

ALTERNATIVA METODOLÓGICA PARA CONTRIBUIR A LA VINCULACIÓN DE LA DISCIPLINA MATEMÁTICA APLICADA CON LA CARRERA INGENIERÍA CIVIL

METHODOLOGICAL ALTERNATIVE TO CONTRIBUTE TO THE LINKAGE OF THE MATHEMATICAL DISCIPLINE APPLIED WITH THE CAREER CIVIL ENGINEERING

Autores: MSc. Oscar S. Rodríguez Moya.

Dra. C. Mirtha Numa Rodríguez

MSc. Jesús Villavicencio Seco

Institución: Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez

Correo electrónico: oscarm@unica.cu

RESUMEN

La enseñanza de la Matemática cobra cada día una nueva importancia por lo que significa en todas las esferas del desarrollo económico y social, debe contribuir a que el estudiante se desarrolle con una visión del mundo que le favorezca la formación de un pensamiento creador, productivo y científico. Para lograr este propósito, vincular en la medida de las posibilidades a la Matemática como disciplina general con las restantes referidas a su profesión, es aspecto de medular importancia. En el presente trabajo se muestran las principales manifestaciones que impiden la articulación entre la disciplina Matemática Aplicada y la carrera de ingeniería Civil, sus causas fundamentales y se propone una estrategia metodológica que contribuya a lograrla.

Palabras clave: Problema Matemático Contextualizado, Interdisciplinario, Articulación.

ABSTRACT

The teaching of the Mathematical cobra every day a new importance for the one which means in all the spheres of the economical and social development, should

contribute to that the student develops with a vision of the world that favors you the formation of a creative thought, productive and scientist. In order to achieve this purpose, tie in the measurement of the possibilities to the Mathematical like general discipline with the residual referred to their profession; it is look of medullar importance. Presently work is shown the principal manifestations that impede the articulation between the Mathematical Applied discipline and the race of Civil engineering, their fundamental causes and proposes a strategy methodological that contributes to achieve it.

Key words: Contextualized math problem, Interdisciplinary, Articulation.

INTRODUCCIÓN

La formación de un profesional de perfil amplio exige que el egresado domine las bases de los conocimientos científicos y desarrolle habilidades para enfrentar su futura vida laboral. Para el logro de este cometido la formación matemática en el estudiante juega un rol medular, pues, entre otras cosas, «(...) la matemática representa el instrumento gnoseológico y metodológico más general y eficiente en la investigación de los fenómenos de cualquier ciencia, incluyendo las ciencias sociales» (Hernández, 2008:17). El pensamiento matemático, pensamiento modelador, creador, heurístico, se extiende cada vez más, volviéndose el pensamiento característico del hombre de ciencia en general.

Para las carreras de Ciencias Técnicas, en las que la Matemática es una herramienta imprescindible de trabajo, el egresado debe adquirir una cultura que implique la comprensión de esta ciencia desde el punto de vista de su desarrollo e historicidad, su método, la relación de esta con la Computación y la habilidad de aplicar los conocimientos de modo creador a problemas técnicos y procesos tecnológicos de su especialidad.

La Universidad de Ciego de Ávila, tiene entre otras, la alta responsabilidad de formar Ingenieros Civiles, carrera que exige poner al servicio de la rama constructiva los logros de la ciencia y la técnica, por lo que se demanda de la preparación de futuros egresados con altos conocimientos teóricos, hábitos y habilidades profesionales e

investigativas y altamente comprometidos con el proceso revolucionario cubano. Esta carrera requiere en gran medida de una correcta formación matemática, de ahí que el perfeccionamiento de su enseñanza cobra singular importancia, para ello debe ser reestructurada de forma tal que se convierta en el medio a través del cual se formen representaciones para darle solución a sus tareas científicas y constructivas, siendo un profesional capacitado en correspondencia con las exigencias actuales del tiempo presente y futuro.

La Matemática Aplicada es una disciplina fundamental dentro del ciclo básico de la carrera, en la que se debe trabajar en función de que los estudiantes dominen, entre otros, los métodos principales del Cálculo Diferencial, del Cálculo Integral, de las Ecuaciones Diferenciales y de la Geometría Analítica. Su estudio constituye la base del pensamiento lógico y algorítmico, al aplicarlos se crea el hábito de ampliar por sí mismos sus conocimientos para que puedan llevar a cabo el análisis matemático de las tareas prácticas propias de su especialidad.

Sin embargo, con independencia de las intenciones que han estado presentes al momento de llevarse a cabo el perfeccionamiento de los programas de Matemática en los diferentes planes de estudio, aún subsisten una serie de dificultades en el proceso de enseñanza de esta ciencia, por lo que su aprendizaje en la mayoría de los casos es memorístico, reproductivo, lo que no permite alcanzar niveles productivos y creativos de la asimilación deseados.

Desde el punto de vista de los autores, aún existen dificultades en el currículum, entre las que se tienen:

- La aplicación de los programas directores y la integración de los componentes académico, laboral e investigativo aún no son los deseados.
- El trabajo que se realiza en la aplicación de los programas de estudio no garantiza un adecuado trabajo interdisciplinario de calidad en función del desarrollo de habilidades.
- El nivel de conocimientos y de desarrollo de habilidades básicas al culminar una asignatura o una disciplina no es el adecuado.
- En la ejercitación no se aprovechan las potencialidades del contenido para lograr su desarrollo.

En particular, como aspectos específicos de la contribución de esta Disciplina a la formación del futuro Ingeniero Civil, se distinguen los siguientes:(Plan de estudios D, disciplina Matemática, 2007:12).

- Ampliar la madurez matemática y la capacidad de trabajo con la abstracción.
- Desarrollar habilidades para la comunicación y comprensión de propiedades y características matemáticas de magnitudes y formas en las variantes formal, gráfica, numérica y verbal.
- Contribuir a la conformación de una cultura científica general e integral actualizada.
- Identificar, interpretar y analizar modelos matemáticos de procesos técnicos, económicos, productivos y científicos vinculados a la carrera, así como resolver los problemas de índole matemáticos a los que éstos conducen, utilizando para ello los contenidos matemáticos que se estudian en la Disciplina, haciendo un uso eficiente de las técnicas modernas de cómputo y de los Asistentes Matemáticos.
- Construya una sólida base de conocimientos, integrada y sistémica, que deje huella en su proceso de aprendizaje y le permita resolver problemas con los recursos y estrategias estudiadas.
- Aprenda a pensar y actuar de forma creadora.
Para ello se requiere una concepción del modelo de enseñanza que tenga en cuenta:
 - Una estructuración sistémica de los contenidos (conocimientos, habilidades, actitudes y sentimientos).
 - Una enseñanza centrada en el estudiante como sujeto activo, constructor y reconstructor de su propio conocimiento y proceso de aprendizaje.
 - Una enseñanza a través y para la resolución de problemas vinculados a la carrera y a las otras Disciplinas y asignaturas.
 - Una enseñanza desarrolladora dirigida a la educación de la personalidad del estudiante con una implicación personal activa, consciente y reflexiva que le provoque satisfacción, con la necesaria flexibilidad, independencia, perseverancia, y una actitud ante la vida responsable y autodeterminada que se proyecte con una perspectiva temporal mediata.

De acuerdo a lo anterior es necesario que los docentes trabajemos en función de contribuir al logro de dichos aspectos. Es necesario investigar las diferentes manifestaciones del problema, conocer sus causas y posteriormente establecer estrategias, cuestiones que desarrollaremos en el presente trabajo.

DESARROLLO

Al llevar a cabo el análisis de los documentos estatales de planificación que rigen la formación del Ingeniero Civil (plan de estudios de la carrera, programa de la disciplina Matemática Aplicada, entre otros), se obtuvieron como regularidades que a pesar de prestar atención a lo relacionado con la formación matemática a partir del encargo social, el desarrollo de habilidades, la evaluación del aprendizaje y la articulación entre la disciplina general Matemática Aplicada y la carrera de ingeniería Civil todavía no se logra a un máximo de posibilidades.

Entre los objetivos instructivos de la disciplina Matemática Aplicada para el ingeniero Civil en el plan D se tienen: (Plan de Estudios D para el ingeniero Civil, 2007: 14)

1. Resolver problemas aplicados sencillos y situaciones problémicas sencillas vinculadas a la carrera y que, al mismo tiempo, fundamenten la aplicación de los procedimientos matemáticos utilizados en su solución.
2. Interpretar y aplicar los conceptos y métodos matemáticos estudiados, a la solución de problemas y situaciones que se presentan en los núcleos centrales de las Disciplinas principales del perfil de Ingeniería Civil.
3. Desarrollar habilidades en la operatoria matemática de esta Disciplina, que se derivan de la aplicación de métodos, algoritmos y reglas a la solución de problemas aplicados y que le permitan alcanzar formas de pensamiento lógico, algorítmico y divergente, así como desarrollar su capacidad de razonamiento y de interpretación de fenómenos aleatorios y estocásticos.
4. Caracterizar, interpretar, comunicar y aplicar los conceptos y principales resultados de la Disciplina, mediante una correcta utilización del lenguaje matemático en sus formas analítica, gráfica, numérica y verbal, centrando la atención en los modelos matemáticos, como invariante esencial del conocimiento para esta carrera y nodo de articulación con las restantes asignaturas y Disciplinas.

5. Valorar los métodos estadísticos como herramientas útiles para diseñar, analizar y tomar decisiones en situaciones propias de la carrera, relacionadas con situaciones propias del modo de actuación del Ingeniero Civil, utilizando los métodos estadísticos para el muestreo, estimación de parámetros y la toma de decisiones.

Para dar cumplimiento a estos objetivos deben aprovecharse las potencialidades del sistema de conocimientos en función del desarrollo de habilidades, tenerse en cuenta los diferentes niveles de asimilación por el que debe transitar el alumno para la ejecución de la acción, los ejercicios deben ser generalizadores para poder enfrentarse a problemas variados de la realidad profesional, debe contribuir a la motivación en los estudiantes, existir una derivación lógica que permita vincular al estudiante con problemáticas específicas de su campo de acción y esferas de actuación, la evaluación y el control deben llevarse a cabo desde una perspectiva que haga consciente al estudiante de los procesos que tienen lugar en la ejecución de la acción.

A juicio de los autores las principales manifestaciones que impiden la articulación entre la disciplina Matemática Aplicada y la carrera de ingeniería Civil son:

- Desconocimiento de la utilidad de la Matemática en la solución de problemas del campo de la Ingeniería Civil.
- Insuficiente dominio de conceptos y teoremas que pueden ser aplicados a la solución de problemas ingenieriles.
- Dificultades para modelar problemas de la especialidad con el basamento matemático requerido.
- Análisis limitado para encontrar la solución del problema.
- Deficiente interpretación del resultado en correspondencia con el sentido físico y práctico e ingenieril.
- Resultados académicos bajos.

Se entiende que las causas principales son:

- Insuficiencias al solucionar problemas matemáticos contextualizados aplicados al perfil del ingeniero Civil. (En ocasiones es nula).
- Uso insuficiente de bibliografía.

A continuación se propone una estrategia que muestra ejemplos concretos teniendo en cuenta las principales acciones a desarrollar.

Acciones a desarrollar:

1. Que los profesores de la disciplina Matemática participen de conjunto con los profesores de la especialidad en las reuniones de las disciplinas de Análisis y Diseño de Estructuras, Proyecto y Conservación de Vías de Comunicación, Disciplina Principal Integradora, así como Geotecnia y Cimientos para que de esta forma ganen en claridad acerca del tipo de problemas más frecuentes. Debe haber una interacción directa entre los profesores de la disciplina Matemática y los de la especialidad para que se instruyan en problemas de la Ingeniería Civil.
2. Motivar al estudiante en la importancia que tiene la Matemática en la formación de un Ingeniero Civil, en particular para la solución de los problemas de la especialidad. Todo ello puede lograrse ejemplificando el uso de las matemáticas en el proyecto y diseño de obras de gran envergadura de Cuba y del mundo.
3. Vincular los problemas a la solución de aquellos que se puedan presentar en las Asignaturas Principales Integradoras (API), las cuales tienen un eminente carácter teórico práctico. (En cada semestre se imparte una).

Ejemplo de vínculo con las API:

- Aplicar las ecuaciones diferenciales ordinarias que se imparten en la Matemática III en 2do año para modelar el comportamiento elástico de las vigas de la estructura en la API : «Proyecto del Servicio Ingeniero de Topografía para Edificaciones y Modelación Mecánica de las Estructuras de las Facilidades Temporales» al obtener los desplazamientos elásticos en diferentes puntos de las vigas de hormigón armado o de acero, así como el momento flector, lo cual es necesario para el diseño estructural. Se recomienda Utilizar los Textos: Ecuaciones Diferenciales Elementales de L. M. Kells y Resistencia de Materiales de V. I. Feodosiev.
4. Promover trabajos extraclases de conjuntos con asignaturas de la especialidad donde el estudiante resuelva problemas reales mediante el uso de las matemáticas. La evaluación de este tipo de actividad debe ser una discusión oral donde participen profesores de la especialidad.

5. Utilizar asistentes matemáticos u otro software profesionales que faciliten la solución de los problemas reales y la adecuada interpretación de los resultados. Por ejemplo: MathCad, ABAQUS (Basado en métodos numéricos como es el Método de Elementos Finitos).
6. Las preguntas de los exámenes deben ser en la mayor medida posible aplicadas a problemas de la especialidad, lo cual puede lograrse apoyándose en profesores de la especialidad. (No se trata de examinar los contenidos de ingeniería en la asignatura Matemática).

UNIVERSIDAD DE CIEGO DE AVILA
DEPARTAMENTO DE MATEMATICA
Primer Trabajo de Control Parcial de Álgebra Lineal y Geometría Analítica
Carrera Ing. Civil, 1er año. CRD. Curso 2010-2011

Nombre: _____ . Número: _____ .

TEMARIO A

I. En la siguiente figura se muestra el pórtico de una estructura

a) Plantee el sistema de ecuaciones del equilibrio estático de la estructura. Resuelva dicho sistema para determinar las reacciones de apoyo aplicando uno de los métodos estudiados en clases. Tenga en cuenta hacer momento flector en el punto de aplicación de la carga P.

b) Que valor debe tomar el coeficiente k para que el sistema de ecuaciones siguiente tenga solución. Encuentre dicha solución.

$$2x_1 + x_2 + x_3 = 1$$

$$x_1 + x_2 + x_3 = -2$$

$$3x_1 + 2x_2 + x_3 = 1$$

$$2x_2 + 3x_3 = k$$

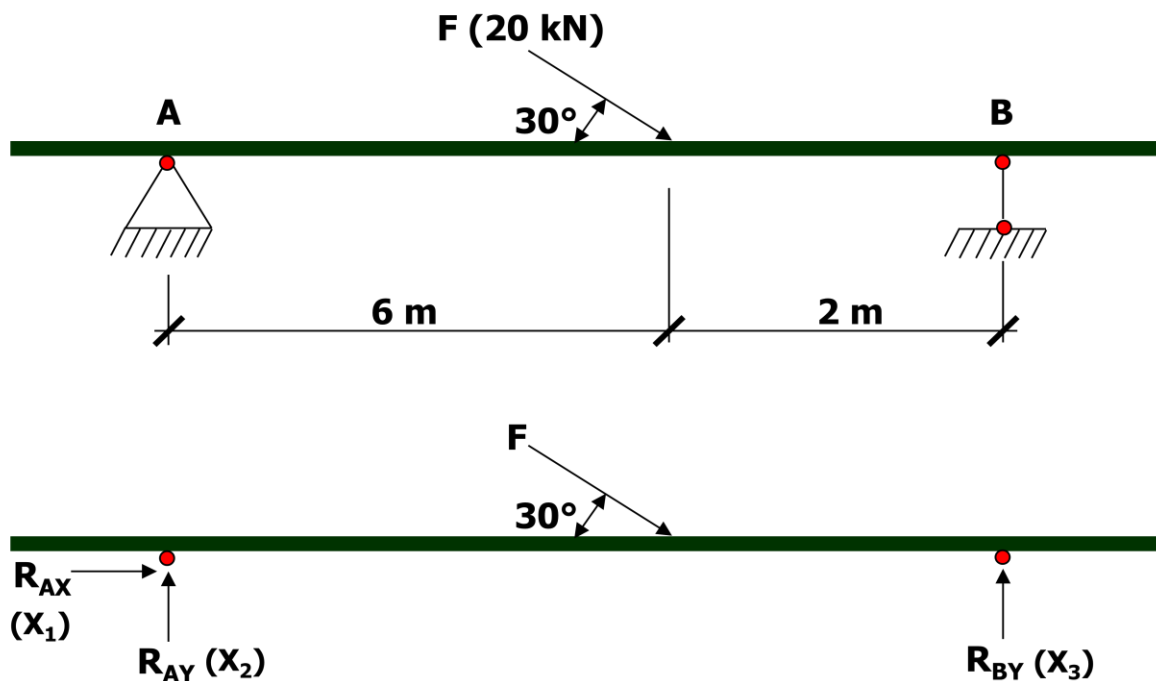
Figura 1: Ejemplo de examen en Álgebra Lineal.

7. Promover, en la medida de lo posible, evaluaciones integradoras de la Matemática con otras asignaturas de la especialidad.

8. Resolver problemas matemáticos contextualizados (aquellos donde se plantea una situación relacionada con una profesión determinada, que se expresa a través de un contenido, condiciones o planteamiento inicial y exigencias, y requiere de la acción del sujeto para transformarla. Los problemas matemáticos contextualizados también se denominan de aplicación o extra matemáticos) vinculados con los contenidos de la especialidad en los que la complejidad de estos debe ser gradual, a partir de problemas modelados y llegar a situaciones donde el estudiante modele el problema y aplique el método de solución

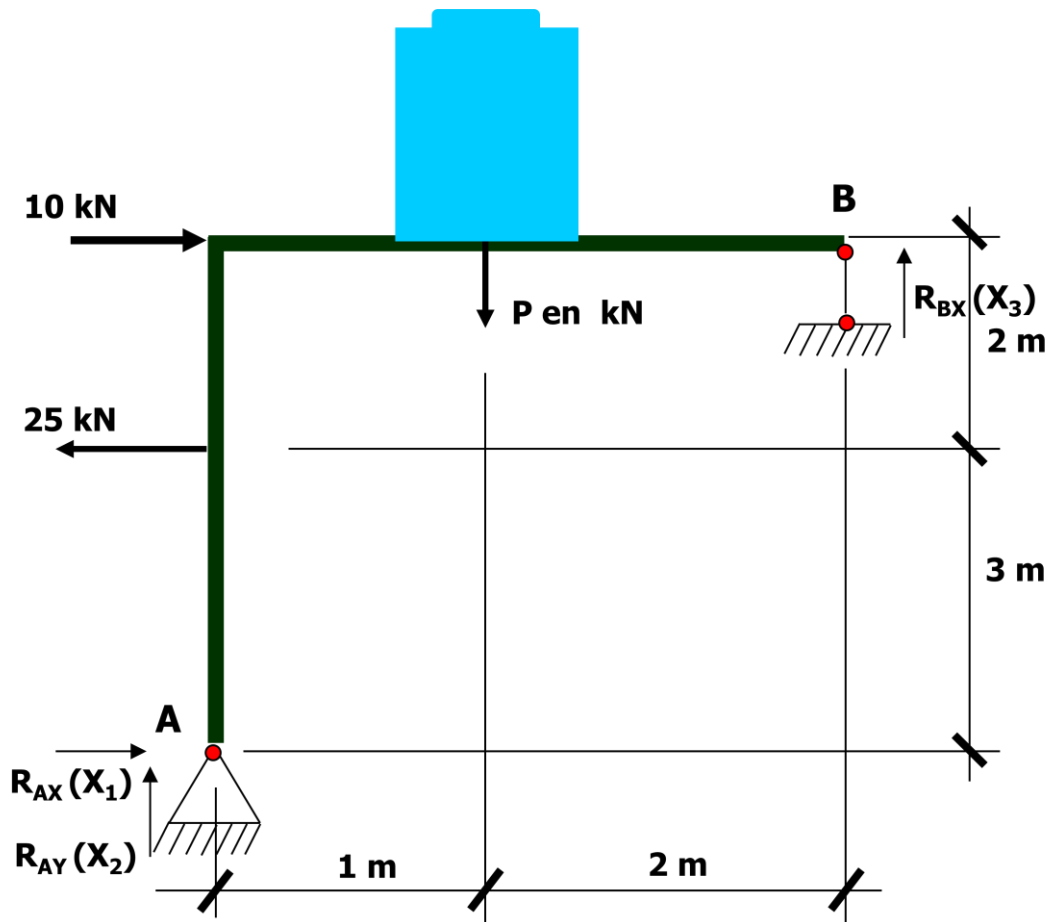
- Ejemplos de aplicación en el Álgebra Lineal:

Ejemplo 1: El equilibrio estático de la viga que se muestra en la figura, la cual está articulada en un extremo y simplemente apoyada en el otro se puede modelar matemáticamente a través del siguiente sistema de ecuaciones lineales. Para obtener las reacciones de apoyo resuelva dicho sistema aplicando convenientemente uno de los métodos estudiados. Tenga en cuenta que la viga está cargada con una fuerza inclinada de 20 kN, la cual forma un ángulo de 30° con la horizontal.



$$\begin{aligned} x_1 &= -20 \cdot \cos(30) \\ x_2 + x_3 &= 20 \cdot \sen(30) \\ -6x_2 + 2x_3 &= 0 \end{aligned}$$

Ejemplo 2: Se necesita construir una estructura aporticada como la que se muestra en la figura siguiente, para el soporte de un tanque de 5000 litros de capacidad. El mismo almacenará agua potable, cuya masa específica es 1 kg/l. Se necesitan conocer los valores de las cargas que llegan a los apoyos para realizar el diseño geotécnico y estructural de la cimentación. Apóyese en las leyes de la estática para modelar el sistema de ecuaciones lineales.



- Ejemplos de aplicación en la asignatura Cálculo Diferencial e Integral I:

Ejemplo 1. (Articulación entre la Determinación de las Fuerzas Internas de una Estructura y el Cálculo Diferencial).

Sea una viga de longitud (l) con apoyos en los extremos A y B sobre la que actúa una carga distribuida (q) en toda su longitud. Las reacciones que aparecen en los apoyos por ser una carga simétrica se pueden calcular por la expresión

$R_A = R_B = \frac{ql}{2}$. Aplicando el método de las secciones se puede obtener la ley de

variación (función) del momento $M(z)$ para diferentes puntos de la longitud de la viga:

$$M(z) = \frac{ql}{2}z - \frac{qz^2}{2}.$$

El valor de la fuerza cortante $V(z)$ o fuerzas perpendiculares al eje de la viga se obtienen por:

$V(z) = \frac{ql}{2} - qz$ que no es más que la derivada del momento; es decir,

$$V(z) = \frac{dM(z)}{dz} = \frac{d}{dz} \left(\frac{ql}{2}z - \frac{qz^2}{2} - qz \right) = \frac{ql}{2} - qz.$$

A partir de estas expresiones se puede obtener para qué posición de la viga z se tendrá un valor máximo en el gráfico. Esta interrogante se puede resolver aplicando las derivadas al cálculo de extremos (máximos y mínimos) de funciones.

Ejemplo 2. (Articulación entre la Determinación de las Fuerzas Internas de una Estructura y el Cálculo Integral).

Específicamente para determinar las características geométricas de las secciones se puede utilizar el cálculo integral. Veamos:

Dada la sección transversal de una viga de sección rectangular se pueden calcular el centroide y el momento de inercia, que permiten conocer el grado de la respuesta del elemento a las deformaciones.

El centroide respecto al eje x se puede calcular por $y = \frac{\text{momento estático}}{\text{Área}} = \frac{S}{A}$,

donde $S = \int_0^h y dA$, que para una sección rectangular se calcula como

$S = \int_0^h by dy = b \int_0^h y dy = b \frac{y^2}{2} \Big|_0^h = \frac{bh^2}{2}$, pero $bh = A$ por lo que $S = A \frac{h}{2}$ y la posición del

centroide será $y = \frac{A \frac{h}{2}}{A} = \frac{h}{2}$.

Para aquellos casos donde la sección transversal tiene una forma irregular se hace más necesaria la utilización del cálculo integral. Veamos:

Para valorar la rigidez de una estructura; es decir, su respuesta ante la posible deformación se emplea el momento de inercia centroidal I que se calcula como

$$I = \int y^2 dA.$$

Para una sección rectangular se tiene que:

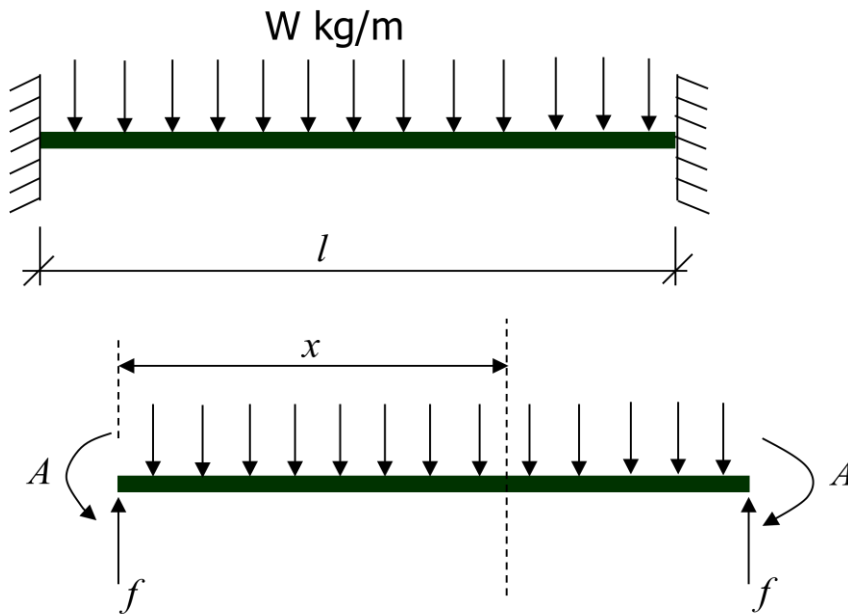
$$I = \int_0^{h/2} by^2 dy = b \int_0^{h/2} y^2 dy = b \frac{y^3}{3} \Big|_0^{h/2} = \frac{b(\frac{h}{2})^3}{3} = \frac{b \frac{h^3}{8}}{3} = \frac{bh^3}{24}$$

Para la sección completa:

$$I = 2 \frac{bh^3}{24} = \frac{bh^3}{12}$$

- Ejemplo de la aplicación en las Ecuaciones Diferenciales Ordinarias:

Ejemplo 1: Una viga uniforme de longitud l en metros está empotrada en ambos extremos, y soporta una carga uniformemente distribuida de w kg/m. Hallar la ecuación de su curva elástica y su deformación máxima.



Como la viga está empotrada en los extremos, se tiene como condiciones de frontera:

$$y=0, \frac{dy}{dx}=0 \text{ cuando } x=0$$

$$y=0, \frac{dy}{dx}=0 \text{ cuando } x=l$$

Se conoce que la curva elástica satisface la siguiente ecuación diferencial:

(A partir de aquí se resuelve la Ecuación diferencial por los métodos estudiados).

- Ejemplos de aplicación en Estadística:

1. En la construcción de los cimientos de uno de los puentes del pedraplén de Caibarién a Cayo Sta. María de la provincia de Villa Clara se necesita una resistencia media de 25 MPa. El Ingeniero Ejecutor al frente de la obra realizó el pedido del suministro a la Planta Dosificadora-Mezcladora y orientó realizar un muestreo a cinco camiones hormigonera que llegaban a la obra con el objetivo de dar una estimación de la resistencia media del hormigón (f'_c en MPa). Para ello se le tomaron, a cada camión, seis probetas cilíndricas de 15 x 30 cm para ser llevadas a la prensa en el laboratorio. El informe del laboratorio mostró los resultados que se agrupan en la tabla 1.

25.2	29.5	26.5	29.4	28.1	21.3
24.8	22.5	27.8	25.2	26.3	27.7
26.4	21.8	25.6	21.8	24.9	23.2
25.7	23.2	24.5	22.7	29.4	24.8
28.4	27.4	23.8	26.7	20.5	25.9

Tabla 1. Resultados de los ensayos.

- a) Construya una tabla de frecuencias con todos sus componentes, agrupando los datos en cinco clases.
 - b) Calcule la mediana y la moda del conjunto de datos agrupados en la tabla de frecuencias.
 - c) De una estimación por intervalo con un nivel de confianza del 95 % para la resistencia media del hormigón que llega a la obra.
2. Se utilizan dos aditivos retardadores de fraguado "A" y "B". Al utilizar el aditivo "A" en una parte de una mezcla de hormigón se obtiene una resistencia media para los 7 días de 25.5 MPa. Posteriormente a la parte restante de la mezcla se añade una proporción del segundo aditivo y se seleccionan 16 probetas obteniéndose una resistencia media a la compresión de 27.5 MPa. Considere que las resistencias de los hormigones se distribuyen normalmente. La varianza muestral (S^2) obtenida fue de 3 MPa. ¿Podemos afirmar con un nivel de significación 0.01 que ha variado significativamente la resistencia del hormigón al utilizar el segundo aditivo?
 3. En la construcción de una explanación se está suministrando material de dos canteras. La cantera A aporta el 60 %, mientras que la B el resto. Se sabe que el 30 % del material que aporta la cantera A es un tanto arenoso, mientras que en la B lo es solo el 15 %.
 - a) ¿Qué probabilidad existe de que al desviar un camión aleatoriamente para la construcción de una obra aledaña, este no sea material arenoso?
 - b) ¿Qué probabilidad hay de que sea arenoso de la cantera "B"?
 9. Utilizar como bibliografía textos en los que se aborden ejemplos de cálculo relacionados con el perfil de la carrera. Utilizar además textos de la especialidad donde se aborden la solución de problemas reales con un sólido basamento matemático.

Ejemplo de bibliografía recomendada:

- Ecuaciones Diferenciales Aplicadas de Murray R. Piegel de la Editorial Montaner y Simón, S. A. Barcelona, España. Este es un texto muy didáctico que aborda las EDO y EDP, así como sus aplicaciones.
 - Ecuaciones Diferenciales Elementales de L. M. Kells de la Editorial Ediciones del Castillo, S. A. Marqués de Monteagudo, 16 – Madrid – 28, España. Este es un texto muy didáctico que también aborda las EDO y EDP, así como sus aplicaciones.
10. Integrar a los profesores de Matemática a la tutoría de trabajos de diplomas conjuntamente con profesores de la especialidad.
 11. Mantener la estabilidad de los profesores de Matemática en determinada carrera para que puedan familiarizarse más con la especialidad a la que le imparten su asignatura.
 12. Conveniencia de tener en la disciplina al menos un especialista que imparta Matemática a la carrera. Sería una persona capacitada que conoce dónde aplicar en su especialidad los conceptos y métodos matemáticos.

CONCLUSIONES

La integración de profesores de Matemática y de la especialidad en la preparación de la asignatura de Matemática contribuye a lograr niveles superiores de planificación, en correspondencia con los objetivos instructivos de la disciplina, logrando vincular los contenidos a la solución de problemas de la especialidad. La solución de problemas contextualizados a la carrera en las actividades docentes de Matemática permite a los estudiantes apropiarse mejor del contenido, debido a que pueden apreciar la utilidad práctica de cada uno de los conceptos y métodos matemáticos, lo que hace que este adquiera un significado y una importancia para él. Esta forma de impartir las asignaturas de Matemática contribuye desde esta ciencia básica a la formación del profesional y garantiza la base matemática requerida para resolver problemas reales cada vez más complejos en los que están presentes los componentes académico, laboral e investigativo.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- ÁLVAREZ, C.: *Fundamentos teóricos de la dirección del Proceso Docente en la Educación Superior Cubana*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, Cuba, 1989.
- ÁLVAREZ, C. Y OTROS: «Sobre el sistema de habilidades en una especialidad universitaria», *Revista Cubana de Física*, Vol. III, No. 1, pp. 38-43.
- ÁLVAREZ, M.: *Matemática Numérica*, Ed. Félix Varela, Cuba, 2004.
- BERMÚDEZ, R. Y RODRÍGUEZ, M.: *Teoría y Metodología del aprendizaje*, Ed. Pueblo y Educación, Ciudad de la Habana, Cuba, 1996.
- BRITO, H.: *Hábitos y Habilidades y Capacidades*, *Revista Varona*, 13: VI, jul.-dic., 2004.
- DANÍLINA, N.I. Y N.S.: *Dubrónskaya: Matemática de Cálculo*, Ed. Mir. Moscú, 1985.
- GUERRA BUSTILLO, C.; MÉDEZ ACUÑA, E.; BARRERA MORERA, R. Y EGAÑA MORALES, E.: *Estadística*, Ed. Félix Varela, Cuba.
- HERNÁNDEZ, H.: *La huella de la matemática en el pensamiento*, MES, pág.2 (Material en soporte magnético), 2008.
- KELLS, L.M.: *Ecuaciones Diferenciales Elementales*, Ed. Ediciones del Castillo, S. A. Marqués de Monteagudo, Madrid, España, 2005.
- KISELIOV, M. Y KRASNOV, M. Y MAKARENKO, G.: *Problemas de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias*, Ed. Mir, Moscú.
- MURRAY, R.P.: *Ecuaciones Diferenciales Aplicadas*, Ed. Montaner y Simón, S. A. Barcelona, España, 2005.
- STEWART, J.: *Cálculo con Trascendentes tempranas* (4ta. Edición), Ed. Félix Varela, La Habana, 2006, t.1 al 4.
- TIJONOV, A.N. Y SAMARSKY, A.A.: *Ecuaciones de la Física Matemática*, Ed. Mir. Moscú, 1988.