

Las tecnologías digitales como herramientas mediadoras en el conocimiento de la física

EDUCATIO PHYSICORVM



Francisco Javier Parra Bermúdez^{1,2}, Ramiro Ávila Godoy³

¹*Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California, Blvd. Benito Juárez y Calle de la Normal s/n, Col. Insurgentes Este, Mexicali, Baja California, México.*

²*Departamento de Física, Universidad de Sonora, Blvd. Luis Encinas y Rosales s/n, Colonia Centro, CP: 83000, Hermosillo, Sonora, México.*

³*Departamento de Matemáticas, Universidad de Sonora, Blvd. Luis Encinas y Rosales s/n, Colonia Centro, CP: 83000, Hermosillo, Sonora, México.*

E-mail: fjparra@hotmail.es

(Recibido el 4 de marzo de 2017, aceptado el 8 de abril de 2017)

Resumen

En el presente trabajo se muestra cómo estudiantes de física universitaria utilizaron y percibieron una simulación computarizada (SC) que trabajaron en línea. Para lo cual se exploró el uso que le dieron al artefacto efecto fotoeléctrico, como: a) Reemplazador, b) Amplificador y c) Transformador del conocimiento. La actividad se realizó con estudiantes de una asignatura de la Licenciatura en Física, de la Universidad de Sonora; en la parte final del primer semestre del año 2015. El diseño, descripción e interpretación de los resultados de la indagación se sustentaron en aspectos teóricos de las tecnologías digitales como herramientas mediadoras en la construcción del conocimiento físico. La metodología seguida fue de corte cualitativo-descriptivo. Con el uso de la SC algunos estudiantes lograron reorganizar su estructura cognitiva ante un problema de física. El papel de las tecnologías digitales al usarlas en la resolución de problemas es convertirse en un instrumento del pensamiento que se manifiesta al analizar, interpretar, diseñar estrategias y resolverlos.

Palabras clave: tecnología digital, herramientas, conocimiento físico.

Abstract

In the present work it is shown how university physics students used and perceived a computerized simulation (SC) that worked online. For that, the use of the photoelectric effect was explored, such as: a) Replacement, b) Amplifier and c) Transformer of knowledge. The activity was carried out in a course with undergraduate Physics students, of the University of Sonora, in the final part of the first semester of 2015. The design, description and interpretation of the results of the inquiry were based on theoretical aspects of digital technologies as mediating tools in the construction of physical knowledge. The methodology followed was quantitative-qualitative. With the use of SC some students managed to reorganize their cognitive structure before a problem of physics. The role of digital technologies in using them in problem solving is to become an instrument of thought manifested in analyzing, interpreting, designing strategies and solving them.

Keywords: Digital technology, tools, physical knowledge.

PACS: 01.40.gb, 01.40.gb, 01.50.ht

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

Los significados que los estudiantes construyen de los objetos de la ciencia no pueden seguir limitados sólo al uso de tecnologías como el lápiz y papel, el uso de las tecnologías digitales (TD): permiten crear ambientes de aprendizaje en el que las significaciones de los objetos (sean más ricas y diversas) permiten ser más eficaces, en esta dirección investigaciones publicadas [1] afirman que: Los impactos de las nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (Tic), se traducen en mejores aprendizajes, así como en el desarrollo de la creatividad en los individuos. Por otra parte otros investigadores [2]

consideran que las Tic pueden mejorar el aprendizaje y ayudar a desarrollar las capacidades y el potencial de cada estudiante, así como encontrar nuevas formas de construir, organizar y aplicar los conocimientos. Sin embargo el uso de las TD se ha limitado en sus diferentes artefactos, otros autores [3] señalan que todos los estudiantes de ingeniería cuentan con una calculadora (...) pero su uso se ha restringido a realizar cálculos rápidos y no al desarrollo de conceptos, a su comprensión.

El uso de la tecnología digital en el aula amplía el horizonte de experimentación en los estudiantes, si no se puede experimentar con el movimiento de los planetas, con una computadora es posible estudiarlo mediante un

experimento virtual. Al hacer uso de un sensor de movimiento y una interface, la simulación por computadora, permite al estudiante realizar exploraciones y obtener datos que facilitan la comprensión de conceptos. Con un teléfono celular, instalando la aplicación gratuita para Android Accelerometer Monitor, se pueden estudiar los fenómenos de movimiento armónico simple y amortiguado, motivando al estudiante a experimentar con la actividad virtual sin limitarlo a que siga pasos metódicos como las actividades de tipo recetario de cocina.

La aplicación de las tecnologías digitales redundará en un mejoramiento de la calidad de la docencia y la investigación en las instituciones de educación superior, si se cumple con los requerimientos de la dinámica de la sociedad del conocimiento, como son nuevas formas de aprender, nuevas competencias y habilidades, por lo que es necesario reconsiderar el papel que juegan tanto los docentes como los estudiantes en esa dinámica [4].

Sin embargo [5] en la enseñanza de las ecuaciones diferenciales hasta la fecha existen limitaciones del uso de los recursos materiales tecnológicos y didácticos. Lo cual es indicativo de que a su vez existen limitaciones en el cumplimiento de los requerimientos señalados en el párrafo anterior.

Con respecto a la influencia de las tecnologías digitales (TD) en la educación [6] cobran cada vez mayor relevancia en los procesos educativos y su presencia en los salones de clase ha generado nuevos retos a la educación y a sus diferentes actores. Las herramientas digitales se conciben como agentes que originan cambios en contenidos disciplinarios a la vez que las actividades desarrolladas en el salón de clases, lo cual posibilita generar nuevas oportunidades de aprendizaje, puesto que el acceso a nuevas representaciones como las ejecutables facilitan el desarrollo de procesos de construcción, verificación de conjeturas, así como la comprensión de problemas y el diseño de estrategias de solución de los mismos. El uso de las TD [7] potencia la capacidad de asimilación del sujeto y posibilita la realización de una diversidad de acciones. No obstante hay que notar que cada herramienta genera un campo de acción, a su vez que impone al sujeto ciertas restricciones que debe identificar, comprender y aprender a administrar. Pero dichas restricciones hacen posible el surgimiento de nuevas formas de acción. Por ejemplo la geometría dinámica ofrece un campo de exploración que no es factible en las representaciones con lápiz y papel. La medida en Cabré [8] constituye un puente entre el nivel perceptivo y el teórico, y esto puede ser una ayuda en la interacción entre los dos niveles, ya que las medidas ejecutables resultan útiles al estudiante cuando desea saber si algo es verdad, aunque si lo que desea es probar si algo es verdad las medidas no le son útiles por mucho tiempo. Dicho software nos permite también diseñar actividades para diferentes temas de la Física, para ayudar a los alumnos en la transición de lo perceptivo a lo teórico.

Por ejemplo si un individuo se enfrenta a un problema físico o matemático que puede ser resuelto mediante una herramienta simbólica o material, como la aritmética, la algebraica o con tecnología digital, la solución puede ser

igual, pero el proceso es diferente, por la estrategia diseñada e implementada. Por lo que algunos objetos físicos o matemáticos previos y emergentes: lenguaje, conceptos, proposiciones, procedimientos y argumentaciones son impactados según la mediación usada.

Las Matemáticas como lenguaje de la Física son una forma de tecnología simbólica, y en concordancia con ello, la tecnología digital (TD) representada por una simulación computarizada (SC) se concibe como un instrumento semiótico que muestra su potencial en la forma como responde al problema del objeto matemático involucrado y al conocimiento físico. A partir de ahí, el razonamiento matemático y el conocimiento físico involucrado puede verse enriquecido por los modos de argumentación que se generan al acercarse la percepción y el razonamiento.

Por consiguiente sería conveniente describir y analizar lo que sucede cuando se utiliza una simulación computarizada (SC) de un fenómeno físico, que permitiera conjeturar acerca de: ¿qué tipo de conocimiento moviliza el estudiante al resolver problemas de Física con apoyo en las TD? ¿Cuál es la influencia de la TD (simulaciones computarizadas) en el surgimiento y desarrollo de estrategias argumentativas en la resolución de problemas de Física? Por lo que el propósito fundamental sería investigar el papel de las TD en el proceso de construcción de los significados de los objetos de la Física (teoría física), cuando se utilizan en la resolución de problemas (RP). Sin embargo en el caso que nos ocupa para tratar de ir respondiendo algunas de las preguntas indagamos el uso que algunos estudiantes de Física le dan a una SC en la resolución de un problema de Física relacionado con el fenómeno del efecto fotoeléctrico. Para tratar de responder las interrogantes anteriores usamos un modelo teórico para el análisis didáctico en Física Educativa, que permite describir, analizar, explicar y valorar los procesos que se dan en el aula escolar, el cual surgió en Matemática Educativa pero como indican sus creadores "...investigadores de otras áreas educativas pueden adaptarlas de modo que resulten eficaces en el análisis didáctico de otros tipos de prácticas escolares" [9]. Dicho modelo proporciona elementos para analizar los sucesos que se presentan en el aula escolar respecto a un objeto de estudio, desde cinco niveles diferentes, cada uno de los cuales se corresponde con un factor cuya influencia en el proceso de estudio se considera determinante. Para lo cual nos centramos en el quinto nivel denominado idoneidad didáctica en su faceta *mediacional*: referente a valorar la adecuación de recursos materiales y temporales utilizados en el proceso de instrucción, con respecto al uso del tiempo, si fue el adecuado y en el caso que nos ocupa, cómo fue usado y percibido por estudiantes de física universitaria el material de apoyo, específicamente una SC del efecto fotoeléctrico.

II. ALGUNOS ASPECTOS TEÓRICOS

Se asumen dos principios teóricos con respecto al papel de las TD [6] "como herramientas mediadoras entre la

percepción y el aprendizaje del conocimiento” físico: “El primero, el cognitivo, establece que toda forma de conocimiento está mediada por la acción de una herramienta material o simbólica. El segundo, epistemológico, establece que la mediación de una herramienta nunca es neutra desde el punto de vista epistémico”, es decir que transforma la naturaleza del conocimiento en construcción.

Con respecto al papel de las herramientas materiales o simbólicas en la construcción del conocimiento tanto matemático como físico, los seres humanos se han valido de artefactos de todo tipo para mediar sus acciones.

Cabe señalar que [10] fue el primero en postular el carácter mediado del aprendizaje. La figura 1, es una aplicación utilizada para ejemplificar el carácter mediado del signo en el pensamiento del individuo.

En lo que respecta a la cuestión educativa [11] se considera que los instrumentos cumplen una función muy importante para el estudiante, porque no son únicamente auxiliares o neutros dentro de la enseñanza, son parte activa en la construcción del conocimiento mediante sus acciones.

Los artefactos y los signos contribuyen a la formación de las funciones psíquicas y los conocimientos. Los instrumentos constituyen las formas que estructuran y mediatizan los registros de las situaciones y los saberes. La mediación instrumental aparece con un concepto central para pensar y analizar las modalidades por las cuales los instrumentos influyen en la construcción del saber. Un artefacto puede ser material o un sistema simbólico empleado como medio para la acción (el ábaco la computadora, mapas, un programa de geometría dinámica, una simulación computarizada, el lenguaje o los símbolos algebraicos y físicos). El instrumento es una entidad mixta que comprende el artefacto material y los esquemas de uso. Estos últimos son las representaciones que han formado parte de las competencias del usuario y que son necesarias en la utilización del artefacto [11]. El artefacto relacionado con la acción es lo que se denomina instrumento. Así, dos instrumentos diferentes relacionados con el artefacto compás son: construir círculos o trasladar una distancia. Un artefacto puede generar varios instrumentos. La producción de éste se llama instrumentación. Por ejemplo, en geometría con la utilización del artefacto compás y las propiedades asociadas al uso de este artefacto puede generarse la definición de círculo. Artefacto, son los dispositivos en potencia que pueden llegar a ser usados efectivamente en el ámbito educativo. Están ahí a la espera de ser instrumentos de aprendizaje. Se caracterizan por cumplir una función técnica, es decir sirven para hacer algo específico. Son producto de un sistema de necesidades sociales y culturales. Son una construcción humana, es decir elaborados por el hombre. Enseguida se presenta la figura 1 inspirada en [10], la cual representa esquemáticamente un modelo del proceso de aprendizaje, enfocado en el uso de un artefacto expresado en términos de mediación.

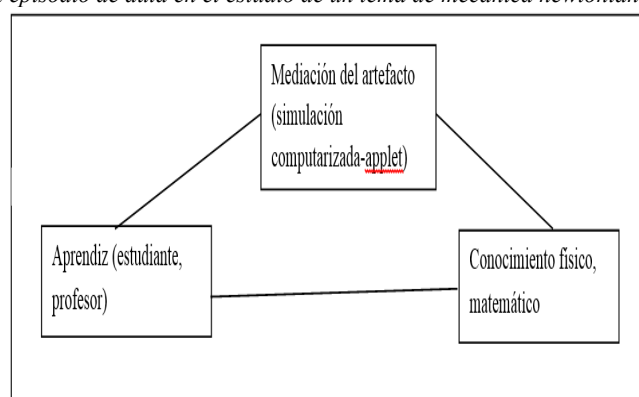


FIGURA 1. Modelo del proceso de mediación por un artefacto.

Los artefactos como las páginas web brindan una amplia gama de actividades interactivas mediante simulaciones computarizadas (applets) para el estudio de la Física. Por ejemplo en el presente trabajo algunas actividades se apoyaron en el sitio <http://phet.colorado.edu/>, que ofrece simulaciones de Física, Matemáticas, Química, Biología, etc., que nos pueden servir de herramientas mediadoras en la construcción del conocimiento en los estudiantes.

Al interactuar un sujeto con un artefacto se presenta un uso progresivo que se denomina génesis instrumental, término reportado [7] como un proceso, a partir del cual se da la producción o elaboración de los instrumentos por parte del sujeto, a través de la utilización del artefacto. Incluye también las formas como el sujeto atribuye funciones al artefacto que está usando en su actividad, y por lo tanto las habilidades que desarrolla en este uso. Involucra la evolución de los artefactos en relación con la actividad del sujeto y el surgimiento de los usos. Este proceso de génesis tiene dos dimensiones producto de la relación bilateral que se establece entre el artefacto y el usuario. La dimensión instrumentalización corresponde a los aspectos del proceso de génesis que se orientan hacia el artefacto, es el conocimiento del sujeto el que guía la manera como la herramienta es usada y en un sentido, da forma al artefacto. La dimensión instrumentación corresponde a los aspectos del proceso de génesis que se orientan al sujeto, las cualidades y restricciones de la herramienta influyen las estrategias de resolución de problemas (RP) del sujeto y sus significados emergentes.

El proceso de uso del artefacto transita por etapas, desde la instrumentalización al instrumento, desde conocer el artefacto, familiarizarse hasta su uso y es aquí donde se manifiestan tres tipos de uso: a) Como Remplazador, b) Amplificador y c) Transformador del conocimiento. Por lo que la influencia del instrumento sobre la construcción del conocimiento en el sujeto es progresivo. La apropiación del instrumento por parte del sujeto resulta de un desarrollo evolutivo, referente a lo que se denomina génesis instrumental, por lo que el instrumento no es un ente externo al sujeto, como algo dado, sino que es construido por el sujeto paulatinamente. El instrumento se convierte en

tal, cuando el sujeto se ha apropiado de él y lo ha integrado a su actividad.

Para las situaciones donde se utilizan TD, se han identificado diferentes tipos de usos [12] esta tipología nos permite identificar en qué parte del proceso de la génesis instrumental está el sujeto. Estos usos son: 1) como reemplazo de los recursos y actividades sin modificar la dinámica de la clase, los roles de los actores ni las acciones cognitivas (por ejemplo, proyección de una lección del libro de texto, mostrar definiciones), 2) como amplificador de las actividades y algunas acciones cognitivas de manera que las complementan (adaptar actividades de papel y lápiz, comprobar un resultado, ilustrar conceptos, intercambiar informaciones y propuestas, entre otros), y 3) como transformador implica modificar sustancialmente las prácticas de enseñanza para que impacten en el aprendizaje y contribuyan al desarrollo cognitivo del estudiante. La primera y la segunda pueden dar cuenta del proceso de instrumentalización mientras que la segunda y tercera de la instrumentación.

III. EL MÉTODO

El propósito de la actividad consistió en explorar cómo estudiantes de física universitaria utilizaron y percibieron una simulación computarizada (SC) que trabajaron en línea. El uso que le dieron como: a) Reemplazadora, b) Amplificadora y c) Transformadora del conocimiento, para lo cual se trabajó con una SC sobre el efecto fotoeléctrico, por ser éste fenómeno importante en la física moderna y difícil de visualizar con lápiz y papel.

Para el logro del propósito de la investigación los autores diseñaron y aplicaron dos cuestionarios: uno sobre el estudio del efecto fotoeléctrico para ser resuelto con apoyo en una SC para conocer con base en las acciones y respuestas de los estudiantes el uso que le daban y el otro para indagar su percepción sobre ésta como herramienta mediadora.

La muestra fue de 6 estudiantes universitarios, dado el tipo de investigación cualitativa a realizar. Siendo un grupo pequeño se podía explorar en cada uno de ellos el propósito de la investigación. Además fue la totalidad de los estudiantes inscritos en un curso optativo. La actividad se realizó en una clase de la Licenciatura en Física, en una Universidad Pública en Hermosillo, Sonora, México; en la parte final del segundo semestre del año 2015. Para los cuestionarios se estableció que serían resueltos individualmente y subidos al sitio del curso: <http://ntic.uson.mx>, Unidad Regional Centro, Ciencias Exactas y Naturales, Física, Curso: Didáctica de la Física, contraseña: godino.

En una primera acción los estudiantes trabajaron en el salón de clase la SC en línea con sus computadoras portátiles y contestaron los dos cuestionarios, en una segunda acción se comentaron en grupo las respuestas recurriendo a la SC proyectada en la pizarra.

Los estudiantes habían cursado asignaturas de Física clásica, Física cuántica, entre otras. Se supone por tanto,

que tenían los conocimientos y habilidades físicas requeridas para resolver la situación.

El tipo de investigación realizada fue de corte cualitativo descriptivo, al indagar las prácticas operativas y discursivas que los estudiantes mostraban al hacer frente al problema del efecto fotoeléctrico, mediando la SC entre su percepción y el conocimiento teórico físico. Se audiograbó la sesión, el papel del profesor fue el de un investigador participante.

Con respecto a los cuestionarios: en el primero, las 6 preguntas iniciales eran de ambientación al tema, de evocación de algunos conceptos involucrados en el fenómeno, de la 7 a la 11, son específicas al uso del artefacto SC, la última es sobre la interpretación de una herramienta simbólica expresada como una fórmula.

Por ejemplo al trabajar la pregunta 2, se esperaba que los estudiantes empezaran a familiarizarse con el fenómeno EF sin usar la SC y pudieran valorar a partir de la pregunta 7 el apoyo que les podría brindar la SC, así conforme avanzaban en las preguntas se consideraba que además de llegar a comprender el fenómeno por el apoyo que les daba la herramienta en construir soluciones adquirirían algún tipo de percepción sobre la SC.

Lo explorado en los estudiantes al contestar el primer cuestionario se complementaba con el segundo con base a las respuestas del cómo percibían la SC y así conjeturar el uso que le daban como a) Reemplazadora, b) Amplificadora y c) Transformadora. Por ejemplo para la pregunta 5. ¿Qué no entendiste? Se consideraban los tipos de respuestas que daban cada uno de los 6 estudiantes y se complementaba con lo observado, audiograbado y las respuestas que daban al primer cuestionario.

Enseguida se presentan las preguntas referidas al primer cuestionario:

1. ¿Qué fue lo más trascendental del efecto fotoeléctrico?
2. ¿En qué incide el flujo de electrones al cambiar el tipo elemento (sodio, zinc, cobre, platino, etc.) de la placa (cátodo) a otro?
3. ¿Cómo se explica la teoría corpuscular y la de ondas en efecto fotoeléctrico?
4. ¿Quién recibió el premio nobel por la explicación del efecto foto eléctrico?
5. ¿Quién fue el precursor del efecto fotoeléctrico?
6. ¿Qué aplicaciones técnicas actualmente se tienen del efecto fotoeléctrico?
7. Ingresar en el sitio web: <http://phet.colorado.edu/index.php>, en el experimento del applet: The Photoelectric Effect, y contesta las siguientes preguntas:
 - a) ¿qué función desempeña la corriente eléctrica?
 - b) ¿qué función desempeña el voltaje?
 - c) ¿qué función desempeña la intensidad de la radiación?
 - d) ¿qué función desempeña el voltaje?
 - e) ¿qué función desempeña la frecuencia?
8. ¿cómo se explica la absorción de un fotón por un electrón?
9. ¿Los cambios en la intensidad de la luz modifican la energía de sus fotones?
 - a) Sí b) No c) A veces d) depende del material

Justifique su respuesta

10. ¿Al aumentar la intensidad del haz cambia la energía de los fotones constituyentes?

b) Sí b) No c) A veces d) depende del material

Justifique su respuesta

11. ¿La energía de los electrones emitidos depende de la intensidad de la luz?

c) Sí b) No c) A veces d) depende del material

Justifique su respuesta

12. ¿Qué significan las siguientes expresiones?

$f = \nu$ $0 + \frac{1}{2}mv^2$

$f = \phi + Ek$

En la figura 2, se muestra una imagen de la SC: efecto fotoeléctrico.

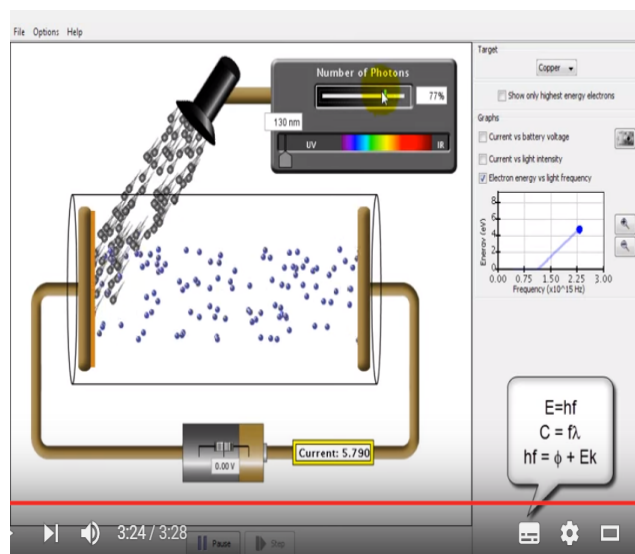


FIGURA 2. Simulación computarizada del efecto fotoeléctrico tomada del sitio: <http://phet.colorado.edu/index.php>

IV. ALGUNOS RESULTADOS

Tanto el diseño de la estrategia, como su instrumentación y el análisis de la información obtenida se llevó cabo teniendo como marco teórico por una parte el Enfoque Ontosemiótico de la Cognición e Instrucción Matemática (EOS) [13] por su articulación y aportaciones para un análisis didáctico como modelo teórico en Física educativa y por otra, la mediación instrumental de [7] en la educación, de la cual se consideraron fundamentalmente las premisas relativas al uso de la tecnologías como herramientas mediadoras en el proceso de aprendizaje.

A continuación se presentan a manera de síntesis las respuestas de 6 estudiantes en torno al segundo cuestionario, acerca de cómo percibieron el uso de la SC, para el estudio del efecto fotoeléctrico.

1. ¿En general qué te pareció la actividad?

Me parecieron buenas las preguntas, me gustó que en algunas preguntas me hizo dudar de lo que con seguridad

había mencionado en preguntas anteriores, como si la intensidad de la luz afectaba a la energía de los electrones emitidos. / Me pareció interesante poder discutir acerca del EF. Poner en perspectiva que no todas las ideas, por más locas que parezcan, pueden ser rescatadas. / La práctica se me hizo muy educativa para interactuar a través de las computadoras y generar una mejor explicación de los fenómenos físicos.

2. ¿Qué te gustó?

Me pareció que con las preguntas se pudo escarbar muy bien en el tema, de manera que al final, casi florecía la expresión matemática del efecto fotoeléctrico por sí sola, eso me gustó mucho. / Me gustó tener que usar mis apuntes de otras materias para poder dar respuesta a algunas cosas que ya había visto y no recordaba. Me hace aferrarme más a mis apuntes de otras materias. / La posibilidad de poder realizar el experimento de una forma virtual donde se pueden cambiar todos los parámetros y observar el impacto sobre el experimento, además de poder ver graficas de manera cuantitativa.

3. ¿Qué no te gustó?

Me hubiese gustado una pregunta que tratase de la diferencia entre la explicación clásica y la teoría cuántica del efecto, pues filosóficamente tiene un gran impacto comparar esos dos puntos de vista para un mismo fenómeno. / En general no tengo disgustos. / La falta de referencias, un video o una bibliografía, para entender mejor el experimento y la historia que hay detrás.

4. ¿Qué problemas técnicos tuviste?

Al tener el programa de Java al día no tuve ningún problema, pero he de destacar que la aplicación si tiene extensión .jar, si se ejecuta con java. Pero no creo que sea mucho problema para otras personas. / Tuve problemas con cargar la página de PHET, pero terminé cambiando de buscador y funcionó. / Ninguno.

5. ¿Qué no entendiste?

No sé si se hizo a propósito pero las últimas preguntas se me hicieron muy parecidas entre ellas tres y me confundieron un poco. / No recordaba bien el concepto, pero fuera de eso, todo estuvo claro. / Entendí bien, gracias al apoyo que me brindó el applet.

6. ¿Qué aprendiste?

Nunca había notado los datos del amperímetro del experimento, aprendí lo que significa la corriente en este fenómeno. / Aprendí más que nada cosas filosóficas y de enseñanza general. Tener que rescatar ideas que no fueron bien sustentadas o aceptadas me pone a reflexionar acerca de otros experimentos similares que hayan sido explicados bajo los mismos criterios. / A utilizar los applets.

7. ¿Qué comentarios tuvieron los demás estudiantes?

Aún no comento nada con mis otros compañeros / No he comentado. / No lo sé.

8. ¿Qué sugerencias tienes para mejorar la actividad?

Estaría padre construir una gráfica de la corriente con respecto a la longitud de onda para distintos materiales ¿no? Ya que se ve que tiene un máximo local en una longitud de onda determinada, estaría bueno bosquejar la función que resulta. / Podríamos ir más lejos de lo que PHET pone, podríamos hacer una especie de análisis numérico de lo

observado y ver el comportamiento (la recta y el corte con la función trabajo, etc.). / Para entender el experimento necesitas bases físicas como matemáticas, por lo que puede que la utilización del applet no cause una diferencia, una persona que no tiene la capacidad para comprender el experimento solo vera correlaciones, por lo que veo necesario una introducción antes del tema.

En la Tabla 1 se presentan los resultados del cuestionario del uso de la simulación computarizada (SC) para la actividad del efecto fotoeléctrico. La tabla fue elaborada con base a lo observado y audiograbado en los estudiantes al resolver el primer cuestionario y las respuestas específicas de lo que percibieron en el segundo; por ejemplo para la pregunta 1, los investigadores determinaron que los estudiantes usaron la SC como amplificadora (A), 6 veces. Por la pregunta 3 fue 2 veces usada como A, por la pregunta 5 fue 4 veces usada como A, dando un total de 10 veces como A (ver Tabla 2, columna de frecuencia). Para la pregunta 2 por lo que se observó y respondieron se conjeturó que la usaron en un tipo de transición amplificadora-transformadora (A-T), 3 veces y como transformadora (T), 3 veces. Cabe señalar que los tipos de clasificación en algunos casos se consideraron como transiciones entre una etapa y la otra.

TABLA 1. Relación de los tipos de uso de la SC en las preguntas.

Simbología: R = Reemplazadora, A = Amplificadora, T = Transformadora

Pregunta	Distribución de usos de la SC	Pregunta	Distribución de usos de la SC
1	R = 0 R-A = 0 A = 6 A-T = 0 T = 0	2	R = 0 R-A = 0 A = 0 A-T = 3 T = 3
3	R = 4 R-A = 0 A = 2 A-T = 0 T = 0	4	R = 2 R-A = 4 A = 0 A-T = 0 T = 0
5	R = 0 R-A = 0 A = 4 A-T = 2 T = 0	6	R = 0 R-A = 2 A = 0 A-T = 2 T = 2
7	R = 0 R-A = 0 A = 0 A-T = 0 T = 0	8	R = 0 R-A = 0 A = 0 A-T = 2 T = 4

En la siguiente tabla se presentan los resultados totales por uso que le dieron los estudiantes a la SC.

TABLA 2. Relación de los tipos de uso de la SC su frecuencia y porcentaje.

Tipo de uso	frecuencia	Porcentajes (%)
Reemplazadora (R)	6	15.0
Reemplazadora-Amplificadora (R-A)	6	15.0
Amplificadora (A)	10	25.0
Amplificadora-Transformadora (A-T)	9	22.5
Transformadora (T)	9	22.5

Desde la perspectiva teórica expuesta en el apartado II, con respecto a la génesis instrumental [7] sobre el uso de las TD: la primera y la segunda pueden dar cuenta (R y R-A) del proceso de instrumentalización mientras que la segunda y tercera (A-T y T) de la instrumentación. Se considera el primer tipo (Reemplazadora) y el segundo (Reemplazadora-Amplificadora) 12 veces de 40 usos, para dar cuenta del proceso de instrumentalización se tendría un 30%, mientras que el segundo y tercero de instrumentación (A, A-T y T) sería un 70%. Por lo que se conjetura que los estudiantes, no se limitaron al simple uso como reemplazadora (R) de la SC y actividades sin modificar la dinámica de su aprendizaje como en la clase tradicional, donde el uso de la SC se reduce a acciones cognitivas, como proyectar el fenómeno del efecto fotoeléctrico como un tema del libro de texto, repararlo, ilustrarlo, mostrar definiciones, etc.)

El uso que se le dio a la SC, fue como A y T en el 70% de las actividades y de algunas acciones cognitivas, de manera que las complementaron al usar las actividades que ofrece al Applet (cambiar las condiciones iniciales, correr la simulación, comprobar un resultado, ilustrar conceptos, intercambiar informaciones) y como transformador se conjetura que modificaron sus prácticas de estudio, que influyeron en su aprendizaje y contribuyeron en su desarrollo cognitivo. Por ejemplo, para la pregunta: ¿Qué te gustó? un estudiante respondió: la posibilidad de poder realizar el experimento de una forma virtual donde se podían cambiar todos los parámetros y observar el impacto sobre el experimento, además de poder ver graficas de manera cuantitativa. Otro estudiante respondió: Me pareció que con las preguntas se pudo escarbar muy bien en el tema, de manera que al final, casi florecía la expresión matemática del efecto fotoeléctrico por sí sola, eso me gustó mucho.

Considerando que la instrumentalización está más enfocada al artefacto y la instrumentación al sujeto (pensando con la herramienta), entonces el papel que jugó el uso de la SC, fue la de un reorganizador del conocimiento en los estudiantes, que influyó sus significados acerca del uso del lenguaje, por las representaciones que les ofrecía la SC y el tipo de prácticas realizadas.

REFERENCIAS

VI. CONCLUSIONES

El uso que le dan los estudiantes a las TD en la resolución de problemas es básicamente como: reemplazo, amplificador y transformador.

Por las evidencias observadas, en algunos casos pareciera que la TD no fue usada para modificar los conocimientos teóricos de los estudiantes, sino para reafirmarlos, como sucedió en la actividad trabajada del efecto fotoeléctrico, donde la mayoría, aproximadamente el 25% usó la simulación computarizada (SC) como amplificadora, lo cual puede deberse a que la TD, no es parte de la cultura en la enseñanza y el aprendizaje de la Física, no es institucional ni generalizado su uso en el profesorado, no es una práctica cotidiana del estudiante para su aprendizaje. Sin embargo en aproximadamente el 20 % de los estudiantes se observó que el uso de la TD generó una reorganización de su conocimiento y algunos llegaron incluso a asociar lo observado en la SC con lo que expresa la fórmula del efecto fotoeléctrico, incluso uno de ellos se entusiasmó tanto con la SC, que hizo sugerencias sobre otros posibles usos para el estudio del fenómeno del efecto fotoeléctrico.

El uso de las TD como herramientas mediadoras entre lo perceptivo y la teoría física, le permiten a los estudiantes en una simulación computarizada la variación de las condiciones iniciales, dinamizar (movilizar) y generar representaciones simultáneas, lo que les facilita relacionar las variables físicas, y construir las fórmulas que modelan el fenómeno físico.

Algunos estudiantes al usar las TD como instrumento (pensando con ellas) en el estudio de un fenómeno físico, llegan a sugerir mejoras en las SC como herramienta. Como se detectó en el estudio del efecto fotoeléctrico.

El papel de las TD al usarlas en la resolución de problemas es convertirse en un instrumento del pensamiento que se manifiesta al analizar, interpretar, diseñar estrategias y resolverlos.

El uso de las tecnologías digitales en la resolución de problemas debe estar encaminado a convertirlas en un instrumento del pensamiento, interiorizando las propiedades de la herramienta para pensar con ellas, al analizar, interpretar y diseñar estrategias en tareas, actividades teóricas y experimentales, etc., para lo cual es necesario: continuar indagando el efecto del uso de las TD en la resolución de problemas al convertirse en un instrumento del pensamiento. Explorar qué tipo de significados de los objetos de la Física producen las TD en los estudiantes en la resolución de problemas de Física que se modelan matemáticamente. Indagar el efecto del uso de las tecnologías (calculadora, computadora, internet y simulaciones computarizadas) en la enseñanza y el aprendizaje de la Física. Valorar los efectos del uso de las tecnologías digitales al rediseñar, reforzar y actualizar los recursos materiales de apoyo en la enseñanza y el aprendizaje de la Física.

- [1] Gras, A. y Cano, M., *TIC en la enseñanza de las ciencias experimentales*. Comunicación y pedagogía, **190**, 39-44 (2003).
- [2] Mendoza, M., Riveros, V., *Bases teóricas para el uso de las TIC en Educación*, Encuentro Educacional, **12**, 315-336 (2005).
- [3] De las Fuentes, M., Arcos, J., Sevilla, J., Corrales, V. *La didáctica de la Ingeniería con apoyo de la calculadora en la universidad pública*. México: Universidad Autónoma de Sinaloa/ Universidad Autónoma de Baja California (2012).
- [4] Hernández, G., Arcos, J., Cárdenas, L., Guerra, J., *Gestión de la calidad bajo la norma ISO 9001:2008 en instituciones públicas de educación superior en México*. México: Akademie, A.C. (2015).
- [5] Rivera, R., Ávila, R., De las Fuentes, M., *Las ecuaciones diferenciales. Una ecología de sus significados*. Alemania: Publicia. (2015).
- [6] Moreno, L., Sandoval, I., *Tecnología digital y cognición matemática: retos para la educación*. Horizontes Pedagógicos, **14** (1) (2012).
- [7] Rabardel, P., *Los hombres y las tecnologías. Visión cognitiva de los instrumentos contemporáneos*. (Trad.) Acosta, M. Colombia: Ediciones Universidad Industrial de Santander (2011).
- [8] Sandoval, I., *La geometría dinámica como una herramienta de mediación entre el conocimiento perceptivo y el geométrico*. Educación Matemática, **21** (1), 5-27. (2009).
- [9] Font, V., Planas, N., Godino, J., <http://www.ugr.es/~jgodino/eos/modelo_anadida_25junio09.pdf>, Consultado el 10 de diciembre 2015.
- [10] Vygotsky, L., *Mind and Society*, (Harvard University Press, 1930).
- [11] Rabardel, P., *Eléments pour une approche instrumentale en didactique des mathématiques*. Actes de l'école d'été de didactique des mathématiques, Houlgate 18-21 Août, IUFM de Caen, 203 – 213 (1999).
- [12] Hughes, J., *The Role of Teacher Knowledge and Learning Experiences in Forming Technology Integrated Pedagogy*. Journal of Technology and Teacher Education, **13**(2), 277-302 (2005).
- [13] Godino, J., Batanero, C., Font, V. (2008). Un Enfoque Ontosemiótico del Conocimiento y la Instrucción Matemática. Recuperado el 10 de octubre de 2011, de <http://www.ugr.es/~jgodino/>