

Consideraciones para la enseñanza del tema "aplicaciones lineales y la diagonalización de endomorfismos" en la formación del ingeniero en los planes de estudio E

Teaching of the topic lineal "applications and diagonalization of endomorphisms" in the engineer's formation in the plans of study E

Juan Carlos Suárez López<sup>1</sup>, Elena Fraga Guerra<sup>2</sup>, Madelín Cordovés Acosta<sup>3</sup>, Daymel Izquierdo Lezcano<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Centro de Estudios de Matemática para la Ingeniería y las Ciencias, CEMAT-CUJAE Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría"  
Correo electrónico: jc@ceamat.cujae.edu.cu

<sup>2</sup>Asesor Técnico Docente del Ministerio de Educación Superior, Ministerio de Educación Superior. Correo electrónico: efraga@mes.gob.cu

<sup>3</sup> Centro de Estudios de Matemática para la Ingeniería y las Ciencias, CEMAT-CUJAE. Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría".  
Correo electrónico: mcordoves@ceamat.cujae.edu.cu

<sup>4</sup> Centro de Estudios de Matemática para la Ingeniería y las Ciencias, CEMAT-CUJAE. Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría"  
Correo electrónico: dizquierdo@ceamat.cujae.edu.cu

Recibido: 5 de mayo de 2019

Aceptado: 28 de agosto de 2019

## Resumen

En nuestro país la Reforma Universitaria de 1962 sentó las pautas para las transformaciones en la enseñanza universitaria, aportando el concepto de perfeccionamiento continuo de los planes de estudio con la finalidad de satisfacer las demandas del desarrollo socioeconómico en cada momento y valorando las tendencias internacionales que resultaran pertinentes en la formación de nuestros profesionales. Desde 1977 hasta la fecha se han aplicado cuatro generaciones de planes de estudio, manteniendo el modelo

de universidad moderna, humanista, universalizada, científica, tecnológica, innovadora y profundamente comprometida con nuestro modelo socialista. En la actualidad, la educación superior cubana se encuentra inmersa en el diseño e implementación de una nueva generación de planes de estudio, denominada Planes de Estudio E, donde se prioriza la formación de profesionales de perfil amplio, preparados para asumir una formación continua con mayor protagonismo y autonomía durante los estudios universitarios. En esta nueva generación de planes de estudio, el diseño curricular de la disciplina Matemática Superior para las carreras de ingeniería ha tenido un proceso de perfeccionamiento con modificaciones sustanciales, que imponen al claustro universitario retos en la enseñanza de esta ciencia en un nuevo contexto. El presente trabajo es el resultado de la experiencia profesional y del análisis de los autores, en el que se reflexiona acerca de las particularidades de la enseñanza del tema "Aplicaciones lineales y Diagonalización" en los nuevos planes de estudio E para las carreras de ingeniería y se dan propuestas con vistas a lograr un mejor aprovechamiento y una mayor motivación de los estudiantes.

Palabras clave: plan de estudio, aplicaciones lineales, perfeccionamiento, diagonalización de endomorfismos.

#### Abstract

In our country the University Reformation of 1962 sat down the rules for the transformations in university teaching, contributing the concept of continuous improvement of the study plans with the purpose of satisfying the demands of the socioeconomic development in every moment and valuing the international tendencies that were pertinent in the formation of our professionals. Since 1977 four generations of study plans have been applied so far, maintaining the pattern of modern, humanist, universalized, scientific, technological, innovative and deeply committed university with our socialist model. At the present time, the superior Cuban education is immerse in the design and implementation of a new generation of study plans, denominated

Plans of Study E, where the formation of professionals of wide profile is prioritized, preparations to assume a continuous formation with bigger protagonist and autonomy during the university studies. In this new generation of study plans, the curricular design of the Mathematical Superior discipline for the engineering careers has been a process of improvement with substantial modifications that impose to the cloister university challenges in the teaching of this science in a new context. The present work shop is the result of the professional expertise and of the analysis of the authors, in which one meditates about the particularities of the teaching of the topic lineal "Applications and Diagonalization" in the new study plans E for the engineering careers and they occur proposals with a view to achieving a better use and a bigger motivation of the students.

Keywords: study plan, linear applications, improvement, diagonalization of endomorphisms.

Licencia Creative Common



## Introducción

La experiencia de más de 7 años de aplicación de los planes de estudio "D" revela que se ha logrado un incremento en la calidad del proceso docente educativo, sin embargo, se han detectado una serie de aspectos en el diseño y ejecución de esta generación de planes de estudio que no están en correspondencia con la realidad actual de nuestro país y del entorno mundial[1].

Hoy día se impone la necesidad de lograr un profesional de perfil amplio, preparado para que sea capaz de superarse continuamente durante toda la vida y que dé respuesta a las demandas de la sociedad y a las transformaciones que tienen lugar en la economía, con un alto sentido de compromiso y competencia profesional.

La sociedad actual como nunca antes enfrenta los retos que impone el desarrollo científico-técnico, el cual experimenta un ritmo de crecimiento sin precedente. Esta problemática trasciende a la escuela, la que tiene entre sus objetivos preparar a las nuevas generaciones en una cultura informática para que sean capaces de enfrentar los nuevos desafíos que el contexto histórico-social ha condicionado. La Matemática asistida por computadora es una necesidad en las condiciones actuales para lograr la formación integral de la personalidad de los educandos y es una pretensión de los programas actuales del nivel universitario.

Lo anterior condujo a la necesidad de diseñar una nueva generación de planes de estudio de las carreras universitarias en el país, denominada Plan de estudio "E", que se concibe de manera tal que se lograr.

- ✓ El perfeccionamiento del modelo de formación de perfil amplio.
- ✓ Una mayor articulación del pregrado y el posgrado.

Consideraciones para la enseñanza del tema “aplicaciones lineales y la diagonalización de endomorfismos” en la formación del ingeniero en los planes de estudio E

---

- ✓ Una efectiva flexibilidad curricular.
- ✓ Un mayor grado de racionalidad en el diseño de los planes de estudio.
- ✓ Un mayor nivel de esencialidad en los contenidos de las disciplinas.
- ✓ La integración adecuada entre las actividades académicas, laborales e investigativas.
- ✓ El protagonismo del estudiante en su proceso de formación.
- ✓ Potenciar el tiempo de autopreparación del estudiante.
- ✓ Transformaciones cualitativas en el proceso de formación como consecuencia de un amplio y generalizado empleo de las TIC.
- ✓
- ✓ El fortalecimiento de los vínculos de las universidades con los organismos empleadores y todas las instancias que sean fuentes de empleo.

De aquí que los diseños curriculares de todas las carreras del país han tenido cambios al ajustarse a las concepciones inherentes al diseño de esta nueva generación de planes de estudio, ello implica que se han tenido que diseñar nuevas disciplinas, asignaturas, estrategias curriculares y la forma en que son asumidas durante el proceso docente educativo en correspondencia con las exigencias actuales.

#### Desarrollo

En la formación de los ingenieros la matemática juega un papel primordial al contribuir a que los futuros egresados de estas ramas adquieran una concepción científica del mundo, y a su vez, al desarrollo del pensamiento lógico y algorítmico aportando los fundamentos básicos de contenidos propios del ejercicio de la profesión. Lo anterior se justifica pues todo ingeniero considera las representaciones técnicas y científicas en términos matemáticos, reflejando los rasgos cuantitativos y cualitativos de los fenómenos que estudia.

Juan Carlos Suárez López, Elena Fraga Guerra, Madelín Cordovés Acosta,  
Daymel Izquierdo  
Lezcano

---

La disciplina Matemática Superior aporta al futuro ingeniero los conocimientos necesarios para su formación académica y las herramientas de trabajo que le permiten identificar, interpretar y analizar modelos matemáticos en procesos técnicos, económicos, productivos y científicos vinculados al ejercicio de la profesión, así como resolver los problemas haciendo uso eficiente de las técnicas modernas de cómputo e identificando rasgos cuantitativos y cualitativos de los fenómenos que estudia.

En los Planes de Estudio para las carreras de Ingeniería, a lo largo de todos estos años se ha concebido el proceso docente educativo de forma que los componentes académico, laboral e investigativo jueguen un papel importante en la concepción y aplicación de los planes de estudio. En los planes de estudio A (1977) y B (1982) la enseñanza-aprendizaje de la matemática se caracterizó por la preocupación en el cumplimiento de los objetivos de las clases y aparece un aumento significativo en la cantidad de horas asignadas a las asignaturas de matemática, divididas en Conferencias y Clases Prácticas, lo cual favoreció el desarrollo de habilidades matemáticas pero, se seguía dando la matemática por igual a todas las ingenierías sin distinguir unas de otras [1].

Desde el curso académico 1990 - 1991 se aplicaron los planes de estudio C, los cuales se elaboraron con la concepción de diseño disciplinar, por lo que a partir de este momento cada carrera de Ingeniería contaría con su diseño curricular acorde con su perfil profesional, en lo adelante la disciplina integradora para cada carrera constituirá un eje conductor en el que desarrollan los componentes académico, laboral e investigativo.

En la revisión de los planes de estudio de algunas carreras de ingeniería con la instauración del Plan C en la Universidad Tecnológica de la Habana, referidos a la disciplina de Matemática, y muy en particular a la forma en que se han abordado los contenidos de la asignatura de Álgebra Lineal y Geometría Analítica, encontramos que la Educación Matemática ha pasado

por algunas transformaciones propias del vertiginoso desarrollo de la tecnología y la necesidad de formar un ingeniero capaz de adaptarse a los avances actuales y resolver sus problemas profesionales.

Algunas insuficiencias del Plan C anterior quedan resueltas en este momento:

- La aparición del objeto de estudio de la Disciplina Matemática dentro de cada Ingeniería.
- Se reconoce el problema que pretende resolver la disciplina o el fin a lograr al dotar al futuro ingeniero de estos conocimientos matemáticos.
- Se declara como objetivo instructivo la propuesta "...aplicar modelos matemáticos a la solución de problemas matemáticos y del ejercicio de la profesión de bajo nivel de complejidad".
- Se establece una correspondencia entre el contenido y el sistema de habilidades a lograr.
- Se da una bibliografía básica y complementaria para garantizar el buen desarrollo de la asignatura.

No obstante se encontraron algunas insuficiencias y en aras de resolver algunos de estos problemas, se implementa el Plan C' (2002) que para algunas de las carreras de Ingeniería adopta la concepción de denominar las asignaturas de la Disciplina Matemática de acuerdo al objeto a estudiar y se define entonces una estructura en la que aparecen las asignaturas: Álgebra Lineal y Geometría Analítica, Cálculo Diferencial y Cálculo Integral entre otras. En este nuevo plan se incorpora la modalidad semipresencial en la enseñanza superior cubana, caracterizándose básicamente por el papel activo del estudiante en su aprendizaje[7].

En correspondencia con el perfeccionamiento continuo de la formación de los profesionales y la incorporación de la modalidad semipresencial, comienza en el curso (2007-2008) el Plan D que muestra una serie de

transformaciones importantes. Dentro de sus objetivos comienza a tener mayor significación la

---

Referencia Pedagógica. Año 2019, Vol.7, No.2. julio-diciembre pp.378-391, ISSN: 2308-3042

Juan Carlos Suárez López, Elena Fraga Guerra, Madelín Cordovés Acosta,  
Daymel Izquierdo  
Lezcano

---

idea de "formar un profesional competente" en su desempeño, un profesional con conocimientos, hábitos, habilidades, motivos, valores, sentimientos que de forma integrada regulen su actuación en la búsqueda de soluciones a los problemas profesionales [7].

Hasta ese momento los temas Aplicaciones Lineales y Diagonalización se mantenían dentro de la asignatura Algebra Lineal y Geometría Analítica atendiendo una propuesta de estructuración sistémica del tipo genética, desarrollada por la Dra. Herminia Hernández para el Álgebra Lineal, donde los contenidos todos giran alrededor del concepto de Combinación Lineal y que se ha convertido en un modelo clásico para la enseñanza de esta parte de la Matemática en la Ingeniería.

En la Universidad Tecnológica de La Habana (CUJAE) se asume el reto de pasar de 5 asignaturas de la disciplina Matemática Superior en los primeros años de las carreras que tiene concebido el Plan D, a 4 asignaturas de esta disciplina en el Plan E, asumiéndolas además como "tronco común" para todas las carreras que se imparten en esta universidad.

Con el objetivo de implementar el Plan E, que responde a la necesidad de una actualización y puesta a tono internacional de nuestro modelo de enseñanza universitaria, así como a una solicitud de nuestro ministerio a fin de reducir el tiempo de duración de las carreras pero sin perder la calidad del egresado de manera integral, se procede a realizar modificaciones en el plan de estudio de las diferentes carreras. En este proceso se involucran entonces, todas las carreras que se estudian en la Universidad Tecnológica de la Habana y que de hecho, en muchos de los casos, son carreras rectoradas por dicha institución.



La asignatura "Álgebra Lineal y Geometría Analítica" no se impartirá en el Plan E como asignatura independiente, aunque el sistema de contenidos de

Referencia Pedagógica. Año 2019, Vol.7, No.2. julio-diciembre pp.378-391, ISSN: 2308-3042

Consideraciones para la enseñanza del tema "aplicaciones lineales y la diagonalización de endomorfismos" en la formación del ingeniero en los planes de estudio E

la misma se insertará de forma armónica y coherente en el resto de las asignaturas que integrarán la disciplina en la nueva propuesta.

En particular, los temas "Aplicaciones Lineales" y "Diagonalización", que en el Plan D se impartían como cierre en la asignatura Álgebra Lineal y Geometría Analítica por el hecho de integrar y sistematizar los contenidos precedentes de la propia asignatura, ahora en la propuesta del Plan E se inserta dentro de la Matemática III. En la siguiente tabla se muestra el comportamiento de lo anterior se ilustra en las tablas 1 y 2.

Tabla No.1: Comparación en cuanto a temas de las asignaturas y sus correspondientes horas en el Plan D y en el Plan E

Plan D		Plan E	
Álgebra Lineal 1er semestre – 1er año		Matemática III 1er semestre – 2do año	
Elementos de Geometría Analítica	12	Series Numéricas y Series de Funciones	34
SEL y Matrices	16	Ecuaciones diferenciales Ordinarias de primer orden	30
Espacios vectoriales.	16	Aplicaciones lineales	8
		Ecuaciones Diferenciales ordinarias de orden superior	
Aplicaciones lineales y diagonalización de Endomorfismos	20	Diagonalización de Endomorfismos y Sistemas de ecuaciones Diferenciales	8
		Ecuaciones Diferenciales Derivadas Parciales	

Tabla No.2: Comparación en cuanto a objetivos, contenidos y habilidades en el Plan D y en el Plan E

Plan D	Plan E
<p>Tema 4: Aplicaciones Lineales y Diagonalización.</p> <p>Objetivos:</p> <p>1. Aplicar los conceptos de aplicación lineal y sus propiedades como modelos de relaciones funcionales entre espacios vectoriales de la más disímil naturaleza, con énfasis en los</p>	<p>Tema 1: Aplicaciones Lineales y Diagonalización.</p> <p>Objetivos:</p> <p>1. Aplicar los conceptos y procedimientos que permiten obtener una matriz asociada a una aplicación lineal y obtener el núcleo de la</p>

<p>endomorfismos u operadores lineales, quienes representan las transformaciones lineales de un espacio en sí mismo, tipificando en particular a las transformaciones geométricas del plano y del espacio.</p> <p>2. Relacionar el lenguaje y la representación numérica de las matrices con el lenguaje y la representación simbólica de las aplicaciones y los endomorfismos como representaciones diferentes de una misma relación, las analogías de sus resultados y propiedades y la conveniencia de aplicar uno u otro lenguaje de acuerdo a las circunstancias, en particular para hallar la representación matricial óptima (matriz diagonal) asociada a un endomorfismo.</p>	<p>aplicación lineal.</p> <p>2. Aplicar los conceptos y procedimientos que permiten calcular los valores propios y los vectores propios asociados a una matriz y clasificarla como digonalizable o no diagonalizable.</p>
<p>Sistema de conocimientos:</p> <p>Aplicaciones lineales, matriz asociada a una aplicación lineal, concepto de equivalencia de matrices. Núcleo y nulidad de una aplicación lineal. Imagen y rango de una aplicación lineal. Teorema del rango. Valores y vectores propios de un endomorfismo (matriz cuadrada). Subespacio propio asociado a un valor propio. Polinomio y ecuación característicos. Multiplicidad algebraica y multiplicidad geométrica de un valor propio y sus relaciones. Base de vectores propios. Diagonalización de endomorfismos (matrices). Matrices simétricas y la diagonalización ortogonal. Matriz ortogonal.</p>	<p>Sistema de conocimientos:</p> <p>Transformaciones lineales. Matriz asociada a una transformación lineal. Núcleo. Teorema de las dimensiones. Valor y vector propio. Subespacio vectorial propio. Base propia. Polinomio característico. Diagonalización de una matriz.</p>
<p>Sistema de habilidades</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Determinar si una aplicación dada es lineal o no.</li> <li>2. Representar matricialmente una aplicación lineal.</li> <li>3. Interpretar la relación entre las operaciones con las aplicaciones lineales y las operaciones con las matrices asociadas.</li> <li>4. Hallar la imagen de un vector por una aplicación lineal conocidas: la ley de correspondencia, una matriz asociada y las bases correspondientes o las imágenes de una base del espacio de partida.</li> <li>5. Obtener el núcleo y la nulidad de una aplicación lineal.</li> <li>6. Obtener el subespacio Imagen y el rango de una aplicación lineal.</li> <li>7. Determinar si una aplicación lineal es inyectiva o no, sobreyectiva o no y biyectiva o no e identificar las aplicaciones lineales biyectivas como isomorfismos entre los espacios vectoriales relacionados.</li> <li>8. Determinar los valores y los vectores propios de una matriz (endomorfismo).</li> <li>9. Determinar si un endomorfismo (matriz) es diagonalizable, y en caso de serlo obtener la matriz diagonal asociada y la base a la que está referida.</li> </ol>	<p>Sistema de habilidades</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Obtener el núcleo de una aplicación lineal.</li> <li>2. Obtener una matriz asociada a una aplicación lineal.</li> <li>3. Hallar los valores y vectores propios de una matriz.</li> <li>4. Determinar si una matriz es diagonalizable.</li> <li>5. Diagonalizar Matrices.</li> </ol>

Atendiendo a lo reflejado en las tablas anteriores, se observan diferencias significativas en cuanto al tratamiento del tema en estudio; a continuación comentaremos algunas de las diferencias más notorias.

---

Referencia Pedagógica. Año 2019, Vol.7, No.2. julio-diciembre pp.378-391, ISSN: 2308-3042  
Juan Carlos Suárez López, Elena Fraga Guerra, Madelín Cordovés Acosta,  
Daymel Izquierdo Lezcano

---

- ✓ Este tema queda reducido de 20 a 8 horas lectivas.
- ✓ En el Plan D se imparte al final de la asignatura Álgebra Lineal y Geometría Analítica e integra contenidos de la misma, como son: combinación lineal, determinante de una matriz cuadrada, sistemas de ecuaciones lineales, base de un espacio vectorial y de un subespacio vectorial, fundamentalmente; por lo que constituye, sin lugar a duda, un tema de particular relevancia y dificultad. Mientras que en el Plan E se imparte dentro del tema de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias para tributar a la resolución de sistemas de ecuaciones diferenciales utilizando modelos matriciales pero, significativamente alejado de los temas afines en cuanto a precedencia.

Por lo anterior, se hace necesario plantearse retos en la enseñanza de este tema para que el estudiante pueda asimilarlo correctamente, alcanzar los objetivos propuestos y desarrollar las habilidades que se plantean con el estudio del mismo. A continuación se relacionan algunas cuestiones que a juicio de los autores deben ser atendidos:

1 – Elaborar materiales didácticos que le permitan a los estudiantes reactivar de forma independiente, los contenidos necesarios para poder enfrentar el estudio del tema como son: combinación lineal, determinante de una matriz cuadrada, sistemas de ecuaciones lineales, base de un espacio vectorial y de un subespacio vectorial

2 – Mayor uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones, en aras de potenciar la motivación y la autonomía del estudiante.

3 – Vínculo del tema con contenidos propios de la asignatura Matemática III, en este caso el trabajo con la diagonalización de endomorfismo es una

herramienta para la resolución de sistemas de ecuaciones diferenciales a través del método de valores propios.

4 – Vínculo del tema con contenidos relacionados con el perfil profesional.

---

Referencia Pedagógica. Año 2019, Vol.7, No.2. julio-diciembre pp.378-391, ISSN: 2308-3042

Consideraciones para la enseñanza del tema “ aplicaciones lineales y la diagonalización de endomorfismos” en la formación del ingeniero en los planes de estudio E

---

5 – Fortalecer el trabajo metodológico en el colectivo de profesores de la asignatura Matemática III.

6 – Jerarquizar la labor estratégica del colectivo de asignatura y su articulación con el eslabón de base como vía fundamental para materializar el proyecto curricular que se está implementando.

7 – Como resultado de la consulta de varios textos referenciados en [2], [3], [4], [5] y [6], se propone realizar ejercicios tales como:

- Obtener la matriz asociada a una aplicación lineal con espacios vectoriales diferentes referidas a bases de dichos espacios y clasificar totalmente la aplicación.
- Demostraciones sencillas que relacionen los contenidos de aplicaciones lineales y diagonalización de endomorfismos.
- Obtener la imagen de un vector a partir de las imágenes de una base de del espacio de partida.
- Calcular rango o imagen de una aplicación lineal (endomorfismo o no) y clasificar dicha aplicación utilizando el teorema del rango.
- Dada la matriz asociada a la aplicación, obtener la ley de correspondencia de dicha aplicación.
- Dada la matriz asociada a un endomorfismo, determinar si el endomorfismo es diagonalizable.
- Dado un endomorfismo y sus subespacios propios determinar si es diagonalizable.
- Resolver sistemas de ecuaciones diferenciales a través del método de los valores propios.

- De modo sencillo, promuevan el uso de asistentes matemáticos como: Excel, Derive y Matlab.

---

Referencia Pedagógica. Año 2019, Vol.7, No.2. julio-diciembre pp.378-391, ISSN: 2308-3042

Juan Carlos Suárez López, Elena Fraga Guerra, Madelín Cordovés Acosta,  
Daymel Izquierdo  
Lezcano

---

### Conclusiones

La enseñanza del tema Aplicaciones Lineales y Diagonalización en este nuevo contexto impone a los docentes retos, para que contribuyan a que el estudiante de ingeniería desarrolle un pensamiento productivo, creador y científico.

Es vital que los profesores presten atención a los contenidos declarados en el programa de la asignatura y muy especialmente a los objetivos que se persiguen y a las habilidades para el estudio que se pretende desarrollar.

Se sugiere dar seguimiento a los resultados académicos de los estudiantes en el estudio de este contenido para así realizar nuevas propuestas en función del mejoramiento continuo del proceso de enseñanza.

### Referencias bibliográficas

1. Ministerio de Educación Superior. Documento Base para el Diseño de los Planes de Estudio E. La Habana: MES; 2017.
2. Tejero L, Romera CC, Díaz, AH. Álgebra Lineal Básica. Madrid: Sanz y Torres; 2002. 244p.
3. Saunders ML, Garret B. Álgebra. 3 ed, New York: McGraw-Hill; 1968.
4. Grossman S, Flores JJ. Álgebra Lineal. 7 ed, DF: México: McGraw-Hill; 2012. 764p. ISBN 9786071507600
5. Halmos PR. Espacios Vectoriales de Dimensión Finita. 1ed, Chicago: Continental; 1948. 205p
6. Fraga E, Rubí JR. Complementos de Geometría Analítica y Álgebra Lineal. Material de estudio. La Habana: CEMAT. Cujae; 2008.

7. Cordovés M. Variante de Estructuración Didáctica de los temas Álgebra Lineal y Geometría Analítica desde la enseñanza basada en problemas (Tesis de Maestría). La Habana: ISP Enrique José Varona; 2003.

---

Referencia Pedagógica. Año 2019, Vol.7, No.2. julio-diciembre pp.378-391, ISSN: 2308-3042

Consideraciones para la enseñanza del tema "aplicaciones lineales y la diagonalización de endomorfismos" en la formación del ingeniero en los planes de estudio E

---

#### Autores

Juan Carlos Suárez López: Instructor, Licenciado en Educación en Especialidad Ciencias Exactas. Centro de Estudios de Matemática para la Ingeniería y las Ciencias, CEMAT-CUJAE. Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría, Cujae, Cuba

Elena Fraga Guerra: Máster en Matemática Avanzada para Ingeniería. Asesor Técnico Docente del Ministerio de Educación Superior, Profesora Auxiliar, La Habana, Cuba

Madelín Cordovés Acosta: Máster en Ciencias en Didáctica de la Matemática. Asistente del Centro de Estudios de Matemática para la Ingeniería y las Ciencias, CEMAT-CUJAE. Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría". Cujae, Cuba

Daymel Izquierdo Lezcano: Licenciado en Matemática. Instructor del Centro de Estudios de Matemática para la Ingeniería y las Ciencias, CEMAT-CUJAE. Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría", Cujae, Cuba



---

[www.rrp.cujae.edu.cu](http://www.rrp.cujae.edu.cu)