

RECIBIDO EL 12 DE MAYO DE 2017 - ACEPTADO EL 13 DE MAYO DE 2017

# GESTIÓN DE LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE CON ENFOQUE INTERDISCIPLINARIO EN LA FORMACIÓN DEL PROFESOR DE FÍSICA

## THE TEACHING—LEARNING PROCESS FROM AN INTERDISCIPLINARY APPROACH: ITS MANAGEMENT IN THE FORMATION OF TEACHERS OF PHYSICS

**Dr. C. Beatriz María San Juan Azze.**

Profesora Titular

E-mail: bazze@femsu.uho.edu.cu

**Lic. Jorge Damián Pérez Hernández.**

Profesor Auxiliar

E-mail: jdamian@femsu.uho.edu.cu

**Lic. Asvier Romero Cobas.**

Instructor

E-mail: asvierrc@femsu.uho.edu.cu

**Centro de trabajo:** Universidad de Holguín,  
campus universitario José de la Luz y  
Caballero. Avenida de los Libertadores # 287.  
Provincia Holguín, Cuba.

### Resumen

El enfoque interdisciplinario es propio de la ciencia y su enseñanza-aprendizaje en el presente siglo. Sin embargo, en ocasiones no se aprovecha el marco teórico e histórico del conocimiento para abordar las relaciones

interdisciplinarias, y de este modo, desplegar a plenitud un saber integrado sobre sólidas bases epistémicas.

En este artículo se exponen resultados de experiencias docentes e investigativas de un colectivo de profesores que implementa procedimientos singulares para la gestión de la enseñanza-aprendizaje de la Física con enfoque interdisciplinario en la Universidad de Holguín, Cuba. Desde el punto de vista didáctico lo novedoso radica en jerarquizar la gestión del conocimiento sobre Modelos Teóricos Generalizadores, de modo que se transite de los fundamentos epistémicos a la aplicación integrada de los saberes en la práctica.

El curso de las investigaciones realizadas por el grupo de trabajo apunta a la construcción de un modelo de gestión de la enseñanza-aprendizaje con enfoque interdisciplinario en la formación del profesor de Física. Aunque aún no se ha concretado la modelación, se avanza en la determinación de sus componentes.

**Abstract:** The Interdisciplinary Approach is typical of science and its learning in the present

century. Nevertheless, in some occasions, the historical and theoretical framework of knowledge acquisition is not taken into consideration in studying the interdisciplinary relationships based on epistemic solid bases.

The present article exposes the main results of some teaching-learning experiences of the authors implementing some singular procedures of the interdisciplinary approach in the teaching learning process of Physics at the University of Holguin city in Cuba. From the Didactic point of view its novelty lies on the hierarchy given to the management of knowledge about generalizing theoretical models. This paves the way to use the epistemic foundations of Physics in practice.

It also includes some other studies carried about by the authors in the elaboration of some management models for the teaching-learning process from an interdisciplinary approach in the formation of teachers of Physics. In spite of that, a complete modeling of it is not done yet, but the determinations of its components are included in the investigation.

### Introducción

El proceso de enseñanza - aprendizaje de la Física requiere ser modificado constantemente, en función de los fines, los recursos disponibles y el desarrollo alcanzado. De modo que el método y sus procedimientos, así como los medios varían y dinamizan el proceso en estrecha relación. Para aprender Física es indispensable dominar cuestiones matemáticas, máximo si se trata de la formación de profesores de esa ciencia. Además, se requiere de la apropiación de una noción de la ciencia como un todo, que emana de los análisis holísticos de sus contenidos específicos. En este sentido, la máxima expresión de la integración de saberes científicos sistematizados radica en los conocimientos que aglutinan los Modelos Teóricos Generalizadores (MTG). Estos se consideran desde el punto de vista didáctico, un

recurso para favorecer el desarrollo del enfoque interdisciplinario en la enseñanza - aprendizaje de la Física u otras ciencias.

Dado que es inmensurable el valor de la interdisciplinariedad en la formación de profesores de ciencias, se precisa perfeccionar la *gestión* de la enseñanza - aprendizaje con tal enfoque, básicamente en las Universidades, y en especial, en las que se adscriben carreras donde se forman profesores de Física. Precisamente en el contexto de la investigación que proporciona la elaboración de este artículo se define la *Gestión de la enseñanza - aprendizaje con enfoque interdisciplinario en la formación del profesor de Física*: proceso mediante el cual se obtienen, despliegan y utilizan recursos básicos para favorecer la interdisciplinariedad desde la enseñanza - aprendizaje de la Física, con el fin de elevar la profesionalización a tono con las exigencias socio - culturales.

La gestión vincula recursos y fines, así como la organización de procesos y resultados. Los recursos se revelan desde la ciencia y su praxis donde, en lo primero, el papel de lo epistémico es esencial, a la vez que, en lo segundo, el sujeto es fundamental. En la práctica e investigación cuyos resultados se presentan, se prepondera la *organización* desde el punto de vista metodológico.

Al profundizar en los antecedentes metodológicos sobre la interdisciplinariedad en la enseñanza- aprendizaje de la Física se aprecian las siguientes tendencias:

- Formulación de tareas integradoras donde los estudiantes deben aplicar de forma combinada los conocimientos aislados adquiridos. En estos casos, al formular las órdenes de los incisos a resolver se cambia de enfoques físicos a matemáticos o viceversa, o de otra ciencia. Por ejemplo: Dada una gráfica útil para el análisis del cambio

de posiciones de un móvil respecto al tiempo, se exige primeramente el cálculo de velocidad y luego del valor de la pendiente de la recta mostrada.

- La presentación de contenidos de clase donde se aprovechan las potencialidades del contexto. En este sentido prevalece la elaboración de tareas de aplicación práctica que reflejan el uso de conceptos y leyes de la Física en la Química, la técnica, la industria, etc.
- El establecimiento de analogías entre enfoques físicos y matemáticos de un mismo contenido u objeto de estudio.

Estos proceder no son suficientes para favorecer con creces la gestión de la enseñanza - aprendizaje con enfoque interdisciplinario en la formación del profesor de Física. Se requiere cambiar el curso de los razonamientos que distinguen la linealidad de los análisis mutilando la visión holística de la Física. Por tales motivos se precisa:

- Asumir pautas renovadoras sobre interdisciplinariedad
- Esgrimir recursos múltiples que garanticen una fehaciente visión integradora de la ciencia
- Vincular adecuadamente recursos y fines en la gestión de la enseñanza - aprendizaje con enfoque interdisciplinario

Entre los resultados obtenidos por el grupo de investigadores se distinguen:

- La determinación de un importante recurso matriz de la gestión del proceso que se aborda: los *Modelos Teóricos Generalizadores* (MTG). Se determinan sus especificidades en el estudio del Electromagnetismo como asignatura que incide significativamente en la

formación de los profesores de Física.

- La determinación de un sistema de procedimientos metodológicos que vinculan el uso del recurso matriz con otros recursos tradicionales.
- El establecimiento de un modelo de gestión de la enseñanza - aprendizaje con enfoque interdisciplinario en la formación del profesor de Física, donde se articula el recurso matriz: Modelos Teóricos Generalizadores con el uso de un Método específico que en este artículo no se describe por ser parte de una tesis doctoral aun inédita.

Entre los métodos empleados se encuentran los de nivel teórico como el análisis y la síntesis que permiten profundizar en el estudio de la gestión, la interdisciplinariedad y los modelos teóricos. También posibilitó determinar el recurso matriz y articular procedimientos.

Entre los métodos empíricos se emplean entrevistas, revisión de documentos y test de conocimientos y observaciones científicas. De este es posible realizar diagnósticos y valoraciones parciales de la aplicación del sistema de procedimientos en la práctica.

En la investigación se organiza un estudio longitudinal panel por ser el grupo de experimentación único de su tipo en el campus universitario. Los resultados parciales en torno a las transformaciones de los profesionales muestran la eficiencia de la propuesta.

### **Fundamentos de la interdisciplinariedad y los Modelos Teóricos Generalizadores (MTG)**

En principio, se precisa abordar algunas ideas sobre la **interdisciplinariedad**:

- “La interdisciplinariedad no es un diseño de contenidos mezclados en un currículo,

sino como objeto curricular, es una manera de pensar, es un hábito de aproximación a la construcción de cualquier conocimiento, que al ser método didáctico, deviene método del alumno”

- “Interdisciplinariedad es la estrategia didáctica que prepara al estudiante para realizar transferencias de contenidos que les permitan solucionar holísticamente los problemas que enfrentarán en su futuro desempeño profesional”
- “Se entiende por interdisciplinariedad la interacción entre dos o más disciplinas, producto de la cual las mismas enriquecen mutuamente sus marcos conceptuales, sus procedimientos, sus metodologías de enseñanza y de investigación”
- La interdisciplinariedad es un proceso, basado en una manera de pensar, integradora y dialéctica, de sentir y de actuar para analizar, comprender y resolver los problemas de la compleja y cambiante realidad y requiere de la cooperación entre las personas, de su convicción y de su cultura”

La conceptualización de la interdisciplinariedad en la formación de los profesionales no puede verse únicamente ceñida a las relaciones entre las ciencias, sino de una forma más amplia, como fundamento epistemológico, que permite el análisis de los fenómenos de la Naturaleza y la Sociedad como un todo. A la vez, como práctica, que incida en la transformación de los métodos y procedimientos que se aplican en la enseñanza – aprendizaje. En síntesis, es pertinente entender la interdisciplinariedad como filosofía de trabajo.

En el contexto de la enseñanza - aprendizaje de la Física en el nivel superior *la interdisciplinariedad como fundamento epistémico significa:*

- Emplear los conocimientos de partida con adecuado rigor, sustentado desde la asignatura en cuestión y abordados a partir de métodos y procedimientos comunes de las áreas del saber que se integran, básicamente de la Física y la Matemática.
- Entender y mostrar el carácter sistémico de las leyes, así como la simetría y armonía de las ciencias afines: matemática y física.

*La interdisciplinariedad como práctica significa:*

- Una reconstrucción constante del conocimiento, desde una visión holística de los fenómenos, modelos, leyes; a partir de un continuo metodológico entre teoría y práctica e implementando la investigación.
- Fomentar actitudes hacia el trabajo interdisciplinario, haciendo de este proceder una práctica sistemática.

Además, dado los presupuestos construidos anteriormente se requiere concretar ideas sobre **modelos teóricos generalizadores de la física – matemática**. Con ese fin se revisaron concepciones reflejadas en las obras científicas de los siguientes autores: Goldberg (1973), Levich (1976), Matveev (1983), Brédov (1985), Sears (1996), entre otros.

Se valora que los criterios expuestos se contextualizan en las ciencias exactas y naturales y son diversas. Después de realizar un análisis y síntesis de las regularidades

apreciadas en las definiciones y ejemplos, se determinaron ideas esenciales, unas reseñadas textualmente y otras elaboradas en el marco de la elaboración de esta investigación.

*“Un modelo matemático es una descripción matemática (a menudo por medio de una función o una ecuación y/o representaciones gráficas) de un fenómeno del mundo real... La finalidad del modelo es comprender el fenómeno, y, quizás, hacer predicciones de su comportamiento futuro... Dado un problema del mundo real, la primera tarea es formular un problema matemático, para eso se identifican, clasifican y nombran variables y se establecen hipótesis que simplifican el fenómeno lo suficiente para que pueda tratarse matemáticamente. Se usan los conocimientos de la situación física y habilidades matemáticas para obtener ecuaciones que relacionen las variables...”*

En cuanto a modelos, en el ámbito de la física universitaria, es útil hacer referencia a las ideas de Sears y un colectivo de autores, al respecto se plantea: “Un **modelo** es una versión simplificada de un sistema físico que sería demasiado complejo si se analizase de forma detallada ... en el modelo idealizado se pasa por alto muchos efectos menores...”

Después de un breve proceso de elaboraciones y sistematización de experiencias, se determinaron las siguientes ideas:

*El modelo teórico en las ciencias exactas y de la naturaleza es el conjunto o sistema de ideas que explican fenómenos de la naturaleza y el comportamiento o relación entre objetos abstractos (ejemplo: números, variables, operaciones, etc.), que sustentan la formulación de hipótesis y su corroboración posterior, y donde se emplean diversas formas del lenguaje artificial para expresar las ideas. En tal*

*sentido, el modelo teórico puede ser expresado empleando símbolos, ecuaciones, gráficas y/o descripciones.*

Se precisa el asunto de las ciencias exactas y de la naturaleza por el carácter dual de la física como ciencia. Por un lado, el objeto de estudio de la física es el sistema de fenómenos de la naturaleza, de ahí su carácter de ciencia de la naturaleza. Por otro lado, dado el grado de aplicación de la matemática, básicamente en la física para la educación superior, esta ciencia, desde el punto de vista didáctico y escolar (en la organización escolar) se considera una ciencia exacta.

En correspondencia con el alcance de las ideas o sistemas de ideas (o trascendencia del saber científico), relacionado con el nivel de generalización de presupuestos teóricos que conforman los modelos, estos se pueden clasificar en:

- Modelo teórico simple o restringido
- Modelo teórico generalizador

Aunque es complicado ofrecer clasificaciones y caracterizaciones de modelos, en el marco de la investigación y como parte de la determinación de recursos en el proceso de gestión, se esclarecen aspectos significativos de esta dicotomía.

*Tabla 1. Características de los modelos según el nivel de generalización de presupuestos teóricos*

<i>Modelo</i>	<i>Características</i>	<i>Ejemplos</i>
<i>Modelo teórico simple o restringido</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Se concreta en una rama del saber.</i></li> <li>• <i>No se erige como síntesis de las ideas científicas fundamentales de esa rama del saber, sino que, sirve de sustento para la conformación de ideas relevantes, leyes, teoremas, etc.</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Modelo de gas ideal o perfecto</i></li> <li>• <i>Modelo de Rutherford</i></li> <li>• <i>Modelo de la estructura electromagnética del protón</i></li> </ul>
<i>Modelo teórico generalizador</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Se concreta en una rama del saber y trasciende esta.</i></li> <li>• <i>Se erige como síntesis de las ideas científicas fundamentales.</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Tabla periódica de Mendeleiev</i></li> <li>• <i>Modelo del Universo caliente</i></li> <li>• <i>Sistema de ecuaciones de Maxwell</i></li> <li>• <i>Los operadores diferenciales y el sistema de reglas del cálculo diferencia</i></li> <li>• <i>La distribución de Gibbs</i></li> <li>• <i>La ecuación canónica de Hamilton</i></li> </ul>

El trabajo preliminar y más amplio en el proceso investigativo se desarrolló desde la enseñanza - aprendizaje del Electromagnetismo. En esta asignatura de la disciplina Física General, el sistema de ecuaciones de Maxwell tiene un papel cognoscitivo central. Dado que este sistema de ecuaciones cumple con las características de un *modelo teórico de las ciencias exactas y de la naturaleza, específicamente* con lo establecido para un *Modelo teórico generalizador, e incluso*

*con lo definido como un modelo matemático, entonces puede considerarse un **modelo teórico generalizador de la física – matemática***

**Determinación de un sistema de procedimientos metodológicos que vinculan el uso del recurso matriz de la gestión con otros recursos tradicionales**

Después de realizar un somero análisis curricular

y de los resultados académicos históricos de los estudiantes al transitar por las diferentes asignaturas, se aprecian complicaciones en el proceso de enseñanza - aprendizaje del electromagnetismo. Esta cuestión es valorada durante los seis años de experiencia de la autora principal de este artículo como Jefa del Departamento de Ciencias Exactas y los dos años como coordinadora de la carrera Matemática – Física. Además, dado los resultados de las observaciones a clases, las revisiones de las evaluaciones escritas aplicadas a los estudiantes, los informes de validación de la asignatura y la sistematización de experiencias en el desarrollo de las clases de electromagnetismo en la formación universitaria (asignatura que imparte la autora hace 18 años), se pueden resumir las siguientes *deficiencias*:

*En los profesionales en formación (estudiantes):*

- No se logra la interpretación adecuada de los MTG y por tanto, existen limitaciones al describir los campos y en el desarrollo de habilidades para resolver problemas, básicamente cuando se requiere aplicar las ecuaciones de Maxwell.

Entre las causas de la insuficiencia anterior se encuentran:

- El desconocimiento de algunas reglas, teoremas, modelos teóricos, que tienen sus bases en la Matemática.
- Poca solidez de los conocimientos adquiridos en la disciplina Fundamentos de la Física Escolar (asignatura precedente), en cuanto al estudio de los fenómenos electromagnéticos.
- No se ha logrado establecer (o articular) plenamente estrechos vínculos entre

la teoría y la práctica que favorezcan el desarrollo de la imaginación como cualidad del pensamiento, que facilita la apropiación de un concepto de gran nivel de abstracción: *campo*; así como la comprensión de los fenómenos electromagnéticos.

*En el contexto del trabajo docente - metodológico que desarrollan los profesores se aprecia las siguientes insuficiencias:*

- No se logra dirigir adecuadamente la interpretación de los MTG y por tanto, existen limitaciones al enseñar a describir los campos y en la gestión del desarrollo de habilidades para resolver problemas que requieren de la vinculación del contenido físico con la matemática superior.

Se distingue básicamente esta insuficiencia cuando se requiere enseñar a aplicar y transformar las ecuaciones de Maxwell.

Entre las causas de esta insuficiencia se encuentra la siguiente:

- No se cuenta con la descripción de vías o formas (métodos específicos, procedimientos, etc.) de abordar los MTG de la física-matemática dados en el contexto del Electromagnetismo para desarrollar la interdisciplinariedad en correspondencia con las exigencias del Modelo del profesional.

Es obvio que se requiere encontrar los vínculos adecuados entre recursos y fines, entre la organización de procesos y resultados. Se precisa perfeccionar la gestión de la enseñanza – aprendizaje del Electromagnetismo como parte de la Física.



En correspondencia con los argumentos valorados, uno de los problemas a resolver en la investigación es el siguiente:

*¿Cómo favorecer la interdisciplinariedad como fundamento epistémico y práctica, a partir de la presentación y aplicación de los modelos teóricos generalizadores (MTG) de la física – matemática en la enseñanza - aprendizaje del Electromagnetismo?*

El primer paso consistió en definir MTG y caracterizarlos de manera particular en la enseñanza del Electromagnetismo. Posteriormente se generaron resultados particulares que requieren ser sistematizados y generalizados para conformar construcciones teóricas importantes.

**Una propuesta metodológica para favorecer la interdisciplinariedad desde la enseñanza – aprendizaje del Electromagnetismo, a partir del uso de los modelos teóricos generalizadores de la física - matemática**

El término uso se refiere a la presentación y explicación de los modelos, así como a la aplicación en la solución de problemas. Se suma la transformación del modelo en correspondencia con niveles de generalización y diferentes denominaciones para magnitudes y operaciones.

Se propone un sistema de procedimientos que debe partir de los modelos simples, transitar por los análisis que emanan de la aplicación de condiciones iniciales y de fronteras, básicamente si los Modelos teóricos generalizadores (MTG) se aplican en la solución de problemas. Luego, es de vital importancia acudir en diferentes momentos a la presentación de modelos experimentales que se sustentan en la teoría abordada. Por último, se precisa realizar acciones de investigación, como línea directriz de la interdisciplinariedad, para solventar algunas imprecisiones que se puedan presentar

en el proceso de enseñanza – aprendizaje y satisfacer las necesidades cognitivas que emergen del trabajo individual y en colectivo.

**Sistema de procedimientos para abordar los MTG en la enseñanza – aprendizaje del Electromagnetismo con énfasis en la interdisciplinariedad**

- *Introducción y/o interpretación de los modelos simples y conceptos de partida en todas sus variantes.*

En ocasiones esos modelos simples y conceptos de partida proceden de la matemática o se sabe que serán objeto de estudio a profundidad posteriormente. Dada estas situaciones es sugerente acudir a la ejemplificación, comparación e ilustración (gráfica y experimental) como sustentos del *Principio de visualización*. Esta idea contribuye al desarrollo de la imaginación. Por ejemplo: si se va a introducir o aplicar la Ley de Gauss par la electrostática, primeramente se aborda el concepto de flujo de un vector. En este caso las ilustraciones gráficas constituyen un buen punto de partida. La figura 1 ilustra la idea del flujo de un vector.



*Figura 1. Ilustración del flujo del vector intensidad de campo eléctrico y expresión matemática del flujo*

- *Análisis de la totalidad del objeto (Objeto: MTG)*

Este procedimiento exige el esbozo del MTG como un todo. Al respecto se distinguen tres acciones fundamentales:

- Análisis preliminar según el **principio de simetría**
- Demostración o introducción y explicación de los elementos teóricos que complementan la simetría
- Análisis del alcance y consistencia del Modelo

En el análisis según del principio de simetría se comparan miembro a miembro las ecuaciones para extraer regularidades, se discuten las clases de asimetría presentes y su relación con predicciones o hipótesis y pruebas experimentales.

En el análisis del alcance y consistencia del Modelo se dirige la apreciación sobre las relaciones todo - parte que este tiene en las ciencias. Se valora cómo opera de manera particular y general en un área del saber.

- *Establecimiento e interpretación de las condiciones iniciales y de fronteras en diferentes casos particulares.*

Se procede a la profundización en el objeto de estudio y se discute la aplicación de teoremas

de la física y la matemática que se implican con tales condiciones de fronteras. Por ejemplo: Cuando en el estudio de la Ley de Gauss para determinar el campo eléctrico en el interior del átomo se elige la superficie gaussiana bordeando el núcleo o a distancias menores e iguales a  $R$ , esto es: Es posible y usual la aplicación de los siguientes teoremas:

- Teorema de los conductores aislados
- Teoremas del cascarón esférico

O sea, forma parte de este procedimiento el asunto de la delimitación de contornos. Por ejemplo: el trazado de las superficies gaussianas y los anillos amperianos, así como la cuestión de las distribuciones de carga para operar con los modelos (se implica el uso de los teoremas mencionados).

Como se observa se procede sobre la base de enfoques matemáticos en el abordaje de la situación de aprendizaje de la física.

- *Resolver problemas y/o realizar demostraciones empleando los MTG (a modo de ejemplos durante las conferencias o al resolver problemas en las actividades prácticas).*

Se requiere aplicar correctamente las reglas de los productos escalar, vectorial, el cálculo diferencial e integral.

- *Interpretar los resultados de cálculos y demostraciones*

Es adecuado emplear para las interpretaciones, los modelos gráficos y experimentales. Por ejemplo: después de obtener una expresión para el cálculo de la intensidad del campo

eléctrico, resulta muy útil ordenar construir unas gráficas de  $E = f(r)$ . También se acude a la visión interdisciplinar de las interpretaciones, por ejemplo: los campos rotacionales tienen múltiples “lecturas”: son campos alternativos o variables, no potenciales y de vórtices. Estas ideas deben ser debidamente ilustradas gráficamente y enriquecidas por las modelaciones experimentales y aplicaciones en la técnica.

- *Orientación y control de tareas investigativas interdisciplinarias*

En este contexto, estas tareas son actividades de carácter multidimensional, configuradas a partir de un eje integrador -situación problemática integradora- y con el fin de favorecer la apropiación de saberes (saber y saber hacer) en el acontecer de la física – matemática.

El eje integrador -situación problemática integradora- es el MTG. Estas tareas deben dirigirse a la búsqueda de un conocimiento más acabado de la tal situación descrita, que permita valorarla íntegramente desde una visión interdisciplinaria los fenómenos u objetos estudiados.

De forma general los procedimientos pueden combinarse. En el diseño de actividades a realizar debe sistematizarse la investigación interdisciplinaria, no muy sencilla de diseñar. Al respecto es posible ordenar profundizar en la formulación e interpretación de las ecuaciones de Maxwell. Se puede orientar investigar sobre la modelación gráfica del rotor de un vector, cómo trasciende tal modelación en la obtención de la expresión matemática del rotor de este vector, cómo realizar cálculos de variabilidad muy puntuales en la práctica, cómo transformar los sistemas de ecuaciones (Modelos).

Se complica la enseñanza - aprendizaje del electromagnetismo al mostrar u ordenar investigar la transformación de ecuaciones a su forma diferencial, que en algunos casos se lleva a cabo empleando el Teorema de Ostrogradsky –Gauss. Para ser consecuente con los procedimientos descritos, que tienen un marcado enfoque interdisciplinario y epistémico – investigativo por excelencia; primeramente se presenta el teorema matemático de forma simple, ilustrado, haciendo comentarios sobre su importancia en el estudio de la electricidad.

Resulta necesario apreciar en la teoría de la electricidad, la relación de la potencia de las fuentes con los flujos de vectores que engendran. Esta necesidad la “satisface” la matemática con su teorema de Ostrogradsky –Gauss. Para explicar el teorema se puede emplear una figura similar a la figura 2, cada celdilla es un (pequeños volúmenes), entonces, hay unas pequeñas superficies cerradas que limitan los . Imaginemos una “lluvia” de vectores atravesando el recinto (esto es: un campo). Si con anterioridad se ha comprendido bien el sentido físico de la divergencia y lo que es el flujo de un vector, entonces, con ayuda de la figura se puede entender la relación dada en el teorema de Ostrogradsky –Gauss:

*Figura 2. Ilustración gráfica para abordar el teorema de Ostrogradsky –Gauss*

Los pequeños volúmenes son atravesados por las líneas de un campo que proviene de cualquier parte, digamos de un “centro de carga” por encima del recinto, luego, una cantidad de líneas del campo queda “atrapada” en las fronteras de cada Para no complicar la figura se dibuja solo un “manejo de vectores” (en color rojo), el que pasa por un y su respectivo

Para completar el análisis realizado en un contexto interdisciplinar se aplica el teorema a un campo divergente estudiado en clases: el campo electrostático. Para su estudio es imprescindible acudir a la Ley de Gauss, presentada hasta este momento en forma integral:

Luego, aplicando el teorema:

Por tanto:

Como es conocido:  $\rho$  representa la densidad volumétrica de carga: Entonces:

Esta es la Ley de Gauss para la electrostática en forma diferencial.

En resumen, es intencional el análisis interdisciplinar desde los fundamentos epistémicos de los MTG y prevalece continuamente el principio de visualización.

### **Algunos elementos contentivos de un modelo de gestión de la enseñanza - aprendizaje con enfoque interdisciplinario en la formación del profesor de Física**

La construcción del modelo se sustenta en dos necesidades básicas: la necesidad de apropiación de contenidos de la ciencia de forma sustentable (establecido como uno de los fines de los procesos apuntados) y la necesidad de elevar la profesionalización de los profesionales. De aquí que, la primera de las necesidades se implica o manifiesta en la segunda que tiene mayor alcance.

La apropiación de contenidos de la ciencia de forma sustentable implica:

- Conocer los presupuestos científicos.
- Comprender la esencia de leyes, teoremas, teorías, etc.
- Establecer con facilidad generalizaciones y explicar casos particulares.
- Relacionar presupuestos científicos sobre bases epistémicas y prácticas.
- Aplicar con mesura lo que se conoce y aprende.
- Interpretar los resultados obtenidos en la aplicación de los contenidos.
- *Transformar* la realidad con los conocimientos y habilidades desarrolladas.
- *Aportar* nuevas ideas que enriquezcan los contenidos aprendidos.

Si el profesional es capaz de *relacionar*

*presupuestos científicos sobre bases epistémicas y prácticas (sustento de la interdisciplinariedad), entonces se implica el dominio de las acciones contentivas de la apropiación de contenidos de la ciencia de forma sustentable que le preceden. A la vez, es muy probable que pueda lograr aportar nuevas ideas.*

Elevar la profesionalización de los profesionales significa:

- Sistematizar las mejores experiencias; por tanto, se deben aprovechar recursos y resultados de pertinencia probada.
- Perfeccionar los modos de actuación en correspondencia con la realidad educativa y del desarrollo científico-técnico. En este acontecer también se erige la interdisciplinariedad como filosofía de trabajo.

Para satisfacer las necesidades se articulan recursos: *personológicos, cognitivos y procedimentales. Estos fecundan nuevas relaciones entre lo tradicional de mayor eficiencia y lo novedoso. Luego es posible advertir relaciones que trascienden en la conformación de un método (elemento dinamizador de procesos de enseñanza- aprendizaje y de formación) que emerge de la determinación de un importante recurso matriz de la gestión del proceso que se aborda.*

Los *Modelos Teóricos Generalizadores (MTG)* constituyen tal recurso matriz que engendra procedimientos metodológicos para abordar la interdisciplinariedad. A la vez, los procedimientos muestran un continuo metodológico entre la teoría y la práctica, entre lo tradicional favorable y lo novedoso.

Según lo descrito es posible conformar subsistemas que constituyen un Modelo de

gestión de la enseñanza - aprendizaje con enfoque interdisciplinario en la formación del profesor de Física. Evidentemente, falta precisar cada uno de los elementos y relaciones, así como presupuestos de las ciencias particulares que se implican en el asunto. Con este fin se debe dar curso a la sistematización de experiencias y la profundización en la teoría.

## Conclusiones

Al tratar la interdisciplinariedad como fundamento epistémico y práctica, es posible viabilizar la implementación de disímiles estrategias curriculares y enriquecer la formación integral de los profesionales. De manera particular, se facilita la gestión de la enseñanza - aprendizaje con enfoque interdisciplinario en la formación del profesor de física.

A pesar de que entre la física y la matemática existen vínculos evidentes, se debe organizar la enseñanza de los contenidos para propiciar la comprensión y la apropiación de los conocimientos y habilidades necesarias para aplicar los MTG como sistema de conocimientos.

Se plantea uno de los problemas de investigación formulados por el grupo de trabajo, donde se necesita saber *cómo favorecer la interdisciplinariedad como fundamento epistémico y práctica, a partir de la presentación y aplicación de los modelos teóricos generalizadores (MTG)*. La solución que se propone se basa en un sistema de procedimientos que se distinguen por:

- La introducción de conceptos matemáticos de manera simple desde la física, a partir de la ilustración, la ejemplificación, la comparación, el uso de animaciones y experimentos virtuales, y que facilita el estudio de las "partes" del MTG.

- El tratamiento a profundidad del MTG como sistema, donde se priorizan los análisis de simetría.
- La combinación de la teoría con la práctica y la investigación.

El establecimiento de un modelo de gestión aún adolece de fundamentación teórico – práctica, aunque dado el empeño de los profesores investigadores implicados, se espera obtener esta construcción teórica en breve tiempo.