímetro por ejemplo. En la categoría de interacción entre los integrantes se observó que los integrantes del equipo resolvieran la práctica en conjunto, cuántos integrantes estaban haciéndola y cuántos sólo aportaban ideas, o simplemente veían. En la categoría de ayuda al instructor se observó la frecuencia de peticiones de ayuda, las dudas con que abordaron más al instructor, ya sea apoyo con el equipo o dudas conceptuales, y el tiempo que tardaban resolviendo la práctica.

Para un manejo más eficiente de la rejilla es necesario establecer códigos, para las categorías anteriores los códigos son los que se muestran entre paréntesis después de los indicadores antes nombrados, por ejemplo IE es interacción entre estudiantes.

La segunda parte de la rejilla se conforma por los nombres de las personas observadas, como se mencionó antes en esta ocasión será el número de mesa participante (de la 1 a la 4) y el número de individuo participante, los

códigos para identificar las mesas serán, Me1 (mesa 1), Me2 (mesa 2), Me3 (mesa 3) y Me4 (mesa 4). Para un mejor entendimiento en la Figura A2 se muestra la distribución de las mesas en el espacio que se realizó la observación.

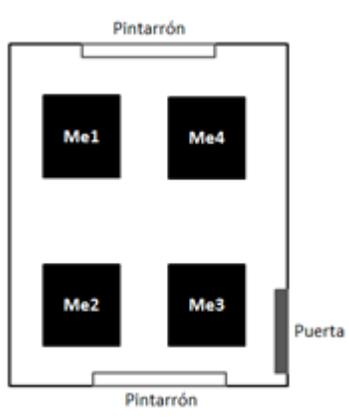


FIGURA A2. Distribución de las mesas de laboratorio con códigos de identificación.

La tercera y cuarta parte de la rejilla corresponden al dónde y al cuándo se lleva a cabo la observación. Para este caso en particular el dónde es el laboratorio de EM y el cuándo es durante las sesiones 5 que corresponde al tema de corriente y resistencia y 6 que corresponde al tema de diferencia de potencial.

El observador de este estudio llevó un registro sistemático y fue participante, es decir, se involucró con el grupo al cual estaba observando y su observación no fue disimulada, lo que quiere decir que los alumnos estaban enterados del propósito del observador en el laboratorio.

### Apéndice C. Encuesta realizada a los instructores de laboratorio, obtenida de Velarde [23]

#### Evaluación del Laboratorio

La presente encuesta tiene la finalidad de recolectar información acerca de la implementación de la práctica de laboratorio **rediseñada**. Se espera que respondan de la manera más honesta.

#### Información general

Horario de laboratorio:

Cantidad de Laboratorios de Electricidad y Magnetismo que impartes:

Semestres de experiencia como instructor de laboratorio:

¿Tomaste capacitación de la práctica de laboratorio previa a su implementación?

Si

No

#### Preguntas sobre laboratorio rediseñado

1. La actividad rediseñada fomentó la discusión argumentativa (de calidad) dentro de cada equipo entre sus integrantes (discusión intragrupal):

Completamente en desacuerdo (1) (2) (3) (4) (5) Completamente de acuerdo.

2. La actividad rediseñada promovió más la discusión (de calidad) intergrupual que la actividad realizada en el resto de las sesiones de laboratorio:

Completamente en desacuerdo (1) (2) (3) (4) (5) Completamente de acuerdo.

3. La actividad rediseñada promovió más la discusión (de calidad) entre el instructor y los estudiantes que en los grupos de laboratorio donde no se implementó:

Completamente en desacuerdo (1) (2) (3) (4) (5) Completamente de acuerdo.

4. ¿Consideras que el manejo del tiempo que se dio en el desarrollo del laboratorio rediseñado fue eficiente?

Si

No

¿Por qué?

5. ¿Qué opinas del manejo de los materiales utilizados en el laboratorio rediseñado?

6. En comparación con el uso del material en el resto de las prácticas de laboratorio, considero que el uso de material del laboratorio rediseñado es mejor:

Completamente en desacuerdo (1) (2) (3) (4) (5) Completamente de acuerdo.

7. ¿Consideras adecuado el espacio utilizado (laboratorios de física) para la implementación de la actividad?

Si

No

8. ¿Consideras que sería mejor en otro espacio? ¿Cuál (salón de clases, actividad extra, tarea, proyecto)?

9. Si comparas a los grupos que realizaron la actividad rediseñada con los que no la realizaron, ¿observaste diferencias en cuanto a actitud y confianza de los estudiantes al momento de responder el examen rápido del final de la sesión?

Si

No

¿Cuáles?

10. ¿Recomendarías la implementación de la práctica rediseñada dentro del laboratorio para futuros semestres?

Si

No