

## La estructura invariante del método para la solución de tareas constructivas de Física



### The invariant structure of the method for solving constructive physics tasks

Julio Leyva Haza, [leyvahaza2007@gmail.com](mailto:leyvahaza2007@gmail.com)

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas; Santa Clara, Villa Clara, Cuba

<https://orcid.org/0000-0002-6616-7095>

Yusimí Guerra Véliz, [yusimig@uclv.cu](mailto:yusimig@uclv.cu)

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas; Santa Clara, Villa Clara, Cuba

<https://orcid.org/0000-0002-1711-5686>

Pablo Enrique Ramos Ruíz, [pablo31121962@gmail.com](mailto:pablo31121962@gmail.com)

Instituto Preuniversitario Urbano “Osvaldo Herrera”, Santa Clara, Villa Clara, Cuba

<https://orcid.org/0000-0002-1741-9073>

#### Palabras clave

Enseñanza de las ciencias  
Práctica de laboratorio  
Trabajos prácticos  
Experimento  
Proyectos del alumno

**Resumen:** La poca disponibilidad de equipos de laboratorio ha provocado que en la enseñanza de la Física en preuniversitario se haya relegado el experimento, aun cuando se reconoce su valor. Una de las vías para atenuar este inconveniente es involucrar a los estudiantes en la construcción de prototipos usando materiales de fácil adquisición, lo que a la vez pondera su protagonismo. El objetivo del presente artículo es revelar la estructura del método de solución de las tareas dirigidas a la construcción de prototipos. La metodología estuvo signada por el método teórico experimental de modelación de los procedimientos de la actividad cognoscitiva, considerando sus invariantes y tomando la solución teórica como menor unidad estructural del método de solución de cualquier tipo de tarea. En la segunda etapa de la metodología se tomó una muestra de siete estudiantes con lo que se confirmó su carácter invariante y se hicieron ajustes al modelo previo. Nuevas investigaciones deben abordar la didáctica de su enseñanza considerando la inclusión de recursos didácticos para materializar las acciones de las etapas que ocurren a nivel mental.

#### Keywords

Science education  
Laboratory practice  
Practical work  
Experiment  
Student projects

**Abstract:** The limited availability of laboratory equipment has led to the relegation of experimentation in pre-university physics teaching, even though its value is recognized. One of the ways to mitigate this drawback is to involve students in the construction of prototypes using readily available materials, which at the same time enhances their role as protagonists. The aim of this article is to reveal the structure of the solution method of the tasks aimed at the construction of prototypes. The methodology was marked by the experimental-theoretical method of modeling the procedures of cognitive activity, considering its invariants and taking the theoretical solution as the smallest structural unit of the method of solution of any type of task. In the second stage of the methodology, a sample of seven students was taken, thus confirming its invariant character and making adjustments to the previous model. Further research should address the didactics of its teaching considering the inclusion of didactic resources to materialize the actions of the stages that occur at the mental level.

---

#### Cómo citar:

Leyva Haza, J, Guerra Véliz, Y. y Ramos Ruíz, P. E. (2023). La estructura invariante del método para la solución de tareas constructivas de Física. *Revista Varela*, 23(64), 79-88.

---

Recibido: septiembre de 2022, Aceptado: diciembre de 2022, Publicado: 1 de enero de 2023

## INTRODUCCIÓN

“La Física como ciencia estudia la naturaleza, por lo que presupone garantizar la orientación de su enseñanza sobre la base de un estrecho vínculo entre el método teórico y el método experimental” ([Pino y Ferreira, 2020](#), p. 2302-1), vínculo que lleva al desarrollo del pensamiento científico de los estudiantes. Se coincide con estos autores en que “la importancia del experimento docente en el curso de Física está dada por su contribución: en la obtención del conocimiento al ser fuente de él y método de investigación; en la vinculación de la teoría con la práctica” ([Pino y Ferreira, 2020](#), p. 2302\_3).

“El trabajo experimental es un elemento distintivo y característico de la actividad científica, por lo que resulta fundamental que los alumnos lo conozcan y lo sepan desarrollar adecuadamente” ([Tomás y García, 2015](#), p. 11). Estas razones justifican el hecho de que “la actividad experimental constituye una de las líneas más importantes en la didáctica de las ciencias” ([Domingos-João y Pérez-Ponce de León, 2015](#), p. 2).

Se consideran los criterios de [Riveros \(2019\)](#) de que “la realización de experimentos y su interpretación ayuda a los estudiantes a razonar; y a los profesores, a mejorar sus métodos de enseñanza” (p.1304\_1). En particular, la construcción de instalaciones para la realización de experimentos físicos por parte de los estudiantes constituye una práctica que potencia su razonamiento y la inventiva.

Sin embargo, en la enseñanza media, el trabajo experimental es relegado con frecuencia, impartándose la física con un marcado carácter teórico ([García y Calixto, 1999](#); [Tomás y García, 2015](#); [Sánchez, et al., 2016](#)). Según [Tomás y García \(2015\)](#), una de las razones que ha estado provocando esta situación es que “el material de laboratorio de los centros de Educación Secundaria es escaso”, razón que también se manifiesta en la Educación Preuniversitaria. Sobre esta base muchos profesores se preocupan por buscar alternativas para elaborar los medios que le permitan realizar los experimentos. “Esa preocupación por acercar la experimentación mediante el diseño de experimentos de fácil adquisición es todavía hoy una importante cuestión en la enseñanza de las ciencias” ([Pérez y Falcón, 2009](#), p. 454).

Para atenuar esta situación, una de las opciones usadas, tanto a nivel nacional como internacional, es el uso de materiales reciclables o fáciles de adquirir ([Marulanda y Gómez, 2006](#); [Tomás y García, 2015](#); [Sánchez et al., 2016](#), [León y Dorvigny, 2019](#)). En esta temática se inserta la presente investigación en que se propusieron tareas de Física dirigidas a la construcción de instalaciones para la realización de experimentos Físicos, elaboradas por los estudiantes de preuniversitario, a partir de materiales disponibles en la comunidad. En este proceso, como una tarea de investigación en didáctica, fue posible revelar la estructura del método de solución y constituye el objetivo de este artículo darlo a conocer a la comunidad científica.

La solución de tareas de este tipo por los estudiantes, además de atenuar las dificultades referidas a la disponibilidad de equipos de laboratorio, contribuye al desarrollo del protagonismo estudiantil, razón por la cual su inclusión en el sistema de tareas de Física responde a las políticas del tercer perfeccionamiento educacional en Cuba.

Las ideas principales del perfeccionamiento sobre la forma de trabajo de la escuela y la nueva concepción curricular radican en que cada institución educativa determina un currículo institucional, construido a partir de un currículo general, que es común por educación y modalidades, y con mayor participación en las decisiones del colectivo pedagógico, los alumnos y las familias sobre su contenido, así como las formas variadas del trabajo docente: la clase, proyectos escolares, programas complementarios y otras, donde se atiende más a lo local y a los intereses de los estudiantes y su desarrollo creativo ([Velázquez y Navarro, 2018](#), pp. 101-102).

## MARCO TEÓRICO

Las tareas cuya exigencia es la construcción de instalaciones para la realización de experimentos se conocen como tareas constructivas ([Rasumovski, 1987](#), p. 168), aunque otros autores se refieren a ellas como construcción de arquetipos ([Tecpan y Hernández, 2018](#)) o construcción de prototipos ([Carrera y Ramírez, 2017](#)).

El construir un prototipo lleva al estudiante a una apropiación y aplicación de los conceptos de la física; fortalece la abstracción debido a que el estudiante debe utilizar la modelación física como un eje fundamental en el momento de dar solución a la problemática planteada (p.2304\_3).

[Rasumovski \(1987\)](#) destaca tres etapas fundamentales del proceso de construcción al abordar una tarea constructiva, estas son:

1. El conocimiento del problema y la formulación de la tarea constructiva.
2. La resolución teórica del problema y la elaboración del proyecto.
3. La verificación del proyecto y su ejecución material.

“Estas tres etapas, en forma general, describen el mecanismo de construcción, que incluye el estudio de las exigencias de la nueva máquina” ([Rasumovski, 1987](#), p. 168). Es decir, del arquetipo o prototipo.

La primera etapa identificada por [Rasumovski \(1987\)](#) se refiere a la formulación de la tarea constructiva y consta de dos partes. La primera se refiere a percatarse de que existe un déficit en la dotación del laboratorio que no permite realizar un determinado experimento para el tratamiento del contenido. Esta es la identificación del problema. Este déficit, por lo regular, lo detecta el profesor que es quien conoce la disponibilidad de equipos en el laboratorio y lo hace corresponder con el contenido físico que va a impartir, aunque, en algunos casos, también pudiera ser identificado por un estudiante con altos intereses cognoscitivos. La segunda parte se refiere a concretar el problema en una tarea para resolverlo. Como resultado de esta etapa queda enunciada la tarea constructiva.

La segunda y tercera etapas corresponden a la solución de la tarea constructiva que tiene lugar en dos partes. La primera, correspondiente a la segunda etapa, es en la que se lleva a cabo la concepción general de lo que se va a hacer de modo que se obtiene una solución teórica en la que se establece qué fenómenos físicos estarán involucrados (son los que se reproducen durante el funcionamiento del prototipo), se delimita cuál o cuáles de ellos son los fundamentales que conforman el principio de funcionamiento del prototipo que se construya, así como los complementarios. Por supuesto que para lograr el prototipo que posteriormente se diseñe, es condición indispensable tener conocimiento acerca de cómo ocurren esos fenómenos y las leyes físicas a las que está sujetos.

La segunda parte de la solución, tercera etapa de las definidas por [Rasumovski \(1987\)](#), corresponde a la solución constructiva, el diseño y construcción del prototipo. Aquí el estudiante puede proceder por analogía si la tarea hace referencia a una instalación que el estudiante conoce, pero también interviene la creatividad al decidir sobre alternativas que puedan introducirse en el diseño, y mucho más si es algo nuevo para él.

Se coincide con [Tecpan y Hernández \(2018\)](#) cuando afirman que “la construcción de arquetipos es una actividad consistente con el enfoque de indagación, dado que requiere buscar soluciones a las dificultades técnicas que surgen del mismo proyecto continuamente” (p. 4308\_1). Las dificultades técnicas que se van presentando pueden requerir transformaciones en la solución teórica, por ello dicha solución puede ser reelaborada si al construir el prototipo se aprecian dificultades en cuanto al cumplimiento de las exigencias que debe cumplir.

En cuanto a la propuesta de métodos concretos para resolver tareas constructivas, se reconocen los trabajos de [Carrera y Ramírez \(2017\)](#), aunque estos autores ligan la solución de la tarea constructiva a la realización de un proyecto, entendido este en el mismo modo en que se entiende el aprendizaje basado en proyectos. No obstante, dejan entrever algunas etapas de la solución como: “proponer los materiales y principio de funcionamiento del prototipo que resolverá la problemática” (p. 2304\_4) y “los estudiantes resuelven el problema asignado a cada equipo de forma teórica realizando el análisis y cálculos correspondientes a dicho problema para obtener el valor de las magnitudes que permitirán diseñar el prototipo” (p. 2304\_4). La mayor limitante del método propuesto por estos autores radica en no considerar la solución constructiva propiamente dicha, por lo que la solución obtenida queda en el diseño del prototipo.

## METODOLOGÍA

Para cumplir el objetivo de la investigación se siguió el método teórico experimental de modelación de los procedimientos de la actividad cognoscitiva propuesto por [Talízina \(1985\)](#) consistente en cuatro etapas:

1. Estructuración del modelo previo basado en el análisis teórico de la solución de todos los problemas de la clase dada y en el de las dificultades que tienen los alumnos en la práctica de la enseñanza.
2. Verificación experimental del modelo obtenido.
3. Elaboración complementaria del modelo sobre la base de los datos experimentales obtenidos.
4. Verificación experimental del modelo perfeccionado. ([Talízina, 1988](#), pp. 204-206)

La consecución de la primera etapa del método propuesto por Talízina se complementó con el análisis de las invariantes que intervienen en la solución de las tareas constructivas y el hecho de que:

la estructura del método de solución de tareas teóricas constituye la menor unidad estructural del método de solución de tareas que está presente en todos los demás métodos de solución correspondientes a otros tipos de tareas relacionados con otros contenidos o con otros propósitos. ([Leyva, 2002](#), p. 62)

En cuanto a la estructuración de un modelo previo basado en el análisis teórico de la solución de una tarea constructiva (primera etapa de Talízina), ya se tenía un primer acercamiento en las etapas 2 y 3 enunciadas por [Rasumovski \(1987\)](#) y

concretadas en el reconocimiento de una solución teórica y una constructiva. Sin embargo, el análisis de las invariantes detectadas en la solución de este tipo de tareas permitió identificar una estructura de nivel inferior que subyace en la solución teórica y la constructiva, así como otras estructuras que las complementan. Esta estructura más detallada integra ambos tipos de soluciones, no solo por el hecho de que exista una solución teórica como primer tipo de solución, sino por considerar la estructura de las tareas teóricas como el germen de la solución como un todo. Este aspecto condiciona cierta similitud estructural en ambos tipos de soluciones que se diferenciaran solo por el predominio del tipo específico de actividad de estudio que realiza el estudiante (Guerra, 2008) y por el resultado que aporta cada una (Leyva, 2002).

La condición teórica que más internamente determina las similitudes entre las soluciones, así como la declaración del resto de las partes estructurales radica en el tránsito de toda acción, así como de la acción integral por las partes funcionales de la acción (Talízina, 1988; Labarrere, 1996) de modo que ese tránsito se consideró como uno de los determinantes de las etapas del método de solución de tareas constructivas. Este criterio ha sido aplicado por los autores en otras investigaciones referidas a la determinación del método de solución de otros tipos de tareas (Leyva, 2002; Guerra, 2008; García, Leyva y Guerra, 2017; García, 2019) lo que ha corroborado su grado de generalidad como determinante en la estructura del método de solución de tareas de un tipo dado.

Para la aplicación de las partes funcionales de la acción integral “orientación, ejecución y control” (Talízina, 1988) como determinante, se considera que cada tipo de solución “es un sistema de acciones jerárquicamente organizado, en el que, desde el punto de vista funcional, se distinguen acciones de orientación, ejecución y control valorativo<sup>1</sup>” (García, Leyva y Guerra, 2017).

Para la verificación experimental del método de solución obtenido (segunda etapa de Talízina) se trabajó con estudiantes de décimo grado del Instituto Preuniversitario Urbano “Osvaldo Herrera” del municipio Santa Clara, Cuba. Para la selección de la muestra se consideró que estuviera integrada por estudiantes de alto rendimiento, motivados por la Física y en particular por el laboratorio. Con ello se pretendió eliminar posibles limitantes cognitivas o motivacionales que llevaran al abandono de la tarea.

El rendimiento académico se determinó a partir de la revisión del expediente del escolar y la motivación a partir de una encuesta aplicada a 19 estudiantes preseleccionados por su rendimiento académico. Estos resultados se triangularon con la información ofrecida por profesores que trabajaron con ellos en la secundaria básica, quedando, finalmente, una muestra conformada por 7 estudiantes. Se optó por una muestra pequeña a fin de poder dar un seguimiento más constante y personalizado a cada uno de los estudiantes que la conformaron.

A cada uno de los estudiantes de la muestra se le propuso una tarea constructiva diferente, correspondiente a alguno de los temas de Física de décimo grado, con el objetivo de verificar si la estructura del método de solución de tareas constructivas propuesta como resultado de la primera etapa se correspondía con la aplicada de manera espontánea por los estudiantes. Esto verificaría el carácter invariante de la estructura del método de solución de tareas constructivas.

Además, se aplicaron entrevistas semiestructuradas para profundizar en el proceso de solución puesto que una regularidad de las soluciones que ofrecen los estudiantes de alto rendimiento consiste en que algunas etapas o pasos las ejecutan a nivel mental, aspecto que ocultaría su realización y, en consecuencia, al no ser tenidos en cuenta, podrían introducir sesgos en la verificación del carácter invariante de la estructura del método.

La elaboración complementaria del modelo sobre la base de los datos experimentales obtenidos (tercera etapa de Talízina) se llevó a cabo a partir de ajustes realizados al método de solución de tareas constructivas propuesto.

Los resultados de la cuarta etapa de Talízina no se recogen en este artículo por cuanto requieren la realización de otro experimento con una muestra mayor, aspecto que será tratado en otro artículo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado de la aplicación de la primera etapa del método teórico experimental de modelación de los procedimientos de la actividad cognoscitiva propuesto por Talízina (1985) en sus tres primeras etapas, se obtuvo la estructura del método de solución de tareas constructivas que se ilustra en la figura 1.

---

<sup>1</sup> El adjetivo “valorativo” es una adición al control propuesta por Leyva (2002).

**Figura 1**

*Estructura del método de solución de tareas constructivas.*

El primer rasgo distintivo de este tipo de tareas es el de contar con dos tipos de soluciones bien delimitadas la teórica y la constructiva, aspecto que ya había sido declarado por [Rasumovski \(1987\)](#), sin embargo, en el método que se propone se evidencia que no es posible separar ambos tipos de soluciones puesto que, generalizando las conclusiones de [Leyva \(2002\)](#), [Guerra \(2008\)](#) y [García, Leyva y Guerra, \(2017\)](#), los lazos de un tipo de solución se extienden a los del otro tipo, que en este



caso particular significa que los lazos de la solución teórica se extienden a la solución constructiva y viceversa. Esto significa que la solución teórica no es posible sin la previsión, al menos de manera tentativa, de lo que se va a diseñar. Por otro lado, la solución constructiva no es posible sin la realización de los cálculos que corresponden a la solución teórica y puede incluso revelar la necesidad de introducir cambios en ella.

Como producto de la solución teórica se obtiene la información necesaria para poder diseñar y construir el prototipo, que es la clave para resolver la tarea constructiva y les confiere unidad a las etapas del método de solución. El carácter constructivo es rasgo distintivo durante toda la solución y es el que con mayor fuerza enlaza todas las etapas.

En cada etapa del método de solución de las tareas constructivas se despliegan las tres partes funcionales de la acción: orientación, ejecución y control valorativo, pero en cada etapa predomina una de ellas. Es decir, “la estructura del método está condicionada por la función que cada parte de la acción integral cumple en el alcance del objetivo y el producto que como resultado se obtiene” ([Leyva, 2002](#), p. 83).

Tal y como plantea [García \(2019\)](#),

cada etapa del método de solución ofrece un resultado, el cual es necesario para la próxima etapa, pues cada etapa está estrechamente relacionada con la otra formando un todo único necesario para la solución de la tarea. Es decir, la culminación

de cada etapa da paso a otra que tiene como punto de partida los resultados obtenidos en la etapa anterior y así los resultados van integrándose hasta conformar el resultado final. (p.55)

La estructura del método de solución de tareas constructivas quedó conformada por 8 etapas. En las etapas 1, 2, 4, 7 y 8 predomina la función de orientación. En las etapas 3 y 5 predomina la ejecución y en la etapa 6 el control valorativo (figura 1).

En las etapas 1 y 2, en que predomina la orientación, se obtienen los primeros productos útiles para la solución de la tarea como un todo (etapa 1) y para la solución teórica (etapa 2).

La etapa 1 tiene como finalidad examinar las condiciones y exigencias de la tarea. Como resultado de esta etapa se reconoce el carácter constructivo de la tarea. La etapa 2 tiene como finalidad orientarse en el contenido físico y justificar qué fenómenos, propiedades, leyes, etc., que se integrarán en la confección de un plan que, considerando las condiciones de la tarea, permita estructurar teóricamente las exigencias que debe cumplir el prototipo. Aquí la orientación se dirige a la solución teórica de la tarea como premisa de la solución constructiva.

En la etapa 3 predomina la función ejecución. Tiene como finalidad llevar a cabo el plan de la solución teórica trazado en la etapa 2. Su producto útil es la estructuración teórica de las exigencias del prototipo. Esta es la parte ejecutora de la solución teórica de la tarea constructiva. Esta solución se concreta en escritos, cálculos, ecuaciones, mapas conceptuales, diagramas que revelan las relaciones entre los diferentes entes teóricos involucrados en la solución.

Como en los procesos tecnológicos, la solución teórica tiene carácter proyectivo, pues anticipa las exigencias que debe cumplir el diseño del arquetipo, su principio de funcionamiento y el modo en que debe usarse para revelar las propiedades del contenido físico que se va estudiar con él.

En la etapa 4, diseño del prototipo, vuelve a predominar la orientación. Es en esta etapa donde comienza la solución constructiva, y consiste en diseñar el prototipo a partir de las exigencias que fueron establecidas en la solución teórica.

El diseño del prototipo, que es el resultado de esta etapa, se concreta en planos, bocetos, dibujos, selección de materiales, herramientas, técnica operatoria, para tener una idea clara de qué pasos seguir (técnica operatoria), cómo ejecutar cada uno y qué materiales y herramientas son necesarios para la construcción del prototipo que responde a la exigencia de la tarea constructiva.

En la etapa 5, construcción del prototipo, predomina la ejecución. En ella, siguiendo la técnica operatoria determinada en la etapa anterior, se construye el prototipo que es el producto final de esta etapa y de la solución constructiva como un todo. En la construcción del prototipo es dónde se materializa el diseño, dónde se manifiestan las habilidades prácticas del estudiante, tales como medir, cortar, ensamblar y realizar el montaje íntegro del prototipo diseñado. Aquí también el prototipo se pone a prueba.

En la etapa 6, control valorativo del curso de la solución y del resultado, predomina la función de control. Esta etapa no aporta un producto tangible a la solución, sino que este se expresa como una cualidad de cada uno de los productos obtenidos en el resto de las etapas y consiste en garantizar que el resultado que se obtiene en cada etapa sea correcto.

Es característico del control valorativo, el hecho de que, en determinados momentos de la solución ante una falta de correspondencia o la percepción de no haber obtenido el resultado parcial esperado, se produzca un regreso a etapas anteriores para su replanteamiento o la realización de correcciones. ([García, 2019](#), p. 62).

Con el terminado del prototipo se obtiene el resultado final que, como integrador de todos los resultados parciales anteriores, debe ser controlado y valorado directamente y es en este momento cuando predomina el control valorativo.

En la etapa 7, contrastación teórica de las exigencias al prototipo, predomina nuevamente la orientación. En ella se aporta nueva información acerca de la exigencia de la tarea y se clarifican y enriquecen las condiciones que se daban en el enunciado de la tarea constructiva. El producto de esta etapa se concreta en la constatación del funcionamiento del prototipo en correspondencia con la exigencia de la tarea constructiva. Aquí es dónde se encuentran posibles fallas, desajustes e imperfecciones.

En la etapa 8, proposición de la nueva tarea, predomina la orientación como parte funcional de la acción integral. Aquí, la orientación se dirige a la formulación de nuevas tareas que constituyen el producto de esta etapa. Las tareas pueden ir desde plantear tareas experimentales en las que se use el prototipo construido hasta nuevas tareas constructivas a partir de variaciones realizadas a las condiciones de la tarea solucionada. Pero también se plantean tareas que demanden la mejora, el perfeccionamiento del prototipo sobre la base de las conclusiones al respecto ofrecidas en la etapa anterior.

Con esto se completa el ciclo y se está en condiciones de emprender la solución teórica nuevamente a partir de asumir la solución de la nueva tarea planteada (figura 1).

Para cumplimentar la segunda etapa del método teórico experimental de modelación de los procedimientos de la actividad cognoscitiva propuesto por [Talízina \(1985\)](#) se propuso una tarea constructiva a cada uno de los estudiantes de la muestra.

Las tareas planteadas fueron:

1. Construye un dispositivo que permita simular cómo funcionan los pulmones.
2. Construye un dispositivo que permita comprobar la ley de Bernoulli.
3. Construye un dispositivo que permita comprobar la ley de Lens.
4. Construye un timbre eléctrico.
5. Construye un dispositivo adecuado para observar el experimento de Young.
6. Construye un electroscopio que permita realizar experimentos electrostáticos.
7. Construya un prisma que permita observar la dispersión de la luz.

Las tareas se formularon con enunciado abierto para dar libertad a los estudiantes en el modo de acotar las exigencias y poder detectar con mayor nitidez el camino seguido por cada uno en las soluciones.

Las propuestas se realizaron a inicios de abril de 2022 y se dio un período de tres meses y medio para presentar el prototipo terminado en el mes de julio. Se acordó con los estudiantes que podían pedir consultas y ayuda al profesor o a otras personas y que, además, podían indagar en libros, redes sociales e internet. Como única condición se exigió que anotaran qué perseguían con cada consulta y qué resultados esperaban obtener de ella. También se les pidió que documentaran los resultados parciales que iban obteniendo.

A continuación, se abordan las regularidades estructurales detectadas en las soluciones dadas por los estudiantes a la tarea constructiva y su contrastación con la estructuración del modelo previo.

Existió coincidencia de las etapas seguidas por los estudiantes en la solución de las tareas planteadas y el modelo previo propuesto para la solución de las tareas constructivas. Ello corroboró el carácter invariante del método estructurado a partir del componente funcional de la acción predominante en cada etapa. Este resultado concuerda con los obtenidos por [Leyva \(2002\)](#), [Guerra \(2008\)](#) y [García \(2019\)](#) que obtuvieron métodos a partir del mismo criterio para otros tipos de tarea.

Las etapas 1 y 2 del método, en las que predomina la orientación, ocurrieron a nivel mental para casi todos los estudiantes lo que concuerda con los resultados declarados por [Leyva \(2002\)](#) y [García \(2019\)](#). Esta particularidad provocó muchos retrocesos en el tránsito por las etapas del método por lo que se considera aconsejable, proponer procedimientos que ayuden a los estudiantes a materializarlas ([Leyva y Guerra, 2012](#)). El único estudiante que materializó estas dos etapas fue el que construyó el prototipo para simular el funcionamiento de los pulmones (tarea 1) que reformuló la tarea de forma escrita (etapa 1) y elaboró un mapa conceptual para relacionar los diferentes conceptos físicos involucrados en el funcionamiento de los pulmones (etapa 2). El estudiante que resolvió la tarea 7, también reformuló su tarea de forma escrita (etapa 1).

En cuanto a la etapa 3, todos los estudiantes lograron materializarla, pero en diferentes momentos. Los estudiantes que resolvieron la tarea 1 y la 7 obtuvieron la solución teórica en las dos primeras semanas, el resto demoró un mes para completarla después de varios ir y venir por las etapas de la solución constructiva.

En la etapa 4, para la que también predomina la orientación, todos los estudiantes emplearon algún recurso para materializarla. Los recursos empleados fueron: esquemas, dibujos y planos del prototipo que iban a construir. No obstante, en muchos casos parte del diseño quedaba a nivel mental. Solo dos estudiantes lograron escribir la técnica operatoria paso a paso. Por estas razones sería aconsejable idear un procedimiento que, en forma de carta tecnológica, ayude a los estudiantes a materializar esta etapa tanto en el diseño como en la previsión de la técnica operatoria.

La etapa 5, es una etapa de naturaleza externa, su materialización es el prototipo, por lo que se observó directamente en el proceso de construcción seguido por cada estudiante. La consecución de esta etapa fue la que exigió a los estudiantes la mayoría de los retrocesos a etapas anteriores puesto que cuando se ponían a construir se daban cuenta de que les faltaba algún material (retroceso a la etapa 4) o no funcionaba alguna parte del prototipo ya fuera por cuestiones teóricas (etapas 1, 2 y 3) o por errores o imprecisiones en el diseño (etapa 4).

Uno de los primeros resultados observado precisamente en la etapa 5, que constituye una serendipia, consistió en que todos los estudiantes se mostraron motivados por construir el prototipo exigido en la tarea, logro que concuerda con los resultados presentados por [Carrera y Ramírez \(2017\)](#) en una investigación referida a la construcción de prototipos por los estudiantes.

Quizás la alta motivación fue la que llevó a la mayoría de los estudiantes, al principio, a actuar por ensayo error, y comenzar directamente por la etapa de construcción del prototipo (etapa 5), pasando casi por alto las anteriores, sin embargo, su desempeño y las dificultades técnicas que tuvieron que enfrentar para cumplimentarla, necesariamente los llevó a volver a etapas anteriores. La toma de decisión de volver a reformularse la tarea, acotándola, y la indagación en la teoría fueron los aspectos reveladores de la invariancia de las etapas propuestas y, como se verá a continuación, la evidencia de la invarianza del control valorativo.

La etapa 6 fue fundamental para los estudiantes, puesto que el control valorativo que hacían en el proceso de construcción del prototipo los llevó a retroceder a etapas anteriores para completarlas o ajustar los resultados alcanzados en ellas. Esto ocurrió predominantemente al inicio; ya a la altura de las dos semanas de comenzada la solución, después de atenuar en gran medida el ensayo error, el control valorativo se comenzó a observar en el resto de las etapas.

A la etapa 7 los estudiantes volvieron muchas veces, puesto que el terminado del prototipo implica comprobar su funcionamiento, de modo que obtener un buen funcionamiento se convirtió también en fuente de retrocesos y ajustes a partir de los que pudieron aclarar y tener en cuenta aspectos que no habían considerado en la solución teórica o constructiva.

La etapa 8, se observó con mucha nitidez, pues los estudiantes con frecuencia variaban las condiciones con que acotaron la tarea inicial, obteniendo así una tarea nueva. En el transcurso de la solución la mayoría de las tareas planteadas se referían a ligeros cambios de carácter constructivo respecto a la tarea inicial. Ya con el prototipo terminado pudieron, además, formular tareas experimentales en las cuales usar el prototipo construido.

En cuanto a la elaboración complementaria del modelo sobre la base de los datos experimentales obtenidos (tercera etapa de Talízina), a la etapa 7 se le había dado el nombre de contrastación teórica de los resultados por analogía con las etapas determinadas por [Leyva \(2002\)](#), [Guerra \(2008\)](#) y [García \(2019\)](#). Sin embargo, el análisis del modo en que los estudiantes se enfrentaron a esta etapa y las particularidades del producto útil que de ella obtuvieron, condujo a cambiar el nombre de la etapa por contrastación teórica a las exigencias del prototipo.

El análisis mostró que no se trataba exactamente de una contrastación teórica del resultado, pues ello consiste en valorar el carácter de verdad científica del resultado tomando como referencia el cuerpo de conocimientos de la ciencia involucrada en la solución de la tarea. En la tarea constructiva se obtiene un resultado (prototipo) que es más técnico que científico. Por tanto, lo que resulta más valioso es valorar el cumplimiento de las exigencias teóricas que garantizan su funcionamiento de acuerdo con las exigencias de la tarea. En otras palabras, la contrastación responde a la pregunta ¿funciona cómo debía?, si no es así, ¿qué aspectos no se tuvieron en cuenta en la construcción que impiden el funcionamiento del prototipo o no permiten que funcione adecuadamente?

Las etapas restantes quedaron como se habían nombrado al inicio (figura 1).

## CONCLUSIONES

Se obtuvo el método de solución de tareas constructivas estructurado en ocho etapas según el predominio de alguna de las partes funcionales de la acción (orientación, ejecución y control) y teniendo en cuenta los productos intermedios y final que se obtienen de la solución.

Se corroboró el tránsito de los estudiantes por cada una de las etapas del método demostrando su carácter invariante. Esto se evidenció de dos maneras. La primera, al ejecutar las acciones a nivel externo y, la segunda, al ejecutarlas a nivel mental; en ambos casos aun cuando no conocían el modelo previo. Esto último fue posible evidenciarlo gracias a la entrevista semiestructurada.

Como serendipia se pudo constatar que el desconocimiento previo de la estructura del método por los estudiantes y la falta de recursos didácticos para materializar las acciones entorpecieron el proceso de solución. Esos hechos sugieren que se dediquen investigaciones futuras a elaborar la didáctica de introducción de la estructura del método de solución de tareas constructivas como contenido de la enseñanza de la Física y a idear recursos didácticos para materializar las acciones de las etapas que ocurren a nivel mental.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carrera, L. T. y Ramírez, M. H., (2017). Diseño, implementación e impacto de prototipos experimentales para mejorar la enseñanza de la ley de Biot-Savart en estudiantes de ingeniería. *Lat. Am. J. Phys. Educ.* 11(2), 2304\_1-2304\_8. [http://www.lajpe.org/jun17/2304\\_LTCD\\_2017.pdf](http://www.lajpe.org/jun17/2304_LTCD_2017.pdf)
- Domingos-João, J. y Pérez-Ponce de León, N., (2015). La actividad experimental, su contribución a la estimulación de la creatividad de los estudiantes que se forman como profesores de Física *Luz*, 14(4), 1-15. <https://www.redalyc.org/pdf/5891/589165733002.pdf>
- García, D. (2019). *El método de solución de tareas experimentales cualitativas de Biología como contenido de la enseñanza* [Tesis doctoral, Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas]. <https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/12560?show=ful>
- García, D., Leyva, J. y Guerra, Y. (2017). Cuadro de diseño del experimento para resolver tareas experimentales de Biología. *Revista Varela*, 17(48), 364-378. <http://revistavarela.uclv.edu.cu/index.php/rv/article/view/157/338>
- García, M. y Calixto, R., (1999). Actividades experimentales para la enseñanza de las ciencias naturales en educación básica. *Perfiles Educativos*, 84. <https://www.redalyc.org/pdf/132/13208408.pdf>
- Guerra, Y. (2008). *Modelo didáctico para la implementación de los métodos numéricos en el proceso docente educativo de la Física General en la especialidad de Profesor de Ciencias Exactas* [Tesis doctoral, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas]. <https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/8850>
- Guirado, M., Mazzitelli, A. y Maturano, C. (2013) La resolución de problemas en la formación del profesorado en ciencias: análisis de las opiniones y estrategias de los estudiantes. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10, 821- 835. <https://www.redalyc.org/pdf/920/92028937022.pdf>
- Labarrere, A. F. (1996). *Pensamiento. Análisis y autorregulación de la actividad cognoscitiva de los alumnos*. Pueblo y Educación.
- León, A. y Dorvigny, B., (2019). La educación del talento académico en los estudiantes de preuniversitario desde la física. *Varona*, (03), Esp. <https://www.redalyc.org/journal/3606/360671619010/360671619010.pdf>
- Leyva, J. (2002). La estructura del método de solución de tareas experimentales de Física como invariante del contenido [Tesis doctoral, Instituto Superior Pedagógico “Félix Varela Morales”]. <http://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/12561>
- Leyva Haza, J. y Guerra Véliz, Y. (2012). El cuadro de diseño del experimento para resolver tareas experimentales cuantitativas de Física. Una vía para la educación científica de los estudiantes. *Revista Varela*, 12(32), 249–267. Recuperado a partir de <https://revistavarela.uclv.edu.cu/index.php/rv/article/view/406>
- Marulanda, J. I. y Gómez, L. A., (2006). Experimentos en el aula de clase para la enseñanza de la física. *Revista Colombiana de Física*, 38(2), 699-704. [https://www.researchgate.net/publication/28116752\\_Experimentos\\_en\\_el\\_aula\\_de\\_clase\\_para\\_la\\_ensenanza\\_de\\_la\\_fisica](https://www.researchgate.net/publication/28116752_Experimentos_en_el_aula_de_clase_para_la_ensenanza_de_la_fisica)
- MINED. (2020). *Adaptaciones curriculares para el curso escolar 2020-2021*. Pueblo y educación. <https://www.mined.gob.cu/wp-content/uploads/2020/10/Preuniversitario.pdf>
- Pérez, E., y Falcón, N. (2009). Diseño de prototipos experimentales orientados al aprendizaje de la óptica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(3), 452-465. <https://www.redalyc.org/pdf/920/92013010010.pdf>
- Pino, M.G. y Ferreira, M.R., (2020). La enseñanza de los problemas físico-docentes experimentales. *Lat. Am. J. Phys. Educ.* 14(2), 2302\_1-2302\_8. [http://www.lajpe.org/jun20/14\\_2\\_02.pdf](http://www.lajpe.org/jun20/14_2_02.pdf)
- Rasumovski, V.G., (1987). *Desarrollo de las capacidades creadoras en los estudiantes en el proceso de enseñanza de la Física*. Pueblo y Educación.
- Riveros, H. G. (2019). Enseñanza de la física experimental. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 13(1). 1304\_1-1304\_6. [http://lajpe.org/dec20/14\\_4\\_15.pdf](http://lajpe.org/dec20/14_4_15.pdf)
- Sánchez, A., Jaimés, O., Jiménez, F., Magallán, C. O. y Álvarez, J. L. (2016). Diseños experimentales caseros para la enseñanza de conceptos electromagnéticos en el Tecnológico Nacional de México. *Revista Iberoamericana De Educación*, 70(2), 45-62. <https://doi.org/10.35362/rie70259>

- Talízina, N. F. (1988). *Psicología de la enseñanza*. Progreso.
- Talízina, N. F. (1985). *Conferencias sobre los fundamentos de la enseñanza en la Educación Superior*. Universidad de la Habana.
- Tecpan, S. y Hernández, C. (2018). Resultados de la construcción de arquetipos en física basados en indagación. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 12(4), 4308\_1-4308\_6. [http://www.lajpe.org/jun17/2320\\_AAPT\\_2017.pdf](http://www.lajpe.org/jun17/2320_AAPT_2017.pdf)
- Tomás, A. y García, R. (2015). *Experimentos de Física y Química en tiempos de crisis*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia. <https://www.um.es/acc/wp-content/uploads/Experimentos-de-F%C3%ADsica-y-Qu%C3%ADmica-en-tiempos-de-crisis-web-ready-opt.pdf>
- Velázquez, E. E. y Navarro S. (2018). Generalización de los resultados del experimento del III perfeccionamiento del sistema nacional de educación: sistema de acciones. *Revista Cubana De Administración Pública Y Empresarial*, 2(1), 98–112. <https://apye.esceg.cu/index.php/apye/article/view/35>