

Propiciando el pensamiento teórico por medio de los laboratorios de física



Rafael García Cañedo¹, Aurea Deysi Rodríguez Llerena²,
Juan José Llovera González³, Carlos Perdomo Leyva⁴

^{1,2,3,4}Departamento de Física, Instituto de Ciencias Básicas de la Universidad Tecnológica de La Habana
"José Antonio Echeverría" Cujae. Calle 114 No. 11901, e/t 119 y 127 Marianao, La Habana, Cuba.

E-mail: rafael@automatica.cujae.edu.cu

(Recibido el 8 de junio de 2019, aceptado el 4 de agosto de 2019)

Resumen

El desarrollo del pensamiento teórico es una necesidad para el aprendizaje de la física al igual que esta es un medio propicio para la conformación y desarrollo del primero. El problema de cómo lograrlo será objeto de análisis y para dar respuesta a esta pregunta nos trazamos el objetivo de propiciar el desarrollo del pensamiento teórico por medio del laboratorio docente empleando tanto su forma real como virtual lo cual sirve de contribución a la didáctica de esta ciencia. La originalidad está dada porque al romper con los esquemas de la enseñanza tradicional en el uso de los laboratorios en la enseñanza de la física propone una mirada diferente para su aprendizaje. Se mostrarán los resultados cualitativos preliminares obtenidos en la aplicación de la propuesta didáctica.

Palabras clave: Educación en Física, laboratorios de Física, pensamiento teórico.

Abstract

The development of theoretical thought is a requisite for the Physics learning. Likewise, Physics works as a beneficial tool for the construction and development of the theoretical thought. The analysis of how to develop the theoretical thought leads us to one main objective: to encourage the theoretical thought by means of the teaching laboratories in its real and virtual forms. This serves as a relevant contribution to the didactics of this science. The originality of our work relies on breaking traditional schemes within the use of the laboratories in the physics teaching providing a different perspective for the physics learning. The preliminary qualitative results obtained during the application of the didactic proposal will be presented.

Keywords: Education in Physics, physics lab, theoretical thought.

PACS: 01.30.Os, 01.40.-d, 01.50.-i

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCTION

En la reciente Conferencia Interamericana de Aprendizaje y Enseñanza de la Física, CIAEF 2019, celebrada en Uruguay del 8 al 12 de julio, una de las preocupaciones manifiestas por los docentes investigadores presentes fue la formación de una concepción inadecuada de la Física como ciencia en los estudiantes porque la forma tradicional en que se enseña genera estereotipos que no contribuyen a su aprendizaje real sino formal, esto ha sido abordado por muchos autores en los últimos años [1, 2, 3].

Para la mayor parte de los estudiantes, e incluso en general para la sociedad, la Física es vista como una asignatura difícil, incomprensible, casi inaccesible, en la que solo se trata de resolver problemas tales que para darles solución se tienen que memorizar fórmulas de manera no significativa para el estudiante y combinarlas a partir de ciertas habilidades matemáticas (sustituir valores de variables, despejar otras y evaluar y calcular) para llegar al valor de las incógnitas [4, 5].

De esta manera, la forma en que tradicionalmente se enseña la Física propicia el desarrollo de un pensamiento empírico

debido a un abordaje simplista de la ciencia, un proceder operativo lógicamente ciego, y una visión que desvirtúa los valores y la utilidad de esta ciencia para la solución de problemas reales de la tecnología y la vida cotidiana y más aún, para desarrollar el pensamiento lógico en los estudiantes [6, 7, 8, 9, 10, 11].

El pensamiento teórico es una necesidad para el aprendizaje no formal y la comprensión y apropiación de los conceptos, principios y leyes que estructuran epistémicamente cualquier ciencia y particularmente la Física. En función de cómo se estructure la enseñanza de esta ciencia se puede propiciar un entorno de aprendizaje significativo adecuado para su conformación y desarrollo [12, 13].

Los autores han constatado que si se comienza la enseñanza de la Física sobre la base de tareas de estudio experimentales concebidas para propiciar este estilo de pensamiento se crean las condiciones necesarias para producir vivencias en los estudiantes que les permitirán darle sentido y significado a lo que estudian cambiando, de esta manera, la creencia epistemológica que se han formado de esta ciencia.

Rafael García Cañedo, Aurea Deysi Rodríguez Llerena, et.al.

Por lo general la forma de enseñanza de la Física a través del laboratorio docente está concebida en el programa curricular a modo de algunas pocas sesiones de prácticas; la mayor parte de las veces en equipos de dos, tres o más estudiantes; que incluso pueden quedar ocasionalmente postergadas o eliminadas según las limitaciones del tiempo lectivo asignado a esta asignatura en el curso, sin embargo, es posible que la clase de laboratorio tenga en si misma potencialidades no explotadas didácticamente para contribuir al desarrollo del pensamiento teórico en los estudiantes[14].

En este sentido cabe preguntarse: ¿Se puede organizar didácticamente la enseñanza de la Física en el laboratorio para contribuir a la formación y desarrollo del pensamiento teórico? ¿De ser posible cómo podría lograrse?

II.FUNDAMENTOS DEL PENSAMIENTO TEÓRICO EN EL APRENDIZAJE DE LA FÍSICA

El pensamiento teórico es un proceso psicológico de la personalidad tal que a partir de las acciones orienta al hombre para determinar las propiedades de un objeto de estudio y establecer las conexiones internas esenciales entre dichas propiedades y sus relaciones con otros circundantes para mostrar el sistema al que pertenece y el desarrollo de ambos.

En este sentido Davidov, refiriéndose al pensamiento teórico, plantea: “Las acciones vinculantes de lo externo y lo interno (de lo singular y lo general) que entrañan comprensión...” “...El proceso de observar lo concreto con auxilio de dichas acciones constituye el pensamiento en forma de conceptos o pensamiento teórico”. El pensamiento teórico busca develar lo esencial, por medio de la abstracción y encontrar las leyes y principios más profundos que rigen el desenvolvimiento del objeto, estableciendo las relaciones esenciales entre las propiedades esenciales del objeto de estudio y su desarrollo [15].

Estas acciones vinculantes son definidas por este autor como acciones sensoriales-objetivas-cognoscitivas que son las que permiten develar las conexiones internas esenciales del objeto de estudio tras su manifestación particular, siguiendo el método de la ascensión de lo abstracto a lo concreto pensado al cumplir con las tareas de estudio.

Siguiendo a dicho autor, la actividad de estudio se compone de tareas de estudio que son los objetivos en sus condiciones para poder alcanzar las metas. Las tareas se estructuran en acciones que son el acto de transformación del objeto y están compuestas por operaciones que se realizan según las condiciones que tenga el individuo en un contexto determinado.

Davidov propone las siguientes tareas y acciones de estudio para la formación del pensamiento teórico las cuales resumimos a continuación.

A. Tarea de estudio y exigencias que genera esta tarea

1. *El análisis del material fáctico con el fin de descubrir en él cierta relación general que presenta*

una vinculación sujeta a ley con las diferentes manifestaciones de este material, es decir, la construcción de la abstracción y de la generalización sustanciales;

2. *La deducción, sobre la base de la abstracción y la generalización, de las relaciones particulares del material dado y su unión (síntesis) en cierto objeto integral, es decir, la construcción de su "célula" y del objeto mental concreto;*
3. *El dominio, en este proceso analítico-sintético, del procedimiento general de construcción del objeto estudiado.*

B. Acciones de estudio

- *Transformación de los datos de la tarea con el fin de poner al descubierto la relación universal del objeto estudiado (acción principal).*
- *Modelación de la relación diferenciada en forma objetual, gráfica o por medio de letras.*
- *Transformación del modelo de la relación para estudiar sus propiedades en "forma pura".*
- *Construcción del sistema de tareas particulares a resolver por un procedimiento general.*
- *Control sobre el cumplimiento de las acciones anteriores; evaluación de la asimilación del procedimiento general como resultado de la solución de la tarea de estudio dada, [15].*

Durante este proceso los estudiantes, por el método de la ascensión de lo abstracto a lo concreto pensado, van construyendo sus conocimientos y van comprobando la eficacia de su aprendizaje, aprenden a dominar los procedimientos de construcción de los modelos, de los conceptos, leyes y la aplicación de lo general a los casos particulares para darle solución a los problemas que se les plantean. Todo a partir de llegar a lo sustancial partiendo de un hecho sin tener que realizar extensos entrenamientos ni comparaciones entre los diversos casos particulares para hacer una generalización.

Lo planteado anteriormente permitirá a los autores mostrar porqué la Física tiene los “nutrientes” necesarios para la conformación y desarrollo del pensamiento teórico si su enseñanza es orientada de modo que el estudiante construya su conocimiento por esta vía.

Lo analizado anteriormente se propicia si se inicia el aprendizaje de la física desde el laboratorio docente, en estas condiciones el estudiante parte de presenciar el hecho físico que es su objeto de estudio.

III. EJEMPLO DE ESTRUCTURA DIDÁCTICA DE LAS ACCIONES QUE LIMITAN EL DESARROLLO DEL PENSAMIENTO TEÓRICO A TRAVÉS DEL LABORATORIO

Una de las prácticas de laboratorio más frecuentemente realizadas en el curso de Física III (Mecánica Cuántica y Física Moderna) es el experimento de Frank y Hertz. Tomaremos esta práctica como ejemplo ilustrativo de la propuesta didáctica que se promueve por los autores.

Cuando esta práctica se orienta didácticamente en su forma tradicional se entrega a los estudiantes un manual o instructivo [16] en el cual se describe el objetivo de la práctica en términos de comprobar el fenómeno, se reproducen los conceptos teóricos básicos relacionados con el mismo y a continuación se muestra un esquema o diagrama del sistema experimental que será empleado (fotos a veces incluidas) y que el alumno encontrará montado en el puesto de trabajo para realizar el experimento. A continuación, se describen los pasos que debe dar a manera de recetario o rutina de medición y de esta manera se anticipa el resultado que se obtendrá. Para evaluar el proceso de aprendizaje se pide al estudiante la entrega de un breve informe de los resultados obtenidos después de procesar la data adquirida, así como sus conclusiones del trabajo realizado.

Puede parecer que una tal orientación permite lograr el mejor desarrollo de la clase dando como resultado un aprendizaje correcto y eficiente de la confirmación de las hipótesis sobre la cuantificación de la energía en la estructura atómica, pero veamos las carencias que esta forma didáctica de concebir las tareas implica para el aprendizaje de dicho fenómeno a la luz del desarrollo del pensamiento teórico.

En primer lugar su ejecución por parte del estudiante debe comenzar con una lectura analítica correcta del instructivo previamente al acto experimental. Esta actividad presenta la dificultad de que el estudiante, durante el estudio previo, no cuenta con los instrumentos reales que deberá emplear teniendo que hacerse representaciones mentales que necesariamente es simple y limitado respecto al experimento real y no permiten apreciar muchos detalles que deberán ser tomados en cuenta para realizar la práctica. Por demás, esta lectura demanda tiempo, y al final será solamente en el momento de llegar al laboratorio en el que el estudiante podrá percatarse de una gran parte de lo que estuvo leyendo e incluso de aspectos nuevos que no podían estar contemplados en el instructivo y que pueden acarrear motivos de duda respecto a lo que estudió.

Otra de las limitaciones didácticas que implica esta forma de orientación tradicional tiene que ver con el hecho de que, como conclusión de su estudio previo, el estudiante en general considera que debe asimilar casi únicamente el conjunto de acciones [17] que se le orienta hacer al llegar al laboratorio (que inclusive muchas veces están explicitadas detalladamente en una pancarta de ayuda) y que por lo general son ejecutadas de manera formal y no exenta de errores pues en realidad las habilidades de ejecución de experimentos no pueden basarse simplemente en una base orientadora de las acciones previa, incompleta y concreta que

Propiciando el pensamiento teórico por medio de los laboratorios de física

le fue dada [18] y en la concepción de la cual el propio actor del proceso de aprendizaje, el estudiante, no participó conscientemente.

Si analizamos didácticamente este proceder podemos darnos cuenta de que casi nada contribuye al desarrollo del pensamiento teórico.

En primer lugar no se promueve una situación problemática que genere motivación cognoscitiva ya que desde un inicio se sabe qué se pretende hacer. Por otra parte esta manera de orientar las acciones no permite al estudiante elaborar hipótesis acerca del fenómeno o ley que constituye el contenido de aprendizaje ya que desde un inicio se conoce el resultado que debe obtenerse del experimento [19].

Otra de las condiciones en que se debe desarrollar un aprendizaje para promover el pensamiento teórico consiste, como ya se ha explicado, en analizar la esencia del contenido que debe ser apropiado a partir de una interpretación correcta de su presentación semiótica, a través de las ecuaciones en este caso. La forma tradicional de orientar la realización de este experimento no permite que el estudiante se percate de esta importante relación.

Podría aducirse otras limitaciones por las cuales esta manera tradicional de orientar didácticamente la realización de este laboratorio no permite desarrollar en su plenitud el pensamiento teórico, basando las acciones de los estudiantes en una forma de razonar propia de un pensamiento empírico, con bajo desarrollo del pensamiento abstracto, crítico y creativo. [20, 21].

Veamos ahora una alternativa didáctica que ha sido aplicada para suplir las carencias anteriormente analizadas.

IV. UNA POSIBLE ESTRUCTURA DIDÁCTICA DE LAS ACCIONES PARA DESARROLLAR EL PENSAMIENTO TEÓRICO DESDE EL LABORATORIO DOCENTE DE FÍSICA EN EL EJEMPLO PREVIAMENTE ANALIZADO

Con el fin de contribuir al desarrollo del pensamiento teórico en el estudiante la práctica de laboratorio anterior ha sido concebida didácticamente de otra manera que a continuación se explica.

En primer lugar se desestimó la necesidad de entregar a los estudiantes un documento a manera de instructivo que debería ser estudiado previamente. De esta forma al estudiante solo se le declaró como objetivos a cumplir los siguientes:

A. Objetivos del experimento de Frank y Hertz

- Ejecutar el experimento de Frank y Hertz, observarlo, describirlo y caracterizarlo.
- Medir voltajes e intensidades de corriente empleando correctamente los instrumentos adecuados.
- Graficar el comportamiento de la intensidad de la corriente al variar el voltaje y compararlo con el de un elemento resistivo estableciendo diferencias y semejanzas.

Rafael García Cañedo, Aurea Deysi Rodríguez Llerena, et.al.

A partir de lo anterior pedirles que elaboren preguntas, hipótesis que puedan dar respuestas a las preguntas que les permita explicarse el fenómeno que ocurre en el tubo relleno con argón y sacar conclusiones acerca de la cuantificación de la energía en los átomos y los niveles de energía en sus distintos estados, la absorción y emisión de energía.

Los estudiantes observan el experimento de Frank y Hertz por primera vez, sin conocer su explicación teórica; es un primer momento de enfrentamiento con el fenómeno que será objeto de estudio por ellos. Esto crea un espacio para la incertidumbre, la elaboración de problemas de hipótesis y los va implicando en su proceso de aprendizaje de esta manera se induce su motivación para la construcción de su conocimiento.

El experimento de Frank y Hertz se utiliza de manera novedosa con el objetivo de inducirles la idea de la cuantificación de la energía durante la discusión de los resultados lo que propicia que sean conscientes de este objeto de estudio durante la búsqueda de sus leyes esenciales.

Los estudiantes se mostraron motivados por la actividad, cumplieron disciplinadamente con las tareas de la realización de esta práctica y elaboraron preguntas que fueron respondidas en la discusión por los propios estudiantes con diferentes niveles de ayuda del profesor.

Dado el hecho de que el sistema experimental es un dispositivo de “caja negra” se describió la composición estructural del mismo para que pudieran conocer lo que está pasando dentro del equipo, se explicó la función de los distintos voltajes del experimento, la de los electrones que son acelerados y del gas que absorbe la energía de los electrones selectivamente para determinados valores de voltaje provocando la disminución de la corriente en el circuito del sistema experimental.

Posteriormente se pasa a la elaboración del problema debido a la contradicción que se produce cuando al aumentar el voltaje para determinados valores de éste, se produce una caída brusca de la intensidad de la corriente de manera que no se obtiene un ascenso lineal de esta al aumentar el voltaje como ocurre con los dispositivos óhmicos.

En la discusión se pudo inducir en los estudiantes la idea de la cuantización de la energía a través del experimento de Frank y Hertz. Al preguntarse por qué la corriente disminuye bruscamente para ciertos valores de voltaje y por qué vuelve a aumentar al pedir a los alumnos mostrar sus resultados gráficamente sin decirles el tipo de gráfico que deben construir para ello.

La actividad debe concluir con una conversación entre los estudiantes y el profesor acerca de los resultados en los que estos argumenten sus conclusiones acerca del experimento incluyendo la influencia que pueden tener los instrumentos empleados en la calidad de la comprobación realizada en cada caso.

Pedir o no un informe escrito puede quedar a decisión del docente en dependencia de la comprobación realizada durante el propio ejercicio experimental. En definitiva, si nos damos cuenta durante el desarrollo de la práctica los estudiantes tuvieron necesidad de elaborar todos los elementos que incluirían en un informe escrito, pero no de manera formal sino consciente en cada momento.

B. Comprobación Experimental de la Ley de Wien utilizando una simulación virtual

Esta simulación virtual se diseñó didácticamente para modelar el fenómeno de la radiación térmica por medio de la construcción del gráfico de $I(\lambda)$ contra λ para obtener la ley empírica de Wien una vez que el estudiante conoce previamente este fenómeno. En la misma se puede apreciar cómo la longitud de onda a la cual se obtiene el máximo de emitancia espectral (λ_m) se desplaza al variar la temperatura del cuerpo emisor. Estas condiciones fueron discutidas con el estudiante después de haber construido la familia de curvas que se obtienen a diferentes temperaturas.

Se le orientó al estudiante darle valores a la temperatura para que la simulación representara la gráfica correspondiente de $I(\lambda)$ contra λ . Se tabularon los valores de T y los de λ_m . A continuación, se le dio la oportunidad al estudiante que encontrara por cualquier camino la relación entre estas dos magnitudes.

En la discusión con los estudiantes se construyeron distintos tipos de gráficas que involucran a T vs λ_m , hasta llegar a la conclusión de que el gráfico de T vs $1/\lambda_m$, da una relación lineal de cuya pendiente se obtiene un valor constante (2898 $\mu\text{m K}$) al cuál se le atribuye un significado físico de ser la constante de proporcionalidad.

Se obtuvo la Ley de Wien con esos valores a partir de la gráfica por la ecuación de la recta. Es decir, se obtuvo el modelo simbólico que está representado en la Ley de Wien y relaciona la longitud de onda a la que se emite la mayor energía con la temperatura del cuerpo radiante.

V. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Para constatar la influencia de los laboratorios docentes con el objetivo de propiciar el desarrollo del pensamiento teórico se elaboraron los siguientes indicadores que a continuación se definen.

Análisis Esencial (AE): Desglose de las propiedades esenciales, características esenciales que definen el objeto de estudio y permiten definirlo.

Trabajo con las Unidades de Medida (TUM): Determinación de la menor porción de las propiedades, menor porción del todo, que se determina operativamente a partir del trabajo con las unidades de medida.

Simbolización (S): Consiste en asignar a cada propiedad del objeto de estudio; ya sea esta simple o compleja, una magnitud representada con determinado signo que la simboliza con su correspondiente unidad de medida. Es decir, es cuando se establece la relación: propiedad \rightarrow magnitud \rightarrow unidad como primer nivel de síntesis.

Síntesis Esencial (SE): Consiste en establecer las relaciones esenciales entre las propiedades, es decir, las conexiones internas del objeto de estudio, produciéndose de esta manera la significación-integración-modelación al realizar la modelación gráfica durante la construcción de gráficas donde se muestran las relaciones entre las magnitudes que se dan en las expresiones físico-matemáticas, que no es otra cosa que la relación entre las

propiedades del objeto de estudio. Esto posibilita darles un significado y un sentido a las ecuaciones produciéndose la modelación simbólica y la comprensión de las leyes físicas durante la construcción de los conceptos del conocimiento físico.

Explicación (E): Permite valorar en qué medida el estudiante es capaz de utilizar las relaciones esenciales del objeto para responder al porqué y establecer la conexión causa-consecuencia y poder responder al ¿cómo? Describiendo el proceso que da lugar a un determinado resultado.

Estos indicadores fueron evaluados en el examen final de la asignatura Física III a través de preguntas intencionadas a obtener respuestas de contenidos apropiados en el laboratorio docente y para el procesamiento de los resultados se elaboró por los investigadores una escala con cuatro niveles que van desde cero hasta tres, asumiendo como resultados positivos aquellas respuestas que fueron evaluados con 2 puntos o más, los resultados se muestran en la tabla I.

Tabla I. Cantidad de estudiantes evaluados con 2 o más por cada indicador.

Ind.	Exp	Cont	Significació n Fisher	Significació n asintótica	conclusió n
AE	17	6	0.018	0.005	Diferencia al 2%
TU M	23	13	0.061	0.029	Diferencia al 6.1%
S	8	3	0.187	0.096	Diferencia al 10%
SE	13	6	0.144	0.079	Diferencia al 8%
E	13	6	0.144	0.079	Diferencia al 8%
Suje tos	26	20			

De los resultados obtenidos de las evaluaciones entre los grupos control y experimental se puede apreciar que en todos los indicadores se obtiene que la significación asintótica alcanzó mayor puntuación en el grupo experimental con grados de significatividad favorables al mismo.

CONCLUSIONES

Si se presenta a los estudiantes el laboratorio docente con un enfoque didáctico adecuado y un orden diferente al tradicional en la distribución de actividades de forma tal que se comience el tema por el laboratorio docente propiciando que el estudiante realice las tareas y acciones de estudio según Davidov se puede lograr el desarrollo del pensamiento teórico.

La Física como asignatura y el laboratorio docente son un espacio que se puede utilizar para el desarrollo del pensamiento teórico puesto que es un terreno fértil para su conformación, en dependencia de la manera en que se

Propiciando el pensamiento teórico por medio de los laboratorios de física structure el contenido en los distintos tipos de clases en especial los laboratorios docentes.

REFERENCIAS

- [1] Douglas, C., Bernaza, G. y Corral, R. *Una propuesta didáctica para el aprendizaje de la Física*, Revista Iberoamericana de educación (2006).
- [2] Guisasola, J., Gras-Mart, A y Martínez -Torregoza, J. *¿Puede ayudar la investigación en enseñanza de la física a mejorar su docencia en la universidad?*, Revista Brasileira de Ensino de Física **26**, (2004).
- [3] Morales, L., Mazzitelli, C. A., Oliver, A., *La enseñanza y el aprendizaje de la Física y de la Química en el nivel secundario desde la opinión de estudiante*, Revista electrónica de investigación en educación en ciencias, 11-19. (2015).
- [4] García, R., Fariñas, G., Falcón, H. y Ruqué, L., *Un cambio en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física utilizando su esquema orientador*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **9**, (2015).
- [5] Moreira M. A., *Enseñanza de la física: aprendizaje significativo, aprendizaje mecánico y criticidad*, Revista de Enseñanza de la Física **26**, 45-52. (2014).
- [6] Ferreyra, A. y Gonzalez, E., *Reflexiones sobre la enseñanza de la Física Universitaria* Enseñanza de las Ciencias **18**, 189-199 (2006).
- [7] Rodríguez, L. E. y Rodríguez, M. C., *Evaluación de cualidades del pensamiento de estudiantes de Matemática-Física al ingresar en la universidad*, Actualidades Investigativas en Educación **18**, (2018).
- [8] Zárate, J. C., *Correlación entre el razonamiento lógico y el bienestar personal de los estudiantes de quinto año de contabilidad de la universidad nacional de San Agustín*, Facultad de ciencias de la educación, Arequipa Perú. Tesis en opción al grado de maestro en ciencias (2018).
- [9] Medina, M. I., *Estrategias metodológicas para el desarrollo del pensamiento lógico-matemático*, Didascalía: Didáctica y Educación, Ecuador-Cuba **9**, (2017).
- [10] Blanco, R., *El pensamiento lógico desde las perspectivas de las neurociencias cognitivas*, Tesis para optar por el grado de doctor en filosofía. Universidad de Ovideo (2017), www.eicasia.es/documentos/rafaelblanco.pdf.
- [11] Travieso, D. y Hernández, A., *El desarrollo del pensamiento lógico en el proceso de enseñanza aprendizaje*, Revista cubana de educación superior **36**, (2017). Recuperado de http://scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0257-43142017000100006.
- [12] García, R., Zanelato, E. y Douglas, C., *La didáctica como posibilitadora del desarrollo del pensamiento teórico*, Educere **23**, (2017).
- [13] Matute, K., *Aprendizaje significativo en los procesos de enseñanza de la segunda ley de Newton utilizando la clase invertida*, Propuesta Guía interactiva en la resolución de problemas en moodle Tesis de Licenciatura, Universidad de Guayaquil, Facultad de filosofía, letras y ciencias de la educación, Carrera Física-Matemática (2017).

Rafael García Cañedo, Aurea Deysi Rodríguez Llerena, et.al.

- [14] Castiblanco, O. L. y Vizcaino, F. D., *La experiencia del laboratorio en la enseñanza de la Física*, Revista Educación en ingeniería, (2008).
- [15] Davidov, V., *Tipos de generalización de la enseñanza*, (Editorial Mir, Moscú, 2008).
- [16] Rodríguez Llerena, A. D. y Llovera-González J. J., *Diseño de instructivos de laboratorio para la Física I, Plan E*, Revista cubana de ingeniería, (2008).
- [17] Rodríguez, A. D., *Estrategias de enseñanza para un aprendizaje significativo en la Física Experimental*, Revista Cubana de Física **31** (2014).
- [18] Talizina, N. F., *Psicología de la Enseñanza*, (Editorial Progreso, Moscú, 1988), pp. 108-113.

- [19] Viera, L., Fleisner, A. y Ramirez, S., *El laboratorio en cursos de química y física de nivel medio y superior: ¿para qué y cómo?*, XVIII Reunión de Educadores en la Química Río Cuarto **6**, (2018).
- [20] Ortega, G., *Diseño de actividades de física y química de 3 de ESO para el fomento del pensamiento crítico y la creatividad*, Trabajo de fin de Máster. Universidad Internacional de la Rioja, Facultad de Educación. Ciudad de Liendo (2008).
- [21] Jaramillo, L. y Puga, L.A., *El pensamiento lógico abstracto como sustento para propiciar los procesos cognitivos de la educación*, Sophia, colección de Filosofía de la Educación **21**, (2014).