

La profesionalización de Física Molecular y Termodinámica en la formación de ingenieros civiles



Segifredo Luis González Bello¹, Leonardo Orlando Mora Aguilera¹

¹*Departamento Física, Universidad de Holguín, Ave. Celia Sánchez #1, e/ Ave. de los Internacionalistas y Final, Rpto. Hilda Torres, Holguín CP 80100, Cuba*

E-mail: sgonzalez@uho.edu.cu

(Recibido el 6 de enero de 2021, aceptado el 28 de febrero de 2022)

Resumen

Se han reportado resultados científicos sobre la importancia de la Física en la formación de ingenieros, y las aplicaciones en la solución de problemas profesionales, pero se manifiesta como problemática la poca existencia de propuestas didácticas que articulen la Física con las ciencias específicas de la profesión, remarcando insuficiencias en la profesionalización del contenido. El objetivo del trabajo es ejemplificar la profesionalización de Física Molecular y Termodinámica en la carrera Ingeniería Civil, Primer año de Curso Regular Diurno en la Universidad de Holguín, y valorar los resultados del aprendizaje de los estudiantes, en el segundo semestre del curso escolar 2019-20. Se realizó un estudio exploratorio y descriptivo con la utilización de métodos de nivel teórico, empírico y análisis comparativo. La población fue de dos grupos naturales de 22 estudiantes cada uno. Se tomó una muestra aleatoria de 10 estudiantes (45,45%) de cada grupo. Los resultados resaltan la aplicación de la profesionalización de Física Molecular y Termodinámica, y reflejan los resultados del aprendizaje de los estudiantes. Se aprecia que el promedio de las calificaciones en las evaluaciones frecuentes y parciales, del grupo experimental es superior al grupo de control, que no recibió la influencia de la propuesta didáctica (3,98-3,66). Los resultados obtenidos muestran la factibilidad de la aplicación de la profesionalización de la asignatura en la formación de Ingenieros Civiles.

Palabras clave: Profesionalización de Física Molecular y Termodinámica, Conducción térmica, Métodos de enseñanza de la Física.

Abstract

Have been reported scientific results on the importance of Physics in the formation of engineers, and applications in troubleshooting professionals, but manifests as problematic the little existence of proposal didactic articulate the physical sciences specific the profession, remarking shortcomings in professionalization content. The aim of the work is exemplify professionalization of Physical Molecular and Thermodynamics in the civil engineering major, first year of the regular day course at the University of Holguín, and assess the learning results of the students, in the second semester of the 2018-19 school year. Was an exploratory study descriptive, with use of methods theoretical level, empirical and comparative analysis. The population consisted of two natural groups of 22 students each. A simple was taken random 10 students (45, 45%) of each group. The results highlight the application of professionalization of Physical Molecular and Thermodynamics, and reflect the results of the students learning. Is seen that the average scores assessments frequent and in part of the experimental group is higher than the control group, which did not receive the influence of the proposal didactic (3, 98-3, 66). The results obtained show the feasibility of applying the professionalization of the subject in the training of Civil Engineers.

Keywords: Professionalization of Molecular and Thermodynamic Physics, Thermal conduction, Physics teaching methods.

I. INTRODUCCIÓN

La Ingeniería Civil tiene un fuerte componente organizativo que tiene su aplicación fundamental en la administración del ambiente urbano y, frecuentemente, rural; no solo en lo referente a la construcción, sino también, al mantenimiento, control y operación de lo construido; así como en la planificación de la actividad humana en el ambiente diseñado.

La carrera Ingeniería Civil que se estudia en las universidades cubanas, tiene como fin formar un profesional con un amplio conocimiento y posibilidades de aplicación de las ciencias básicas y de las ciencias de la ingeniería, aptos para proponer soluciones racionales y creativas de ingeniería enfocadas en las edificaciones, las estructuras de todo tipo, las vías terrestres y en la hidráulica [1]. La experiencia aportada por la práctica educativa en la enseñanza de Física General para la carrera Ingeniería Civil

en la Universidad de Holguín, permitió precisar que entre las insuficiencias que presenta la enseñanza están:

- Escasa vinculación de Física General con la carrera Ingeniería Civil, y con las disciplinas específicas de dicha carrera.
- Limitaciones de los estudiantes en la comprensión de la disciplina Física General, y su aplicación en la solución de los problemas profesionales de su carrera.

El estudio teórico realizado, tanto en el extranjero como en Cuba, permitió constatar la existencia de trabajos sobre la importancia de la Física como disciplina básica en la formación de ingenieros, y la profesionalización que desde la óptica de las aplicaciones en la ingeniería, tiene en la solución a problemas profesionales cotidianos [2,3,4,5,6,7,8,9,10]. Estos autores refieren la existencia de pocos elementos que permitan relacionar la Física General con las asignaturas específicas de ingeniería, remarcando las insuficiencias en la profesionalización de las asignaturas en los planes de estudio.

En la Universidad de Holguín se han sintetizado resultados científicos relacionados con la profesionalización de la Física General para carreras de ingeniería, entre ellos: [11, 12, 13,14], que abordaron la enseñanza de la Física para Ingeniería Mecánica e Ingeniería Industrial, con enfoque de profesionalización.

De los resultados del aprendizaje y de la sistematización teórica de las fuentes consultadas, se infieren limitaciones en los estudiantes para comprender la Física General y emplear sus contenidos y métodos en la solución de problemas profesionales de la carrera; muestra de que la profesionalización de la Física en la formación de ingenieros civiles es insuficiente, lo cual apunta hacia la necesidad de buscar propuestas didácticas para perfeccionar su enseñanza.

En este trabajo se sintetizan los resultados obtenidos en una investigación con el objetivo de ejemplificar la profesionalización de Física Molecular y Termodinámica en la carrera Ingeniería Civil, en la Universidad de Holguín, para contribuir al perfeccionamiento de su enseñanza y obtener mejores resultados en el aprendizaje de los estudiantes.

II. MARCO TEÓRICO

A. Consideraciones teóricas sobre la relación ciencia-profesión

Un aspecto esencial del enfoque de profesionalización de las disciplinas docentes, es la relación entre ciencia y profesión, identificada por [15] como manifestación objetiva de la epistemología de las profesiones, dadas las demandas que hacen éstas a las ciencias, para desentrañar sus respectivos objetos, a través de procesos de integración-diferenciación.

La integración y diferenciación son procesos determinados por el propio desarrollo de la ciencia. La diferenciación se expresa en la búsqueda de las determinaciones más esenciales de las ciencias particulares, que promueven la especialización en el dominio infinito del objeto de investigación; mientras que la integración

apunta a la búsqueda de puntos de encuentros y marcos integrales [16].

Un aspecto relevante en la formación de ingenieros, sustentada en la profesionalización de las asignaturas, es la manera de conducir la relación entre ciencia y profesión en el proceso de enseñanza aprendizaje. Una de las vías, propuesta por [17], es la presentación sistémica del objeto de aprendizaje, como base orientadora general en la formación profesional, en la que se destaca el papel del método como elemento transformador del estudiante. Desde una visión operacional de la relación entre ciencia y profesión, en este estudio se considera que para lograr la transformación del estudiante, es necesario rebasar la concepción de método como categoría didáctica, e incluir los métodos propios de la ciencia que se enseña, pues la generalización de los métodos particulares conduce a la formación de habilidades lógicas según [18], las que desempeñan un importante papel en la formación de modos de actuación del profesional.

Como plantea [18], los modos de actuación del profesional tiene un contenido sustentado en la lógica de la profesión, que se expresa en el invariante de habilidad profesional, entendido como una generalización esencial de habilidades, que responde en cada disciplina docente a una integración de habilidades generalizadas. De esta forma, la generalización de los métodos particulares conduce a la formación de los modos de actuación del profesional.

En [19] consideran que la relación entre ciencia y profesión posibilita una adecuada caracterización del objeto de la profesión, desde una coherente articulación entre la lógica y métodos de la ciencia y la lógica de la profesión, en un contexto histórico determinado. Si bien esta precisión se realiza en el contexto de la formación inicial de profesores, su nivel de generalidad trasciende a la formación de ingenieros.

B. Particularidades de la relación ciencia-profesión en la formación de ingenieros civiles

Entre las ciencias básicas que forman parte del currículo del Plan de Estudios "E" [20], de la carrera Ingeniería Civil se incluye la disciplina Física General, que se imparte a los estudiantes a partir del primer año comenzando con la Física I [21], en la que se ofrecen los fundamentos de Mecánica, Física Molecular y Termodinámica y antecede, desde la interdisciplinariedad, a las asignaturas propias de la profesión, que se sustentan en las ciencias de la ingeniería. Le sigue en el segundo año la Física II (Electromagnetismo y Óptica).

Desde la perspectiva de la relación entre ciencia y profesión, se aprecia articulación entre las ciencias básicas y las ciencias de la ingeniería, que se singulariza en el papel de la Física, porque contribuye a disciplinas como: Topografía, Hidráulica Aplicada, Análisis y Diseño de Estructuras, Geotecnia y Cimientos, Proyección y Conservación de Vías de Comunicación.

Estas disciplinas afines a las ciencias de la ingeniería contribuyen a la Disciplina Principal Integradora de la carrera, que es la columna vertebral del Plan de estudio. Esta disciplina integradora, es la encargada de establecer los nexos entre los modos de actuación del profesional que demostrarán los estudiantes, y se nutre con los proyectos integradores de cada año académico.

III. METODOLOGÍA

A. Métodos

Se utilizaron métodos científicos del nivel teórico: el histórico-lógico en la evolución del objeto investigado, análisis y síntesis en la sistematización teórica realizada, así como la inducción y la deducción en la elaboración de la propuesta didáctica; del nivel empírico: la observación al proceso de enseñanza aprendizaje y las pruebas pedagógicas, en este caso las pruebas parciales y el examen final aplicado a los estudiantes.

B. Metodología

La metodología empleada se fundamenta en un estudio exploratorio y descriptivo, basado en el análisis documental de contribuciones precedentes, así como en los documentos normativos y metodológicos del Plan de Estudio "E" [20] para la carrera Ingeniería Civil.

Entre los objetivos generales declarados en [20], de la carrera Ingeniería Civil se encuentra el que refiere a la utilización de los conocimientos de Física, para la solución de problemas profesionales comunes tipificados en el

Modelo del Profesional. Siguiendo la pauta didáctica que proponen en [22], donde consideran que los problemas profesionales tipificados en el Modelo del Profesional, tienen amplia concreción mediante la profesionalización del contenido de Mecánica en las conferencias, clases prácticas y laboratorios, con ejercicios específicos de carácter profesional, se analizaron con igual perspectiva, el contenido de Física Molecular y Termodinámica. Con la elaboración didáctica dada en [22], se precisaron los conocimientos básicos de Física Molecular y Termodinámica más relacionados con las asignaturas de la profesión, que deben adquirir los estudiantes.

C. Ejemplo para el desarrollo didáctico de la profesionalización

Como ejemplo para el desarrollo didáctico de la profesionalización se escogió el tema de Física Molecular y Termodinámica que se relaciona con las disciplinas Análisis de Estructuras; Diseño de Estructuras; Conservación de las Construcciones y Disciplina Principal Integradora. En la ejemplificación didáctica, primero se introduce la explicación física del fenómeno estudiado, en este caso, la conducción térmica, donde se involucran los conceptos de calor y temperatura y las leyes de la termodinámica, y después se proponen ejercicios lo más cercanos posible a problemas profesionales reales [23]. Para analizar con los estudiantes y proponer una solución a mediano plazo, que movilice la búsqueda de nuevos conocimientos, se escogió un ejercicio relacionado con la conducción térmica de materiales.

Las leyes de la termodinámica se aplican a sistemas que están en equilibrio. Estas leyes pueden predecir, por ejemplo, la cantidad de energía que se requiere para cambiar un sistema de un estado de equilibrio a otro estado

de equilibrio también, pero no ofrecen información acerca de la forma en que se producen estos cambios.

En atención a esa problemática y para complementar las leyes de la termodinámica, ante los problemas profesionales que deberá resolver el ingeniero civil, es preciso tener en cuenta la fenomenología que acompaña la conductividad térmica. Por ejemplo, en las instalaciones hoteleras que se construyen en Cuba cercanas al mar, bajo el Sol y el calor tropical, se usan como materiales típicos: techos de pladur (placas de yeso laminado) de un grosor aproximado de 13 mm, que permiten instalar aislamientos tanto térmicos como acústicos; en las paredes externas se usan bloques de hormigón (40x20x20 cm), y en la tabiquería interior se utilizan divisiones de pladur (de grosor variable).

Una situación física acorde con lo anterior es la transferencia de calor solar por una pared plana de bloques de concreto con espesor H . Esta situación es típica en las instalaciones señaladas, sin embargo, resulta poco atendida en las clases de Física.

Ante dicha situación, para organizar el aprendizaje de los estudiantes, el profesor debe tener claridad sobre los conceptos y fenómenos que están relacionados con el problema profesional identificado. En este caso son significativos: temperatura; gradiente de temperatura; transmisión de calor por conducción (típico en cuerpos sólidos); flujo de calor, conductividad térmica; leyes de la termodinámica y ley de la conducción del calor de Fourier, entre otros.

El análisis comparativo de dichos conocimientos, con los declarados en el programa analítico de la asignatura Física I [21], permite precisar que el programa no incluye los siguientes aspectos: gradiente de temperatura y la ley de la conducción del calor de Fourier.

Ante la necesidad conceptual planteada en el tema referido, el enfoque del ejercicio debe estar dirigido hacia la búsqueda de los elementos necesarios, que le permitan al estudiante valorar la influencia de la conducción de calor del exterior hacia el área donde conviven las personas, por las afectaciones que pueden provocar en la calidad de vida. Estos aspectos teóricos deficitarios, lejos de interpretarse como una debilidad en la enseñanza, representan una oportunidad, que al ser orientados para que sean localizados y utilizados por los estudiantes, promueven su actividad investigativa, como un aspecto esencial en la formación del profesional.

D. Planteamiento del ejercicio

El ejercicio elaborado tiene el siguiente enunciado: "En un proyecto constructivo de cierta instalación hotelera, se ha constatado que una de las paredes externas de espesor H , estaría sometida diariamente durante cuatro horas consecutivas a la radiación solar. Si como consecuencia la temperatura del local limitado por la pared puede elevarse, elabore una propuesta teórico-experimental que le permita valorar si la cantidad de calor transferida al recinto sin instalación climatizadora, resulta significativa como para afectar a las personas que lo utilizan".

Se le ofrecen al estudiante orientaciones adicionales: Para resolver este ejercicio, tenga en cuenta los siguientes aspectos: transmisión de calor por conducción, gradiente de temperatura y ley de la conducción del calor de Fourier.

Este tipo de situación física debe ser orientada para que su realización, se enmarque en un plazo prudencial que le permita al estudiante desarrollar su capacidad de autonomía en la toma de decisiones y en el uso de los recursos necesarios, incluyendo el tiempo.

Estos aspectos son importantes en la formación de los modos de actuación del profesional de la Ingeniería Civil, pues subyacen en ellos las acciones de: gestionar, diseñar, ejecutar, controlar, y conservar obras civiles e investigar e innovar en el sector de las construcciones [8].

IV. RESULTADOS

Un primer resultado está referido a la variante didáctica escogida para la aplicación de la profesionalización de la Física Molecular y Termodinámica, al resolver la situación física planteada que refleja un problema profesional típico que enfrentan los ingenieros civiles en Cuba. El contenido físico del ejercicio propuesto se encuentra en el texto básico para la carrera Ingeniería Civil [24]. Como modelo físico de la situación planteada sirven las ideas desarrolladas en el Capítulo 17. Temperatura y calor, §17. Mecanismos de transferencia de calor. En la Figura 1, se recogen los elementos que permiten la comprensión del fenómeno de

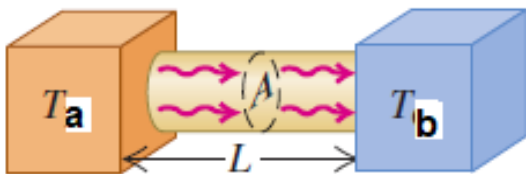


FIGURA 1. Se muestra que T_a es la temperatura más alta y T_b la más baja, A es el área de la sección transversal de la varilla y L la longitud de la varilla. Fuente: [23, Figura 17.23a, p.571].

La diferencia de temperatura entre los extremos de la varilla es la causa de que una cantidad de calor dQ se transfiera del extremo de mayor temperatura al de menor temperatura, en un intervalo de tiempo dt . La rapidez de flujo de calor se define como corriente de calor I_Q :

$$I_Q = \frac{dQ}{dt} = k \frac{A(T_a - T_b)}{L} \quad (1)$$

En (1) la relación $\frac{(T_a - T_b)}{L}$ es la diferencia de temperatura por unidad de longitud y se denomina gradiente de temperatura. En general, el concepto de gradiente es importante en el estudio de fenómenos térmicos y

electromagnéticos. El gradiente de una función escalar se interpreta como un vector que señala la dirección y el sentido en que la función varía con mayor rapidez.

Se introduce la constante de proporcionalidad k , llamada conductividad térmica, que depende del material de la varilla. Aquellos valores altos de k , corresponden a materiales buenos conductores del calor, como son los metales; mientras que los materiales que son malos conductores del calor, como la madera, el yeso, fibra de vidrio, espuma de poliestireno, entre otros, tienen valores pequeños de k y sirven como aislantes del calor.

Para el aislamiento térmico de edificaciones, los ingenieros civiles utilizan el concepto de resistencia térmica: $R = L/k$, así una placa de 5 cm de espuma de poliuretano tiene un valor de $R = 12$; para una placa de 15 cm de fibra de vidrio, $R = 19$. En climas fríos severos $R = 30$, para paredes y techos exteriores. En Sistema Internacional de Unidades, R se expresa en $m^2.K/W$.

La situación física del ejercicio se puede representar en la Figura 2.

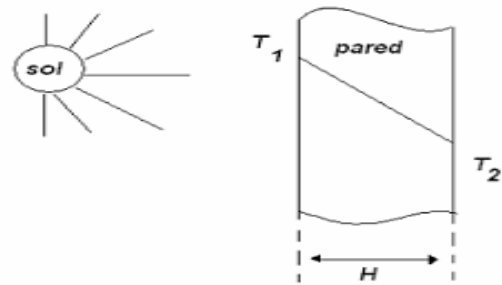


FIGURA 2. Se muestra que debido al Sol la parte externa de la pared alcanza una temperatura T_1 que es la más alta, y T_2 es la temperatura de la superficie interior de la pared que es más baja, A es el área de la sección transversal de la pared y H el grosor de la pared.

En la situación física que se presenta en el ejercicio a resolver carece de importancia que los puntos 1 y 2, en los que se toman las temperaturas T_1 y T_2 no estén sobre una línea perpendicular a la pared. Como quiera, la definición de gradiente los considera así.

Cuando el estudiante proponga la solución al ejercicio, le permitirá demostrar modos de actuación que se corresponden con la exigencia del problema profesional enfrentado, a partir de los conocimientos sobre conducción del calor, obtenidos mediante la actividad investigativa. Se espera del estudiante la secuencia siguiente:

1. Aplicando los contenidos conceptuales y procedimentales (experimentales), el estudiante debe calcular el gradiente de temperatura, para lo cual es necesario:

- Modelar pared-probeta, con los materiales y grosor deseados;

▪ Medir T_1 (T_a) y T_2 (T_b), en distintos momentos del intervalo de 4 horas, para promediar sus valores respectivos;

▪ Calcular el gradiente de temperatura.

2. Calcular el calor transferido por la pared, para lo cual es necesario:

▪ Precisar el área de la pared que recibe las radiaciones solares;

▪ Seleccionar de los manuales la constante de conductividad térmica del material;

▪ Aplicar la ecuación (1) para obtener el valor de la cantidad de calor que ingresa a la habitación a través de la pared.

Para el cálculo de la cantidad de calor, la ecuación (1) es adaptada a la situación que se plantea, y equivale a:

$$I_Q = \frac{dQ}{dt} = k \frac{A(T_1 - T_2)}{H} \quad (2)$$

Luego:

$$dQ = k \frac{A(T_1 - T_2)}{H} dt \rightarrow Q = k \frac{A(T_1 - T_2)}{H} t \quad (3)$$

3. Tomar decisiones a partir del resultado obtenido. Para tomar decisiones relacionadas con la instalación de sistemas climatizadores, a partir del resultado obtenido, es necesario comparar el resultado con algún referente. Como tal, pudiera escogerse el cuerpo de una persona, modelado como un radiador ideal. Así, se puede comparar el calor aportado por la pared, con el calor que emite el cuerpo de la persona.

El contenido físico del radiador ideal se encuentra en el texto complementario para la carrera Ingeniería Civil [25].

Un ejemplo típico de la radiación del cuerpo humano, se encuentra en la sección 49-1. Radiación térmica, en el problema 7:

“Demuestre que un cuerpo humano de 1,80 m² de área con una emisividad muy cercana a la unidad, sea cual sea la pigmentación de la piel, y una temperatura de 34 °C, emite radiación a razón de 910 W”.

La solución se obtiene a partir de los conocimientos sobre radiación térmica con el acompañamiento del profesor a la gestión de aprendizaje del estudiante.

Un segundo resultado refleja la valoración de los resultados del aprendizaje de los estudiantes en la asignatura Física I, con énfasis en la aplicación de la profesionalización en el tema de Física Molecular y Termodinámica.

El estudio fue realizado en el segundo semestre del curso escolar 2019-2020, en el Primer año del Curso Regular Diurno (CRD). El tiempo empleado para realizarla fue de 15 semanas a partir del 1 de febrero de 2020, aunque se extendió un poco más en el tiempo a causa de las medidas tomadas por la ocurrencia de la Covid-19.

La población estuvo constituida por dos grupos naturales de 22 estudiantes cada uno. En el Grupo 1, 9 varones

(40,90%) y 13 hembras (59,10%), con un promedio de edades de 19,6 años; en el Grupo 2, 14 varones (63,64%), y 8 hembras grupos (36,36%), con promedio de 19,6 años. Se seleccionaron como población, por tener las mismas posibilidades de cumplir con los objetivos previstos para la asignatura, y características similares.

De los grupos naturales se tomó una muestra, utilizando la tabla de números aleatorios para garantizar la homogeneidad de las características de los estudiantes investigados. La muestra la conformaron 10 estudiantes (45, 5%) de cada grupo. Del Grupo 1 (experimental), 6 varones (60,0%) y 4 hembras (40,0%), con un promedio de edades de 19,8 años; del Grupo 2 (control), igual composición por sexo, con 19,5 años de promedio. Se reflejan en la muestra las características de la población y la equivalencia en cuanto a sexos y edades. La asignatura de referencia se imparte en el segundo semestre de Primer año. En ella se ofrecen los fundamentos de Mecánica, Física Molecular y Termodinámica y antecede a las asignaturas propias de la carrera, destacando las aplicaciones que tienen en ingeniería civil. Las actividades evaluativas tomadas para la valoración del aprendizaje de los estudiantes, fueron las siguientes:

▪ Práctica de Laboratorio (PL). Comprobación experimental de la ley de Boyle-Mariotte.

▪ Tarea 1 (T1). Ejercicios sobre dilatación térmica y conducción del calor.

▪ Tarea 2 (T2). Ejercicios sobre la primera ley de la Termodinámica.

▪ Tarea 3 (T3). Ejercicios sobre máquinas térmicas.

▪ Prueba Parcial 2 (PP2).

▪ Examen final (EF).

Como criterio de calificación se siguió el establecido en [26], que establece en el Artículo 178: Los resultados de las distintas formas de evaluación del aprendizaje de los estudiantes se calificarán empleando las categorías y símbolos siguientes: Excelente 5, Bien 4, Regular 3 y Mal 2. En las Tablas I y II se muestra el resumen de las calificaciones obtenidas por los estudiantes de los grupos experimental y de control.

TABLA I. Resumen de las evaluaciones obtenidas por los estudiantes muestreados del Grupo 1 (experimental).

Nombres	PL	T1	T2	T3	PP2	Prom.	EF
YAV	3	4	4	4	3	3,6	4
LAV	4	4	4	4	4	4,0	5
YCB	4	5	5	5	4	4,6	5
DCR	4	4	4	4	3	3,8	4
LMF	3	4	4	3	4	3,6	4
REF	4	4	4	4	4	4,0	4
GGV	3	4	4	4	3	3,6	3
DEG	4	4	4	5	5	4,4	5
LVL	4	5	5	4	4	4,4	5
SPL	3	4	4	4	4	3,8	3
Prom.	3,6	4,2	4,2	4,1	3,8	3,98	4,2

TABLA II. Resumen de las evaluaciones obtenidas por los estudiantes muestreados del Grupo 2 (control).

Nombres	PL	T1	T2	T3	PP2	Prom.	EF
AAR	3	4	3	3	3	3,6	4
KEF	4	4	3	4	3	3,6	3
FCM	3	3	3	5	3	3,4	3
LGF	4	4	4	4	3	3,8	4
LMP	3	3	3	4	4	3,4	3
CLF	4	4	4	4	4	4,0	4
YPB	3	3	3	3	3	3,0	3
DEG	4	4	4	4	4	4,0	4
LAL	4	5	5	4	4	4,4	5
MTR	3	4	4	4	4	3,8	4
Prom.	3,5	3,8	3,6	3,9	3,5	3,66	3,7

En la Prueba Parcial 2 se incluyó un ejercicio típico sobre transferencia de calor en la construcción de viviendas, que refleja la aplicación de la física en la solución de los problemas profesionales de la carrera. También fue incluida una situación física similar en el Examen final de Física I.

De la comparación de los resultados, se aprecia que el promedio de las calificaciones en las evaluaciones frecuentes y parciales, del grupo experimental es superior al grupo de control, que no recibió la influencia de la propuesta didáctica (3,98-3,66).

El promedio de las calificaciones recibidas en el Examen final también es superior en el grupo experimental al de control (4,2-3,7).

Fue localizado en la Secretaría docente de la Facultad de Ingeniería, el promedio de las calificaciones en el Examen final de Física I en los dos cursos escolares precedentes. También el promedio obtenido durante el estudio las supera, no solo en el grupo experimental, si no también en el de control (4,2 y 3,7-3,6 y 3,4).

Los resultados obtenidos en el aprendizaje muestran la factibilidad de la aplicación de la profesionalización de la asignatura en la formación de los estudiantes de la carrera Ingeniería Civil.

V. CONCLUSIONES

El estudio realizado permitió establecer la interrelación entre Física Molecular y Termodinámica con disciplinas propias de la formación de futuros ingenieros civiles: Análisis de Estructuras; Diseño de Estructuras; conservación de las Construcciones y Disciplina Principal Integradora, que emplean conceptos, leyes y formulaciones basadas en la Física. Se ejercitó la aplicación de estos conocimientos y se ofrecieron recursos que ponen en práctica el componente investigativo de la formación. Un primer resultado obtenido sintetiza la propuesta didáctica escogida para la aplicación de la profesionalización de Física Molecular y Termodinámica, al resolver la situación física planteada que refleja un problema profesional de la carrera Ingeniería Civil en Cuba. Un segundo resultado refleja la valoración del aprendizaje de los estudiantes. De

la comparación de los resultados, se aprecia que el promedio de las calificaciones en las evaluaciones frecuentes y parciales, del grupo experimental es superior al grupo de control, que no recibió la influencia de la propuesta didáctica (3,98-3,66). El promedio de las calificaciones recibidas en el Examen final también es superior en el grupo experimental al de control (4,2-3,7).

Al comparar el promedio de notas obtenidas durante el estudio, con el promedio de las calificaciones en el Examen final de Física I en los dos cursos escolares precedentes, son superiores no solo en el grupo experimental, si no también en el de control (4,2 y 3,7-3,6 y 3,4).

Los resultados obtenidos en el aprendizaje muestran la factibilidad de la aplicación de la profesionalización de la asignatura en la formación de los estudiantes de la carrera Ingeniería Civil.

En futuras investigaciones se deben incluir otros temas de la disciplina Física General, en el Trabajo Científico Metodológico que se realiza en el Colectivo de Disciplina para realzar las aplicaciones de la Física en la solución de problemas profesionales de la Ingeniería Civil.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Departamento Construcciones de la Universidad de Holguín por las facilidades ofrecidas por la Jefe de Carrera Ingeniería Civil, Master Silvia Campos Movilla para realizar la investigación.

Este estudio fue realizado a partir del Trabajo Científico Metodológico del Colectivo de Disciplina Física General para carreras de ingeniería, en la Sede Oscar Lucero Moya de la Universidad de Holguín.

Para la elaboración del artículo de tomaron como base las ideas científicas expuestas por los autores en la 10ma. Conferencia Científica Internacional de la Universidad de Holguín, desarrollada entre el 26 y el 30 de abril de 2021 de manera on-line, donde ejemplificaron la profesionalización del contenido de enseñanza de Física Molecular y Termodinámica en la carrera Ingeniería Civil.

REFERENCIAS

- [1] Campos-Movilla, S., *Sobre la Ingeniería Civil en la Universidad de Holguín*. <https://www.uho.edu.cu/ingenieria-civil/>, consultado 15 de mayo de 2021.
- [2] Osaba-Rodríguez, C. A., Ruqué-Álvarez, L., *¿Cómo valoran los ingenieros civiles su formación en Física?* Latin American Journal of Physics Education **9**, 4403-1-4403-4 (2015).
- [3] Rejane-Souza, M., Barrera-Kalhil, J. y de Pontes, G., *O Ensino de Física nos Cursos de Engenharia: Uma abordagem de métodos mistos*. Latin American Journal of Physics Education **9**, 1401-1 - 1401-8 (2015).

- [4] Tanamachi-Castro, G., y Ramos-Lara, M. P., *La Escuela Nacional de Ingenieros y las Ciencias Físicas en los albores del Siglo XX*. Revista Mexicana de Investigación Educativa **20**, 557-580 (2015).
- [5] Morales-García, F.A., *Aplicación de un método educativo interactivo para mejorar el dominio conceptual de la Estática entre estudiantes de Ingeniería en el IPN de México*, Latin American Journal of Physics Education **10**, 1410-1 - 1410-8 (2016). Fernández, M., Repilado, F. y Pérez, Z. *Del modelo mental al modelo conceptual en los laboratorios de Física para ingeniería*. Revista Cubana de Física **33**, 18-26 (2016).
- [7] Malavé-Carrera, C.A., Flores-Nicolalde, B.C. y Flores-Nicolalde, F. *Análisis descriptivo de las dificultades que afrontan estudiantes de Ingeniería en el aprendizaje de Física de una Universidad ecuatoriana*. Latin American Journal of Physics Education **10**, 4322-1 - 4322-8 (2016).
- [8] Ramos-Gómez, F. y Morales-Mori, A., *Sobre los Inicios de la Profesionalización de la Física en México*, (Sociedad Mexicana de Física, Ciudad de México, 2016).
- [9] Alejo, J. A., Cruz, J. y Llovera, J. J., *Algunas consideraciones sobre el programa de Física General para carreras de ingeniería en los planes de estudio "E"*, Revista Cubana de Física **35**, E52-E53 (2018).
- [10] Pinheiro-Quibao, M. et al., *Investigando a compreensão conceitual em física de alunos de graduação em cursos de ciências, engenharias e matemática*, Revista Brasileira de Ensino de Física **41**, e20180258-1 - e20180258-10 (2019).
- [11] Tamayo-Pupo, J. I., *Concepción didáctica integradora interdisciplinaria del proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Ingeniería Mecánica* [Tesis de doctorado no publicada, Universidad de Holguín Oscar Lucero Moya]. (2006).
- [12] Mora-Aguilera, L. O., *Sistema de saberes para el enfoque de profesionalización en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física en la carrera de Ingeniería Industrial*, [Tesis de doctorado no publicada, Universidad de Holguín Oscar Lucero Moya]. (2014).
- [13] Machín-Armas, F. O. y Torres-Rodríguez, R. M., *Enfoque de sostenibilidad para el problema profesional electroenergético en las carreras de ingeniería*, Congreso Universidad **4**, (2021).
- [14] Acosta-Gómez, Y., y Machín-Armas, F. O., *Profesionalización del contenido de Física I para favorecer la formación del estudiante de ingeniería mecánica*. Cuadernos de Educación y Desarrollo, (2016).
- [15] León, V. E. y Herrera, J. L., *Una visión de la profesionalización como categoría de las ciencias de la educación*, Cuadernos de Educación y Desarrollo **2**, 13 (2010).
- [16] Estévez, B. A. et al., *Evaluación del proceso de enseñanza aprendizaje en la carrera de ingeniería agrónoma teniendo en cuenta la interdisciplinaria en el tratamiento práctico y sistemático del desarrollo curricular de la ciencia*. Cuadernos de Educación y Desarrollo **3**, 29, (2011).
- [17] Reshetova, Z. A., *Análisis sistémico aplicado a la Educación Superior. Selección de textos*, (Universidad Central de las Villas, Santa Clara, 1988).
- [18] Mestre, U., *Modelo de organización de la disciplina Física General para el desarrollo de habilidades profesionales de los estudiantes de Ciencias Técnicas* [Tesis de doctorado no publicada, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba]. (1996).
- [19] Addine, F. y Blanco, A., *La profesionalización del maestro desde sus funciones fundamentales. Algunos aportes para su comprensión*, (Editorial Dirección de Ciencia y Técnica del MINED, La Habana, 2003).
- [20] MES, *Plan de Estudio "E". Carrera Ingeniería Civil*, (2018).
- [21] Universidad de Holguín, *Programa de Física I para Ingeniería Civil*, (Universidad de Holguín, Holguín, 2018).
- [22] González-Bello, S.L. y Campos-Movilla, S., *Propuesta didáctica para la profesionalización de la Física General en la carrera Ingeniería Civil*, XV Simposio de la Sociedad Cubana de Física, (La Habana, Cuba, 2020).
- [23] González-Bello, S. L. y Mora-Aguilera, L. O., *La profesionalización del contenido de Física Molecular y Termodinámica en la formación de Ingenieros Civiles* [Ponencia], 10ma. Conferencia Científica Internacional de la Universidad de Holguín, Holguín, Cuba (2021).
- [24] Young, H.D. y Freedman, R.A., *Física universitaria*. Volumen 1, Décimotercera edición, (Pearson, México, 2013).
- [25] Halliday, D., Resnick, R. y Krane, K.S. *Física*. Volumen 2, Cuarta edición. (Compañía Editorial Continental, S.A, México, 1999).
- [26] Ministerio de Educación Superior, Resolución No. 2/2018, *Reglamento de trabajo docente y metodológico de la Educación Superior*, Gaceta Oficial de la República de Cuba No. 25 (2018).