

EL CARÁCTER SIGNIFICATIVO, PROBLÉMICO, SISTÉMICO E INVESTIGATIVO DEL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL ÁLGEBRA LINEAL

Autores:

- Reinaldo Meléndez Ruiz. Doctor en Ciencias Pedagógicas. Profesor Titular. Universidad de Pinar del Río, Cuba. reinaldo.melendez1972@gmail.com
- Meivys Páez Paredes. Doctor en Ciencias Pedagógicas. Profesor Titular. Universidad de Pinar del Río, Cuba.
- Ernestina Clemencia Coello León. Doctor en Ciencias pedagógicas. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador.

Resumen

La investigación realizada aborda como esencia las características que asume el proceso de enseñanza-aprendizaje del Álgebra Lineal en las carreras universitarias, atendiendo a las relaciones propias del proceso en función de los componentes didácticos y de las interacciones que se producen entre los diferentes sujetos que en él participan. Tomando como punto de partida en desarrollo de tareas docente-profesionales desde una tutoría cognoscitiva donde el docente como experto conduce al estudiante a la resolución de problemas desde un enfoque real, es decir, a partir de la contextualización del contenido, a la vez que hace visible las estrategias de enseñanza y aprendizaje que permiten que el estudiante logre el objetivo planteado. Todo lo anterior conduce al docente a encontrar nuevas formas de enseñar, de pensar, de transferir el objeto de la ciencia asociado al objeto de la profesión, que le permita al estudiante estar de manera constante en un proceso de cuestionamiento sobre lo que sabe y para qué lo necesita y tome el control de su propio aprendizaje. En el proceso investigativo se utilizó el enfoque investigativo integral, que tiene como base metodológica el método dialéctico-materialista, donde se combinaron análisis cuantitativos y cualitativos. Se emplearon los métodos del nivel teórico: el análisis histórico-lógico, el sistémico, la modelación; del nivel empírico: entrevistas, cuestionarios y el análisis documental. Se empleó la estadística descriptiva e inferencial para interpretar los datos antes y después de aplicada la estrategia.

Introducción

El reto que hoy se le plantea a las instituciones de Educación Superior, está en función de lograr el desarrollo ilimitado del intelecto humano, de sus capacidades creadoras vinculadas a perfiles profesionales claves para el desarrollo de la ciencia y la técnica y de una nueva sociedad que se construye en el marco del siglo XXI, por lo que necesita ser hoy más que nunca sustentada en las ciencias pedagógicas, en tanto estas tienen como objeto de estudio el hecho educativo y permiten explicar las relaciones, dimensiones y componentes que en su interior se desarrollan.

En consonancia con lo anterior, la enseñanza del Álgebra Lineal, como asignatura básica en los currículos de las carreras de ingeniería, tiene la tarea de contribuir a la preparación de los futuros ingenieros para la vida laboral, económica y social, de manera que dispongan de sólidos conocimientos matemáticos que les permitan interpretar los avances de la ciencia y la técnica; que sean capaces de operar con ellos con rapidez, rigor y exactitud de modo consciente y puedan aplicarlos de manera creadora a la solución de los problemas en las diferentes esferas de la vida profesional.

Al respecto Dujet (2007) plantea:

...el ingeniero no es ni un sabio ni tampoco un inventor; es un hombre de proyectos y debe llevar a cabo sus proyectos con la mayor eficacia y los mejores resultados posibles, todo esto dentro de un contexto socioeconómico determinado. Para realizarlos, utilizará y pondrá en práctica sus conocimientos y competencias científicas y tecnológicas, desarrollados en base a los saberes (saber, saber hacer y saber ser) adquiridos durante su formación como ingeniero, incluyendo la indispensable enseñanza de las matemáticas (p. 4).

En estudios realizados en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo-Ecuador y la Universidad de Pinar del Río en la gestión del proceso de enseñanza-aprendizaje del Álgebra Lineal (PEAAL), se pudieron identificar las manifestaciones siguientes:

- Los estudiantes no reconocen las relaciones del Álgebra Lineal con otras unidades de aprendizaje.
- Los estudiantes consideran que la unidad de aprendizaje Álgebra Lineal no les genera motivación y la consideran compleja, abstracta y desvinculada de su futura actividad profesional.
- Los docentes al concebir las actividades de enseñanza y las de aprendizaje a desarrollar por los estudiantes, no tienen en consideración las competencias profesionales del ingeniero en formación, ni los problemas profesionales.
- El proceso de enseñanza-aprendizaje del Álgebra Lineal se desarrolla de manera asistémica y descontextualizado de los problemas profesionales.
- No siempre está preciso cuál es el papel del Álgebra Lineal y cuáles son sus funciones formativas en correspondencia con el plan de estudio de la Ingeniería Agroindustrial.

En correspondencia a lo abordado anteriormente se necesita perfeccionar el PEAAL en las carreras de Ingenierías en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo-Ecuador y la Universidad de Pinar del Río. Para dar solución al

problema planteado, en la presente ponencia se sintetiza una concepción didáctica que contribuye al perfeccionamiento del PEAAL en las carreras de Ingenierías.

Para la investigación fueron concebidos, aplicados e interpretados los métodos y técnicas de investigación. En el nivel teórico se emplearon los métodos: analítico-sintético e inductivo-deductivo para el procesamiento de la información, la interpretación de los resultados y elaboración de las conclusiones sobre los fundamentos que posibilitan comprender el PEAAL en las carreras de Ingenierías, así como la modelación y el sistémico-estructural para lograr una coherencia metodológica entre los componentes de la concepción didáctica.

Se emplearon métodos y técnicas del nivel empírico para constatar la realidad del proceso objeto de investigación; entre ellos se destacan: la observación, la entrevista, la encuesta, el análisis documental, pruebas pedagógicas, el Diagrama de Ishikawa y la Matriz DAFO.

I.1 El proceso de enseñanza – aprendizaje del Álgebra Lineal

El PEA del Álgebra Lineal en su camino hacia una enseñanza centrada en el sujeto que aprende se produjo poco antes de la década de los 70, una revolución como producto de dos corrientes: el desarrollo de la teoría de conjuntos y las investigaciones psicogenéticas de Jean Piaget. El desarrollo de la teoría de conjuntos más conocido como “*Matemática moderna*”, se llevó adelante sin tener en cuenta los contenidos que hasta ese momento se venían desarrollando (aritmética y geometría) sino que estos fueron incorporados como un elemento anterior sin conexión con el resto.

La etapa estuvo marcada por el desarrollo de conferencias internacionales donde matemáticos y profesores encargados de enseñar matemáticas intercambiaron criterios sobre hacia dónde se debían dirigir los métodos y procedimientos del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Matemática.

Sin embargo a pesar de los acuerdos logrados en dichas conferencias, las reformas efectuadas no se materializaron en buenos aprendizajes, el paradigma de Universalidad, de predominio en las estructuras algebraicas y del formalismo en la enseñanza de la Matemática, junto a la forma de ponderación de unos saberes matemáticos sobre otros, tuvo en la práctica, consecuencias no deseables, como por ejemplo (Falsetti, et al 2007):

1. Una excesiva insistencia en la manipulación simbólica y en el lenguaje lógico en detrimento de ideas y de formas de pensamiento creativo.
2. Reiteración de ciertos contenidos sin complejizarlos según el nivel escolar (por ejemplo: operaciones con conjuntos, producto cartesiano, relaciones, etc. vistos de la misma manera en distintos niveles de escolaridad)
3. La ponderación del aspecto formal de un concepto por sobre el operativo (por ejemplo el concepto de función dado por relaciones entre conjuntos en lugar de dado por correspondencia entre variables, la manipulación algebraica de cálculo con logaritmos haciendo uso de sus propiedades, la presentación de números complejos como par ordenados de números reales con ciertas operaciones que extienden la estructura de cuerpo de

los reales sin estudiar suficientemente el papel de los números complejos como raíces de polinomios de coeficientes reales).

4. La pérdida de lo intuitivo, de la exploración racional del espacio físico y el consecuente empobrecimiento del estudio de la geometría.

A partir de la década de 1990, comienza a estudiarse el PEAal de manera sistemática. Se pueden distinguir dos grandes corrientes en esos comienzos. Por un lado, el movimiento de reforma curricular que se inició en los Estados Unidos motorizado por el Linear Algebra Curriculum Group (Grupo del Currículo en Álgebra Lineal) conformado por David Carlson, Charles R. Johnson, David C. Lay y A. Duane Porter, que recomendaron apartarse de la abstracción y acercarse a un curso más concreto, basado en matrices (Carlson, Johnson, Lay y Duane, 1997) por el otro lado, se encuentra las investigaciones iniciadas por un grupo de franceses integrado por Jean Luc Dorier, Aline Robert, Jacqueline Robinet, Marc Rogalski, Michele Artigue, Marlene Alves Dias, Ghislaine Chartier, un grupo canadiense con Anna Sierpinska y Joel Hillel y un grupo norteamericano liderado por Guershon Harel.

Estos dos movimientos no agotan todo lo que se ha hecho en el PEAAL. Más recientemente, se inicia la investigación en didáctica del Álgebra Lineal dentro de la línea de investigación del denominado pensamiento matemático avanzado, la cual fue fundada por Dubinsky (1997, pp. 85-105).

La tendencia actual del PEAAL propiciada desde las investigaciones desarrolladas “es la de vincular el conocimiento del individuo que aprende con el conocimiento matemático, viendo a este último no como un saber acabado y específico con incumbencias en campos técnicos y profesionales, sino también como un saber cultural con características especiales necesario para desarrollar habilidades y capacidades humanas para mejorar la relación del sujeto con su medio a través del poder interpretativo y representacional que el PEA de la Matemática le brinda” (Falsetti, et al 2007)

La enseñanza del álgebra lineal es universalmente reconocida como difícil (Dorier, 2002) cualquiera sea la orientación que se dé a la materia (matricial, axiomática, geométrica, computacional) debido a las dificultades conceptuales y al tipo de pensamiento requerido para la comprensión de la asignatura. Dorier en su investigación muestra la necesidad de los estudiantes de involucrarse a lo largo de su trabajo matemático en un análisis reflexivo de los objetos, para entender los aspectos unificadores y generalizadores de los conceptos de álgebra lineal.

Producto del análisis histórico, Dorier (1991) identifica cuatro etapas generales en el desarrollo de los conceptos elementales del Álgebra Lineal, las cuales son:

1. Los nexos entre el estudio de los sistemas lineales y la emergencia de los primeros conceptos (combinación lineal, dependencia e independencia lineal, generadores, rango, dimensión, etc.)
2. La génesis de los conceptos de rango y dimensión que son en efecto aspectos de un mismo concepto que parece ser fundamental en el campo del Álgebra Lineal elemental.

3. La evolución gradual desde unos resultados dispersos hasta una teoría unificada.
4. La aparición de los primeros enfoques axiomáticos y de su predominio tardío (Dorier, 1991, pp. 325-364).

I.2 El proceso de enseñanza – aprendizaje del Álgebra Lineal en las carreras de Ingenierías

El PEAAL en las carreras de Ingenierías contribuye al desarrollo del pensamiento lógico y algorítmico y aporta los fundamentos básicos de un especialista de estas ciencias, dado que todo ingeniero considera representaciones técnicas y científicas en términos matemáticos, con los cuales refleja los rasgos cuantitativos y cualitativos de los fenómenos que estudia.

En relación con estas ideas, Carlson (1997) precisa cuatro recomendaciones para el PEAAL:

- La práctica enfocada es importante para el aprendizaje.
- El temor impide el aprendizaje, pero el aprendizaje puede vencer al temor.
- La práctica requiere de motivación, y el éxito y el estímulo parcial son buenos motivadores.
- La elegancia en la presentación del profesor no necesariamente ayuda a estudiante a aprender.

Desde esta perspectiva, se define el PEAAL de la carreras de Ingenierías como una secuencia sistémica de acciones desarrolladoras y conscientemente coordinadas mediante la interacción de la enseñanza y el aprendizaje para la apropiación activa, creadora, reflexiva, significativa y motivada de las estructuras que forman espacios vectoriales, que se da en estrecho vínculo con las asignaturas del currículo profesional, y que le permite al futuro profesional integrarlo al contexto industrial para interpretarlo, argumentarlo y resolver problemas de la profesión.

I.3 Principios de la concepción didáctica del PEAAL en las carreras de Ingenierías

Teniendo en cuenta los fundamentos asumidos y derivado de las necesidades objetivas que caracterizan el proceso objeto de investigación, se impone la presencia de principios que lo orienten, reflejando de manera general la dialéctica de las relaciones que lo explican.

- **Principio de la profesionalización**, presupone el necesario redimensionamiento de los problemas profesionales en el PEAAL, desde las distintas áreas y asignaturas encaminadas al logro de las competencias profesionales que determinan la formación del Ingeniero y que le permiten a docentes y estudiante tener una visión holística del perfil profesional.

La realización de este principio en el PEAAL reconoce:

- ✓ La unidad en la concepción didáctica de los componentes didácticos del Álgebra Lineal y el modelo del profesional.
- ✓ Considerar un núcleo estructural del contenido que encierra: la vivenciación-socialización de situaciones, la formulación de problemas, la determinación de modelos de interpretación y solución de problemas y la contextualización en el PEA, a través de la clase y otras formas de organización de este proceso.
- ✓ La diferenciación de tareas, en correspondencia con las competencias profesionales y los problemas profesionales a resolver.
- **Principio de la contextualización:** El sistema de influencias contextuales que influyen en PEAAL para las carreras de Ingenierías, está caracterizado por la esencia propia de la profesión, las competencias específicas y generales, así como por el estado donde se encuentra la universidad y por consiguiente la carrera que se analiza, lo que hace complejo el desarrollo del proceso. En él influyen diversos factores externos e internos que están presentes en el contexto social y cultural, como fenómeno multifactorial.

La diversidad de situaciones a las que están expuestos, pueden devenir influencias positivas y negativas en el desarrollo del PEA, por lo que se requiere un mayor fundamento didáctico en la formación del futuro ingeniero agroindustrial, para que movilicen sus potencialidades y superen las limitaciones, lo cual refuerza la necesidad de una autovaloración sistemática del contexto.

- **Principio del nexo indisoluble entre la teoría y la práctica:** (dialéctica de las relaciones y contradicciones internas del proceso). Revela aspectos esenciales y explica las relaciones que se establecen en el PEA del Álgebra Lineal, entre:
 - ✓ Los problemas de la profesión y las competencias del Álgebra Lineal.
 - ✓ Los contenidos y el contexto de trabajo.
 - ✓ Los componentes didácticos del proceso, específicamente la relación método, medio y forma.
 - ✓ El papel directivo de profesor, el rol activo del estudiante.

Estos principios anteriormente descritos, se constituyen como sistema en tanto se interrelacionan y complementan con el fin de convertirse en brújula orientadora del PEAAL en las carreras de Ingenierías, por lo que permiten exponer las ideas rectoras de la concepción didáctica.

I.4 Ideas rectoras de la concepción didáctica del PEAAL en las carreras de Ingenierías

Idea 1: El PEAAL adquiere un carácter significativo, problémico, sistémico e investigativo en función de la relación que se establece entre competencias y problemas profesionales en el modelo del profesional del Ingeniero:

El PEAAAL en las carreras de Ingenierías se enmarca en un currículo que debe dar respuesta a la realidad económica e industria de la sociedad, a partir de la apropiación del sujeto de competencias generales y específicas desde los problemas profesionales caracterizados en el proyecto curricular, que le permita al futuro profesional integrarlo al contexto industrial para interpretarlo, argumentarlo y resolver problemas de la profesión.

Coherentemente con las competencias, se identifican rasgos, que a juicio de los autores, caracterizan la naturaleza del PEAAAL:

- **Carácter significativo** en tanto existe una implicación personal de docentes y estudiantes con el contenido del Álgebra Lineal y los avances científicos más actuales, mediante el vínculo directo y sistemático con la realidad social de la comunidad. Significatividad que se expresa además en la motivación del estudiante por el contenido que le presenta el docente, buscando las relaciones con lo que ya sabe anteriormente, destacando su relevancia para el desarrollo de la profesión y brindando una estructura clara para su asimilación.
- Está condicionado problémicamente a partir del planteamiento de situaciones de aprendizaje que se presentan en el contexto real de la agroindustria y que resuelve en la realidad social y profesional como fuente de la formación, como sus elementos dinamizadores, que sustentan y orientan a la actividad profesional, lo que apunta su **carácter problémico**.
- **Carácter sistémico** que se expresa en las relaciones que se dan al interior del PEAAAL y de esta con el resto de las unidades de aprendizaje en cada estructura curricular y de igual forma con el contexto profesional. Destacándose la naturaleza genética y evolutiva en cuanto a la determinación y apropiación de la cultura necesaria desde las invariantes del Álgebra Lineal para la comprensión y transformación de la realidad social sobre la que el estudiante incide con el despliegue de su modo de actuación profesional.
- De igual forma, el **carácter investigativo** del proceso está dado por la relación compleja de la teoría con la práctica, en la cual el estudiante demanda de un pensamiento alternativo que se manifiesta a través de las competencias y sus posibles generalizaciones desde, en, y para la acción lo que concreta en el desarrollo de proyectos.

Idea 2: El carácter significativo, problémico, sistémico e investigativo del PEAAAL dinamiza sus componentes didácticos para las carreras de Ingenierías:

El PEAAAL en las carreras de Ingenierías atendiendo a los elementos que lo caracterizan y a la relación competencias-problemas profesionales, se articula a través de relaciones sistémicas entre los componentes didácticos no personales y personales del proceso. Los primeros conformados, según Álvarez (2007), por el problema o necesidad de aprendizaje, objeto, objetivo, contenido (conocimientos,

habilidades y valores), métodos, medios, formas y evaluación; en tanto los segundos, se definen por la relación docente-estudiante-grupo.

La interacción que se produce entre los actores del PEAL dinamizado por la relación competencia-problemas profesionales lleva al docente al desarrollo de tareas desde una tutoría cognoscitiva donde el docente como experto conduce al estudiante a la resolución de problemas desde un enfoque real, es decir, a partir de la contextualización del contenido, a la vez que hace visible las estrategias de enseñanza y aprendizaje que permiten que el estudiante logre la competencia planteada. Todo lo anterior conduce al docente a encontrar nuevas formas de enseñar, de pensar, de transferir el objeto de la ciencia asociado al objeto de la profesión, que le permita al estudiante estar de manera constante en un proceso de cuestionamiento sobre lo que sabe y para qué lo necesita y tome el control de su propio aprendizaje.

Para el PEAL el **sistema de conocimientos**, está conformado por: matriz, rango de una matriz, operaciones con matrices: adición de matrices, multiplicación por un escalar, multiplicación de matrices, propiedades, inversa de una matriz regular. Sistema de ecuaciones lineales. Método de Gauss-Jordan. Representación matricial de un sistema de ecuaciones lineales. Determinantes. Regla de Cramer. Cálculo de la matriz inversa. Vectores y sus aplicaciones, en forma analítica y gráfica. Algoritmos para las aplicaciones analíticas y gráficamente en R^2 y R^3 .

En el PEAL se propone como sistema de habilidades, derivadas del objetivo, las siguientes:

- Diagnosticar situaciones del contexto profesional que requieran de la utilización de matriz, matriz inversa, sistemas de ecuaciones lineales, transformaciones lineales y vectores.
- Modelar problemas que conducen a: operaciones matriciales, sistemas de ecuaciones, matriz inversa, aplicación del método de reducción de Gauss- Jordan, vectores y sus aplicaciones analítica y gráficamente en R^2 y R^3 .
- Aplicar algoritmos de cálculo de matrices, determinantes y el método de reducción de Gauss- Jordan en la resolución de sistemas de ecuaciones y de matriz inversa, así como los vectores y sus aplicaciones analítica y gráficamente en R^2 y R^3 .

El **sistema de valores y actitudes** se destacan:

- ✓ Responsabilidad: el valor será demostrado en la realización y desarrollo de las tareas y en la participación consciente en todas las actividades planificadas en el proceso.
- ✓ Creatividad: se demuestra durante todo el proceso, en el conjunto de acciones que se desarrollan en cada unidad didáctica y en la actitud innovadora frente a los problemas que se presentan.
- ✓ Cientificidad: se evidencia durante todo el proceso en los argumentos que desde la ciencia matemática, esgrimen los estudiantes para resolver problemas de la profesión.

- ✓ Colaboración: se expresa en la realización consiente de actividades colaborativas que favorezcan el aprendizaje individual y colectivo.

El PEAL debe favorecer la reflexión, el análisis de los significados y formas de representación de los contenidos, el establecimiento de sus relaciones mutuas, la valoración de qué métodos de resolución son adecuados, dando posibilidades para que los estudiantes elaboren y expliquen sus propios procedimientos con la utilización y construcción de representaciones de los objetos matemáticos y con la capacidad de transferir sus conocimientos ante una situación desconocida en el área de la profesión.

Idea 3: El PEAL se concreta en el desarrollo del diagnóstico de problemas, la modelación y algoritmización de la solución de problemas, como tareas docente-profesionales.

En la problematización como punto de partida en el desarrollo de la tarea, se parte de que la formación del profesional en la carrera es un proceso intencionado, que pretende apropiarse al estudiante de competencias para que actúe acorde con una necesidad socialmente reconocida: transformación de materias primas de origen vegetal y animal en productos elaborados e insumos bajo una gestión de procesos con garantía de inocuidad, calidad; de forma competitiva con la creación de cadenas de valor.

Para enriquecer la caracterización del desarrollo de la tarea, se tuvieron en consideración un grupo de antecedentes metodológicos para por la vía genética determinar las invariantes de contenidos del Álgebra Lineal:

- El objeto de estudio del Álgebra Lineal (estructuras que forman espacios vectoriales) como ciencia y su PEA en las carreras universitarias.
- El método fundamental de investigación del Álgebra Lineal y su presencia necesaria en las concepciones didácticas correspondientes.
- La naturaleza de la formación algebraica en la carrera Ingeniería Agroindustrial en su rol facilitador para la solución de problemas profesionales.
- El análisis de las condiciones histórico-concretas del Álgebra Lineal para las carreras de Ingenierías.

Estas invariantes soportan la actividad general del estudiante en una lógica integrada que sintetiza a la formación del Álgebra Lineal para las carreras de Ingenierías, suficiente para estos efectos en un cuerpo único: **conceptos - definiciones; problemas - modelos; problemas - modelos - algoritmos**. Estas cuatro relaciones guardan una conexión inmediata con el conjunto de funciones determinado anteriormente.

Teniendo en consideración lo anterior, el conjunto de las tareas docentes del PEAL quedó determinado por tres clases de tareas representadas por las correspondientes actividades básicas generalizadas: **diagnosticar problemas, modelar la solución de problemas, algoritmizar la solución de problemas**.

Del análisis realizado y la esencia de los principios e ideas de la concepción didáctica del PEAL se presenta la representación gráfica.

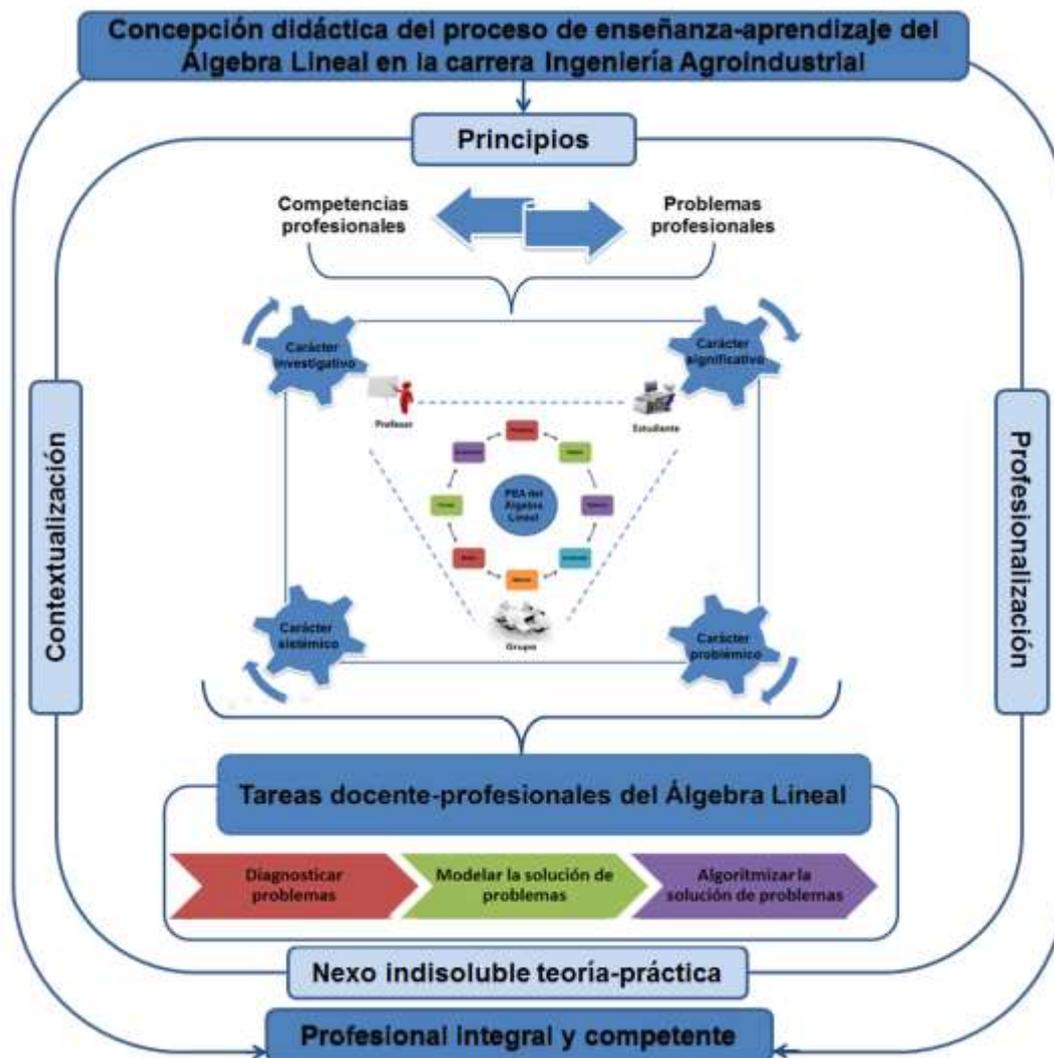


Figura 4: Representación gráfica de la concepción didáctica del PEA del Álgebra Lineal en la carrera Ingeniería Agroindustrial. (Fuente: Elaboración propia)

Conclusiones

- El PEAAL como asignatura básica de las carreras de ingenierías a nivel internacional, regional y nacional está marcado por su carácter abstracto, formal y descontextualizado del objeto y problemas de la profesión.
- El estado actual del PEAAL, evidencia regularidades que expresan su desarticulación con el modelo del profesional, así como la asistematicidad y descontextualización de sus componentes didácticos.
- La concepción didáctica del PEAAL para las carreras de Ingenierías se estructura a partir de un sistema de **principios** e **ideas** que lo modelan de manera profesionalizante, contextualizada y en relación indisoluble teoría-práctica, que otorga nuevas cualidades al proceso (carácter significativo, problémico, sistémico e investigativo), dinamizando así sus componentes didácticos para concretarse en el diagnóstico, modelación y algoritmización de problemas como tareas docente-profesionales.

Bibliografía

Algebra Curriculum Study Group Recommendations for the First Course in Linear Algebra volumen 42, Mathematica Association of America 119–134.

Álvarez de Zayas, C. (1996). El Diseño Curricular en la Educación Superior Cubana. Pedagogía Universitaria DFP-MES.

Álvarez, M. (2004). La interdisciplinariedad en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. En Interdisciplinariedad: Una aproximación desde la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Ed. Pueblo y Educación. La Habana. Cuba, p. 2; 6.

Carlson D., Johnson C.R., Lay D.C.y Duane Porter A. (1997) The Linear Algebra Curriculum Study Group Recommendations for the First Course in Linear Algebra, en Resources for Teaching Linear Algebra, MAA Notes, volumen 42, Mathematica Association of America.

Carlson, D. (1997). Teaching linear algebra: Must the fog always roll in? En D. Carlson, C. R. Jonson, D. C. Lay, A. D. Porter, A. Watkins y W. Watkins (comps.) Resources for the teaching of linear algebra (pp. 39-51). Washington, Estados Unidos: Mathematical Association of America.

Deiros Fraga, B., Calderón Ariosa, R. M., & Hernández Rabell, L. (2002). Apuntes sobre la didáctica de la matemática para ingeniería. Recuperado el 10 de marzo de 2008, de <http://www.monografias.com/trabajos11/monogrr/monogrr.shtml>

Díaz, A. (2002). Didáctica y Currículum. México: Paidós

Díaz, T.; Alfonso, P (2016). Didáctica desarrolladora en la Educación Superior: Un enfoque para la formación de COmpetencias profesionales. Editorial UNISAN. pp 7.

Dieudonné, J. (1971). Éléments d'analyse. Tome IV, Chapitres XVIII à XX.

Dorier J.L, Teaching Linear Algebra at University, en Li, Ta Tsien (ed.) et al. (2002). Proceedings of the international congress of mathematicians, ICM 2002, Pequín, China, 20-28 de agosto de 2002. Vol. III: Invited lectures. Beijing: Higher Education Press. 875-884.

Dubinsky, E. (1997). Some thoughts on a first course in Linear Algebra at the college level. En D. Carlson, C. R. Jonson, D. C. Lay, A. D. Porter, A. Watkins y W. Watkins (comps.) Resources for the teaching of linear algebra (pp. 85-105). Washington, Estados Unidos: Mathematical Association of America.

Dujet, C. (2007): "Matemática para ingenieros", <<http://www.m2real.org/spip.php?article2&lang=fr>> [3/6/2015].

Falsetti, M., Carnelli, G., Formica, A., & Rodríguez, M. (2007). Matemática para el aprestamiento universitario. UNGS. Colección: Textos Básicos. Buenos Aires.

Harel G. (1998). Two Dual Assertions: The First on Learning and The Second on Teaching (or viceversa). American Mathematical Monthly, 105 (6)

Hernández Fernández, H. (1989). El perfeccionamiento de la enseñanza de la Matemática en la Educación Superior Cubana, experiencias en el Álgebra Lineal (Doctoral dissertation, Tesis de grado).

Meléndez, R.; Caraballo, C.; Páez M. (2016). El currículum y la competencia profesional en la formación de profesores de matemáticas. Revista 2cenT. No. 01, Enero 2017. Editorial Unisan, Universidad Santander, Estados Unidos Mexicanos.