

MODELO PARA LA DINÁMICA DEL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL CÁLCULO INFINITESIMAL EN LAS CARRERAS DE INGENIERÍA CENTRADO EN LA SISTEMATIZACIÓN FORMATIVA

DINÁMICA DE LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL CÁLCULO INFINITESIMAL EN INGENIERÍA

AUTORES: Jorge Manuel Ríos Obregón¹Regla María Bernal Gutiérrez²Leobel Morell Pérez³DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: jrios@uea.edu.ec

Fecha de recepción: 14 - 05 - 2017

Fecha de aceptación: 02 - 06 - 2017

RESUMEN

Las inconsistencias actuales en el proceso de enseñanza-aprendizaje del cálculo infinitesimal para las carreras de ingeniería son favorecidas por una insuficiente sistematización del contenido. Para contribuir a la solución de este problema se propone un modelo centrado en la sistematización formativa del cálculo infinitesimal que ha de favorecer de manera intencional la apropiación de las culturas ingenieril y matemática. En la búsqueda de los fundamentos teóricos del modelo se abordan los diferentes conceptos, principios y mecanismos que caracterizan el proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo Infinitesimal en su nexos con la práctica ingenieril, lo cual conduce a desarrollar una sistematización formativa basada de las relaciones que se establecen entre la formalización matemática de relaciones espaciotemporales, la representación visual del conocimiento del cálculo infinitesimal, la aplicación ingenieril de recursos teóricos del cálculo infinitesimal y la aplicación de recursos tecnológicos de la matemática.

PALABRAS CLAVE: sistematización; enseñanza-aprendizaje; cálculo infinitesimal.

MODEL FOR THE DYNAMICS OF THE TEACHING-LEARNING PROCESS OF THE INFINITESIMAL CALCULUS IN THE ENGINEERING COURSES CENTRALIZED IN FORMATIVE SYSTEMATIZATION

ABSTRACT

The present inconsistencies in the teaching-learning process of the infinitesimal calculation for engineering careers are favored by an insufficient

¹ Licenciado en Matemática. Master en Matemática Aplicada. Doctor en Ciencias Pedagógicas. Docente-Investigador de la Universidad Estatal Amazónica. Ecuador.

² Ingeniera Química. Master en Nuevas Tecnologías para la Educación. Docente de la Universidad Estatal Amazónica. Ecuador.

³ Licenciado en Pedagogía, especialidad Matemática. Master en Didáctica de la Matemática. Docente de la Universidad Estatal Amazónica. Ecuador.

systematization of the content. To contribute to the solution of this problem we propose a model centered on the formative systematization of the infinitesimal calculus that has to intentionally favor the appropriation of the engineering and mathematical cultures. The search for the theoretical foundations of the model addresses the different concepts, principles and mechanisms that characterize the teaching-learning process of the Infinitesimal Calculus in its nexus with the engineering practice, which leads to develop a formative systematization based on the relationships that are established between the mathematical formalization of spatiotemporal relations, the visual representation of the knowledge of infinitesimal calculus, the engineering application of theoretical resources of the infinitesimal calculation and the application of technological resources of mathematics.

KEYWORDS: systematization; learning-teaching; infinitesimal calculus.

INTRODUCCIÓN

Existe una creciente insatisfacción sobre la preparación en Cálculo Infinitesimal de los graduados de carreras de ingeniería al no poder atemperar su formación con los diferentes cambios que se originan en el orden científico y tecnológico.

En aras de comprender estas dificultades se analizó la situación del proceso de enseñanza-aprendizaje en Cálculo Infinitesimal en las carreras de Ingeniería Agropecuaria e Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Estatal Amazónica, Ecuador. Es por ello que se realizó un diagnóstico a estudiantes de la asignatura Matemática I, Matemática II y Matemática III, el cual reveló dificultades al utilizar el concepto de cálculo infinitesimal en la descripción e interpretación de los diferentes fenómenos y procesos relacionados con la ingeniería, lo cual limita la interpretación de los resultados de cálculo. Otras dificultades manifiestas son las imprecisiones en la ejecución de procedimientos operacionales adecuados para la solución de problemas relacionados con la práctica profesional, mostrando poca independencia y creatividad al abordar su solución.

Para dar solución a las dificultades antes descritas se desarrolla un modelo para la dinámica del proceso de enseñanza-aprendizaje del cálculo infinitesimal en las carreras de ingeniería que se fundamenta en las contradicciones que se establecen a lo interno del proceso de enseñanza-aprendizaje de esta disciplina matemática y es su relación con la práctica ingenieril.

DESARROLLO

La elaboración del modelo para la dinámica del proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo Infinitesimal en las carreras de ingeniería toma en consideración, desde el punto de vista pedagógico, la Concepción Científica Holística Configuracional y la Teoría de la Condición Humana y su Carácter Socio Antropológico de Fuentes, H. (2009) en lo relativo a la comprensión del proceso de formación como una totalidad de carácter complejo, holístico y

dialéctico que es comprendido, explicado e interpretado a través de síntesis interpretativas de diferente nivel de esencialidad dadas en configuraciones, dimensiones, eslabones y estructura de relaciones.

Además, nos apropiamos de “La Pedagogía y Didáctica de la Educación” de Fuentes, H. (2009), la cual señala que es la sistematización formativa, como parte de la dinámica del proceso de enseñanza-aprendizaje, la que permite la apropiación cultural y la profundización del contenido desde múltiples y complejos movimientos que se engendran en las dimensiones de motivación, comprensión, interpretación y generalización.

Plantea Fuentes, H. (2009) que “En el caso del proceso formativo, la contradicción que se establece como sustento de su desarrollo es la que se manifiesta entre la “sistematización epistemológica” y la “sistematización metodológica”, que se va dando en los diferentes niveles de desarrollo del objeto y por tanto en los procesos interpretativos del desarrollo del objeto, como lo es el diseño curricular, la dinámica y la evaluación del proceso.”

Desde esta perspectiva Ríos, J. y otros (2012) argumentan que, teniendo en cuenta las especificidades del Cálculo Infinitesimal, lo que revela el movimiento ascendente y en desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo Infinitesimal es la unidad dialéctica entre la formalización matemática y la visualización del Cálculo Infinitesimal como expresión concreta y síntesis de la unidad dialéctica entre la sistematización epistemológica y la sistematización metodológica. El modelo que se propone asume en lo fundamental esta relación entre formalización matemática y la visualización del Cálculo Infinitesimal, entendiendo el término visualización como representación visual.

El modelo para la dinámica del proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo Infinitesimal en las carreras de ingeniería se fundamenta en el artículo publicado por Ríos, J. y otros (2013) y en los aportes de las tesis doctorales de: Dieguez, R.(2001) titulada “Un modelo del proceso de solución de problemas matemáticos contextualizados en la matemática básica para la carrera de agronomía”, de Laffita, P. (2007) titulada “Una alternativa para sistematizar las ejecuciones computarizadas y no computarizadas de las habilidades de la Matemática Superior en una disciplina docente” y de Pérez, E. (2009) titulada “Sistematización lógica del contenido en la dinámica del proceso enseñanza-aprendizaje de la Matemática General.

Modelo para la dinámica del proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo Infinitesimal en las carreras de ingeniería

En el modelo para la dinámica del proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo Infinitesimal en las carreras de ingeniería emerge como configuración central la “sistematización formativa en Cálculo Infinitesimal” la cual se concibe con una proyección teórica y práctica que toma en consideración el cálculo de magnitudes físicas como el objeto que emerge de la relación entre el Cálculo Infinitesimal y la Ingeniería y que dinamiza la contradicción entre la lógica

formal del Cálculo Infinitesimal y la lógica de apropiación de nuevos contenidos.

La sistematización formativa en Cálculo Infinitesimal se ha de concebir sobre la base de relaciones que conduzcan a que el estudiante, durante el enfrentamiento y resolución de problemas de su profesión, se relacione con las bases epistemológicas y praxiológicas relativas al cálculo de magnitudes físicas, lo que contribuye a eliminar las insuficiencias en la apropiación del contenido del Cálculo Infinitesimal en relación con su aplicación a la solución de problemas matemáticos relacionados con la práctica profesional.

Lo anterior conduce a una “sistematización formativa en Cálculo Infinitesimal” que en su proyección teórica se dinamiza a través de la relación entre la “formalización matemática de relaciones espaciotemporales” y “representación visual del conocimiento del cálculo infinitesimal”; y que en su proyección práctica se dinamiza a través de la relación “aplicación ingenieril de recursos teóricos del Cálculo Infinitesimal” y “aplicación de recursos tecnológicos de la matemática” (Figura 1.)

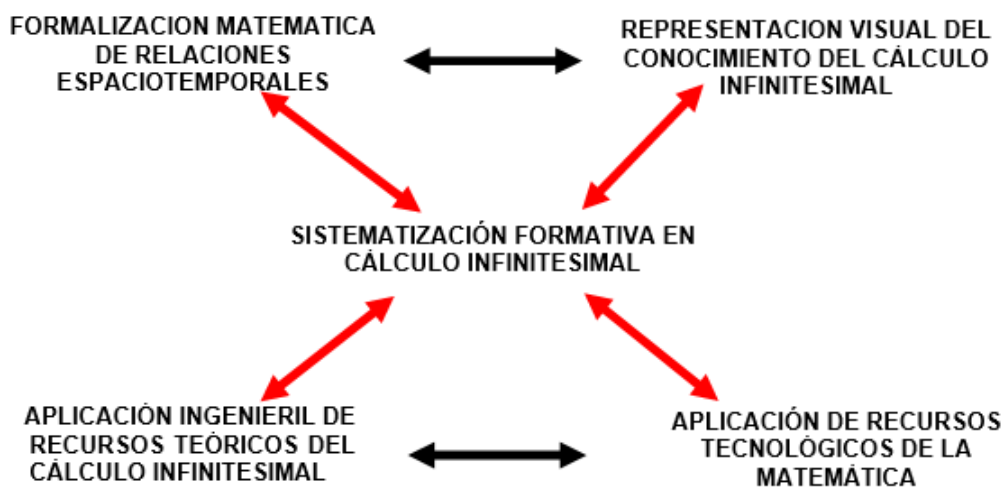


Figura 1. Relaciones que dinamizan la sistematización formativa en Cálculo Infinitesimal para ingenieros.

Se trata entonces de que, en la “sistematización formativa en Cálculo Infinitesimal”, el estudiante logre apropiarse de los contenidos, de procedimientos propios del objeto de trabajo y formas del pensamiento, que le permitan analizar y resolver de forma creativa, con el uso de herramientas matemáticas, problemáticas que se presentan en el ámbito de la ingeniería.

La “sistematización formativa en Cálculo Infinitesimal” constituye un proceso dinámico, secuenciado y trascendente de formación de una cultura en Cálculo Infinitesimal en tránsito hacia niveles superiores en la profundización del contenido, revelando relaciones estructurales que conducen a nuevas relaciones que se sintetizan en la estructura conceptual y metodológica, a partir de la apropiación del método particular de esta ciencia mediante la resolución de problemas en correspondencia con la lógica del profesional que se forma.

Lo anterior encuentra sustento en la intencionalidad formativa que caracteriza esta investigación que se va configurando en relación a la concepción teórico-práctica del cálculo de magnitudes físicas. Ello da cuenta de la relación dialéctica entre la sistematización formativa en Cálculo Infinitesimal y la formación analítica en Cálculo Infinitesimal, dinamizada por la relación dialéctica que se establece entre la formalización matemática de relaciones espaciotemporales y la representación visual del conocimiento del Cálculo Infinitesimal.

La sistematización formativa en Cálculo Infinitesimal permite compartir los progresos, problemas e interrogantes que surgen en la dinámica del proceso de formación en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería. Además, constituye espacio de encuentro, enriquecimiento, reflexión y reconstrucción de la cultura matemática desde posiciones epistemológicas y metodológicas que permiten al profesor establecer el nivel de conocimientos previos y comprobar los adquiridos en el transcurso de sus experiencias, ya sean conceptos, concepciones, procedimientos, métodos de solución, entre otros, lo que contribuye al logro de un aprendizaje significativo”.

Esta configuración desarrolla el carácter de continuidad y consecutividad en los conocimientos, habilidades, valores y valoraciones que forma el estudiante sobre los objetos del Cálculo Infinitesimal que emerge en el proceso de sistematización y en el que a partir de la apropiación del contenido se establecen principios que propician la reestructuración epistemológica y metodológica de este.

La “formalización matemática de relaciones espaciotemporales” es la configuración de la dinámica del proceso de formación en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería, expresión del proceso de formalización del conocimiento en Cálculo Infinitesimal que sustenta la construcción científica de relaciones que permiten la cuantificación de magnitudes físicas.

Esta configuración conduce a comprensión del lenguaje simbólico del Cálculo Infinitesimal como paso indispensable en el proceso formación pues no es posible saber matemática si no se conoce el lenguaje en que se le trasmite al sujeto los conocimientos. Además, constituye un proceso que va hacia el reconocimiento objetivo-subjetivo de la realidad, que se desarrolla en la dialéctica entre lo empírico y lo teórico, entre lo cualitativo y lo cuantitativo, al establecer modelos formalizados de relaciones espaciotemporales tales como velocidad, aceleración, longitud, área, volumen, entre otras.

La configuración “representación visual del conocimiento del Cálculo Infinitesimal” constituye un proceso concreto que propicia la construcción del conocimiento matemático y su propia ejecución a través del uso de imágenes gráfico-intuitivas desde una perspectiva que permite el ascenso a niveles superiores de sistematización del contenido del Cálculo Infinitesimal.

Esta configuración posibilita la comprensión del contenido a través de un proceso intuitivo que desarrollan los sujetos con base en imágenes que guardan

relación con el objeto matemático que se formaliza. La representación visual del conocimiento del Cálculo Infinitesimal puede conducir a una interpretación geométrica del contenido del Cálculo, pero va más allá pues permite la construcción del conocimiento y revela las relaciones estructurales de este.

La representación visual del conocimiento del Cálculo Integral tiene influencia en el desarrollo de la capacidad de razonamiento para comprender conceptos abstractos y su relación con los contenidos precedentes mediante la apropiación de una fundamentación intuitiva exigible.

La relación entre la “formalización matemática de relaciones espaciotemporales” y la “representación visual del conocimiento del Cálculo Infinitesimal” constituye una relación dialéctica como expresión singular de la relación entre lo abstracto y lo concreto. Lo abstracto está dado en la “formalización matemática de relaciones espaciotemporales” al ser un proceso de construcción del conocimiento matemático sobre la base de axiomas simbólico-verbales y de nuevas propiedades deducidas por procesos lógico-formales y lo concreto está dado en la “representación visual del conocimiento del Cálculo Infinitesimal” por ser un proceso que se basa en la utilización de imágenes gráfico-intuitivas.

Ambos procesos se dan en unidad y se complementan, para lograr la construcción del conocimiento del Cálculo Infinitesimal; a la vez se contraponen en el uso del lenguaje simbólico de la matemática y los métodos gráficos-intuitivos como vía para una mejor comprensión y uso de este lenguaje simbólico.

La “formalización matemática de relaciones espaciotemporales” y la “representación visual del conocimiento del Cálculo Infinitesimal” permiten revelar las bases estructurales del proceso de formación en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería y constituyen también procesos subjetivo-objetivo que soporta a una formación diversa, esencial y flexible de los diversos factores que influyen y condicionan el proceso de la propia formación.

En la relación dialéctica entre la “formalización matemática de relaciones espaciotemporales” y la “representación visual del conocimiento del Cálculo Infinitesimal” se establece comprensión de las características matemáticas de las magnitudes físicas que permiten la descripción e interpretación de los diferentes fenómenos y procesos relacionados con la ingeniería, a la vez que establece la motivación por el contenido al relacionarlo con la realidad objetiva que caracteriza la práctica ingenieril.

La relación que se establece entre la “formalización matemática de relaciones espaciotemporales” y la “representación visual del conocimiento del Cálculo Infinitesimal” se sintetiza en la “sistematización formativa del Cálculo Infinitesimal” y la “formación analítica en Cálculo Infinitesimal”.

La “formación analítica en Cálculo Infinitesimal” es la configuración del proceso de formación en Cálculo Infinitesimal que resulta expresión de la ordenación, estructuración y disposición de la actividad formativa en Cálculo Infinitesimal

en la que el estudiante da nuevo significado epistemológico a los conocimientos y transpone métodos de solución de una clase de problemas matemáticos a otra, mediante analogías.

Esta configuración viabiliza una independencia cognitiva, a través de la utilización de la lógica formal del Cálculo Infinitesimal expresada en estructuras mentales sólidas, flexibles, integradas y generalizadas, que permite el desarrollo de estrategias de aprendizaje en las que los sujetos implicados son capaces de utilizar conscientemente los recursos teóricos del Cálculo.

La formación analítica en Cálculo Infinitesimal constituye una configuración en la que el estudiante se apropia de la lógica con que opera el Cálculo desde una actividad formativa propia del futuro ingeniero y como síntesis de la observación, comprensión e interpretación de magnitudes físicas.

De la relación dialéctica entre la “sistematización formativa en Cálculo Infinitesimal” y la “formación analítica en Cálculo Infinitesimal”, dinamizada por la relación dialéctica entre la “formalización matemática de relaciones espaciotemporales” y la “representación visual del conocimiento del Cálculo Infinitesimal”, emerge la dimensión “analítica infinitesimal del Cálculo para ingenieros”, como expresión de la dinámica del proceso de formación en Cálculo Infinitesimal de este profesional y portadora de un significado epistemológico que se manifiesta en la interacción del estudiante con la formalización de modelos matemáticos. (Figura 2).



Figura 2. Dimensión analítica infinitesimal del Cálculo para ingenieros.

La dimensión analítica infinitesimal del Cálculo para ingenieros constituye una configuración de orden superior donde las relaciones dialécticas entre las configuraciones que la integran propician, desde la apropiación del método Infinitesimal, la reestructuración epistemológica de los contenidos a niveles superiores en su construcción científica lo que condiciona su profundización y sistematización. Es expresión de la formación en Cálculo Infinitesimal para ingenieros desde la comprensión de su lógica formal mediante la construcción de modelos para el cálculo de magnitudes físicas a partir de la formalización matemática de relaciones espaciotemporales.

Esta dimensión es por tanto una categoría pedagógica y didáctica, que conlleva a la recreación y creación de la cultura del Cálculo Infinitesimal, al revelar relaciones estructurales que propician nuevas relaciones de síntesis y de la estructura epistemológica y praxiológica, reelaborada en el propio proceso de sistematización formativa. Representa un acercamiento de las teorías del Cálculo Infinitesimal a la práctica del ingeniero y constituye una base epistemológica para proceder reflexivamente ante nuevas situaciones que requieran enfrentar la resolución de problemas relacionados con la práctica ingenieril.

El rasgo fundamental de la dimensión analítica infinitesimal del Cálculo Infinitesimal es su potencialidad en la construcción científica del contenido sobre la base de la relación dialéctica entre la formalización matemática de relaciones espaciotemporales y la representación visual del Contenido del Cálculo Infinitesimal. De ahí que se constituye en un proceso secuenciado que tipifica constantemente el rescate de los conocimientos y los métodos en un espacio de significados y sentidos desde la cultura y su potenciación.

No basta con que la dinámica del proceso de formación en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería se desarrolle desde de la dimensión analítica infinitesimal del Cálculo para ingenieros, en la que la relación dialéctica “formalización matemática de relaciones espaciotemporales” y la “representación visual del conocimiento del Cálculo Infinitesimal” dan explicación de su autodesarrollo y se sintetizan en la “formación analítica en Cálculo Infinitesimal” y la “sistematización formativa en Cálculo Infinitesimal”. Es preciso establecer otra dimensión que sustente la “sistematización formativa en Cálculo Infinitesimal” como síntesis de la relación dialéctica entre la “aplicación ingenieril de recursos teóricos del Cálculo Infinitesimal” y la “aplicación de recursos tecnológicos de la matemática”, relación esta que también tiene síntesis en el “cálculo de magnitudes físicas”.

La “aplicación ingenieril de recursos teóricos del Cálculo Infinitesimal” es la configuración del proceso de formación en Cálculo Infinitesimal que resulta expresión de un proceso dinámico y trascendente en la cual el estudiante, desde el reconocimiento de la realidad cultural del ingeniero, asigna significados y sentidos al conocimiento del Cálculo acumulado por la humanidad a lo largo de la historia. Abarca los procedimientos metodológicos del Cálculo Infinitesimal que tipifican el quehacer profesional del ingeniero y facilita en la actividad formativa la estructuración del contenido en una lógica formativa.

Esta configuración conlleva a que los procedimientos metodológicos que configuran la lógica formativa se orienten a establecer relaciones de significación entre el nuevo contenido y los conocimientos previos del sujeto, dinamizado a partir de la consideración de que tales procedimientos resultan necesarios para su desempeño profesional.

La “aplicación de recursos tecnológicos de la matemática” es la configuración de la dinámica del proceso de formación en Cálculo Infinitesimal que resulta expresión del proceso de selección y empleo adecuados de instrumentos tangibles que mediatiza la obtención de un resultado matemático y que han evolucionado a partir de la relación ciencia-tecnología.

Los recursos tecnológicos de la matemática comparten, junto a los recursos teóricos del Cálculo Infinitesimal, el escenario de herramientas que mediatizan la actividad de resolución de ejercicios que tiene lugar durante el estudio de los contenidos del Cálculo Infinitesimal. En esta relación subyace la necesidad de dominar la diversidad de herramientas que mediatizan la resolución de ejercicios, asociado a lo cual se manifiesta también la posibilidad de operar con la herramienta adecuada a la situación de cálculo planteada.

Tomando como referencia lo anterior, la aplicación ingenieril de recursos teóricos del Cálculo Infinitesimal y la aplicación de recursos tecnológicos de la matemática constituye una relación dialéctica que es expresión concreta de la relación dialéctica entre necesidad y posibilidad de calcular con una herramienta adecuada partiendo de una diversidad de herramientas que mediatizan la actividad de resolución de problemas dentro de la disciplina Cálculo Infinitesimal.

En la dinámica del proceso de formación en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería el sujeto asigna significados y sentidos a los recursos del Cálculo sobre la base del cálculo de magnitudes físicas, para las que requiere la mediación de un recurso tecnológico de la matemática; a la vez, el empleo de recursos tecnológicos de la matemática puede conducir a debilitar los significados y sentidos que se tienen sobre los recursos teóricos, lo cual pone de manifiesto la lucha de contrarios de este par dialéctico.

Sin embargo, las posibilidades de cómputo que brindan los nuevos recursos tecnológicos de la matemática no aminoran, sino que acrecientan la importancia de comprender los conceptos matemáticos que subyacen a las imágenes de la pantalla y bien utilizadas son poderosas herramientas para descubrir y comprender dichos conceptos. Los asistentes matemáticos o calculadoras gráficas no hacen inútil la técnica del lápiz y papel y el cálculo manual y los esbozos suelen ser preferibles a la tecnología para reforzar e ilustrar ciertos conceptos. Los docentes y estudiantes deberán aprender a discernir entre lo manual y lo mecánico como instrumento idóneo en cada caso.

La aplicación ingenieril de recursos teóricos del Cálculo Infinitesimal y la aplicación de recursos tecnológicos de la matemática constituyen también procesos subjetivo-objetivo que soporta a una formación diversa, esencial y flexible de los diversos factores que influyen y condicionan el proceso de cálculo de magnitudes físicas.

La relación dialéctica entre la “aplicación ingenieril de recursos teóricos del Cálculo Infinitesimal” y la “aplicación de recursos tecnológicos de la matemática” se dinamizan a través de la “sistematización formativa en Cálculo

Infinitesimal” y justifican la necesidad de esta sistematización sobre bases teóricas sólidas sustentadas en la “formalización matemática de relaciones espaciotemporales” y la “representación visual del conocimiento del Cálculo Infinitesimal”.

El “cálculo de magnitudes físicas” es la configuración del proceso de formación en Cálculo Infinitesimal que resulta expresión de un proceso intencional y sistemático de resolución de ejercicios de cálculo de magnitudes físicas mediante la aplicación de recursos teóricos y tecnológicos.

Esta configuración constituye vínculo concreto de la relación entre el objeto de estudio del Cálculo Infinitesimal y el objeto de la profesión y dinamiza la contracción base (necesidad y posibilidad) que se establece en la relación dialéctica aplicación ingenieril de recursos teóricos del Cálculo Infinitesimal y aplicación de recursos tecnológicos de la matemática”.

Cuando el estudiante interioriza el contenido, comienza a ver el objeto matemático “cálculo de magnitudes” en su integración con el objeto de trabajo de la profesión, lo que se revierte en el reconocimiento de la necesidad de apropiarse de los contenidos del Cálculo Infinitesimal en función de resolver problemas que se presentan en la práctica profesional mediante la aplicación del Cálculo Infinitesimal.

La configuración “sistematización formativa en Cálculo Infinitesimal” constituye síntesis de relación dialéctica que se establece entre la “aplicación ingenieril de recursos teóricos del Cálculo Infinitesimal” y la “aplicación de recursos tecnológicos de la matemática” debido a la propia naturaleza de la sistematización, pues al orientarse a la profundización del contenido del Cálculo Infinitesimal dinamiza esta relación.

Las configuraciones “sistematización formativa en Cálculo Infinitesimal” y “cálculo de magnitudes físicas” se dan en relación dialéctica pues en el proceso de configuración del cálculo de magnitudes físicas se establece una actividad formativa que posibilita la sistematización contextualizada de los contenidos del Cálculo Infinitesimal, lo que da lugar a la sistematización formativa en Cálculo Infinitesimal. Por otro lado, la aplicación ingenieril de recursos teóricos del Cálculo Infinitesimal y la aplicación de recursos tecnológicos de la matemática a través de la resolución de ejercicios de cálculo de magnitudes signan la sistematización formativa en Cálculo Infinitesimal que exige de una práctica ingenieril que se concreta en el cálculo de magnitudes físicas.

De la relación dialéctica entre la “sistematización formativa en Cálculo Infinitesimal” y el “cálculo de magnitudes físicas”, dinamizada por la relación dialéctica entre la “aplicación de recursos teóricos del Cálculo Infinitesimal” y la “aplicación de recursos tecnológicos de la matemática”, emerge la dimensión “sistematización contextualizada de recursos del Cálculo Infinitesimal”, como expresión de la dinámica del proceso de formación en Cálculo Infinitesimal de este profesional y portadora de un significado praxiológico evidente en la resolución de ejercicios. (Figura 3.)

La dimensión sistematización contextualizada de recursos del Cálculo Infinitesimal constituye una configuración de orden superior donde las relaciones dialécticas entre las configuraciones que la integran propician la apropiación del contenido del Cálculo infinitesimal desde una sistematización formativa signada por la resolución de ejercicios que se contextualiza en el cálculo de magnitudes físicas como expresión concreta de la práctica ingenieril.



Figura 3. Dimensión sistematización contextualizada de recursos del Cálculo Infinitesimal.

El rasgo fundamental de la dimensión sistematización contextualizada de recursos del Cálculo Infinitesimal es su potencialidad para la resolución de ejercicios de cálculo de magnitudes físicas, lo cual permite caracterizar los métodos del Cálculo Infinitesimal en un espacio de significados y sentidos sobre la base de la relación dialéctica entre la aplicación ingenieril de recursos teóricos del Cálculo Infinitesimal y la aplicación de recursos tecnológicos de la matemática.

Esta dimensión atribuye al proceso de formación del Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería una concepción, según la cual a través de todo su desarrollo la relación entre los contenidos del Cálculo Infinitesimal y la cultura ingenieril que se manifiesta mediante la interrelación del objeto del Cálculo Infinitesimal y del objeto de la profesión. En el marco de esta dinámica se conforma el contenido, de modo que se evidencie el estudio de los métodos infinitesimales como una necesidad para la solución de problemas profesionales.

De la relación entre las dimensiones analítica infinitesimal del Cálculo para ingenieros y sistematización contextualizada de recursos del Cálculo Infinitesimal emerge el modelo de la dinámica del proceso de formación del Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería (Figura 4.); el cual tiene como constructo teórico la sistematización formativa en Cálculo Infinitesimal, síntesis de dos relaciones dialécticas que dan cuenta del autodesarrollo de la dinámica del proceso de formación en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería: la relación entre “formalización matemática de relaciones espaciotemporales” y “representación visual del conocimiento del Cálculo

Infinitesimal” y la relación entre la “aplicación ingenieril de recursos teóricos del Cálculo Infinitesimal” y “aplicación de recursos tecnológicos de la matemática”.

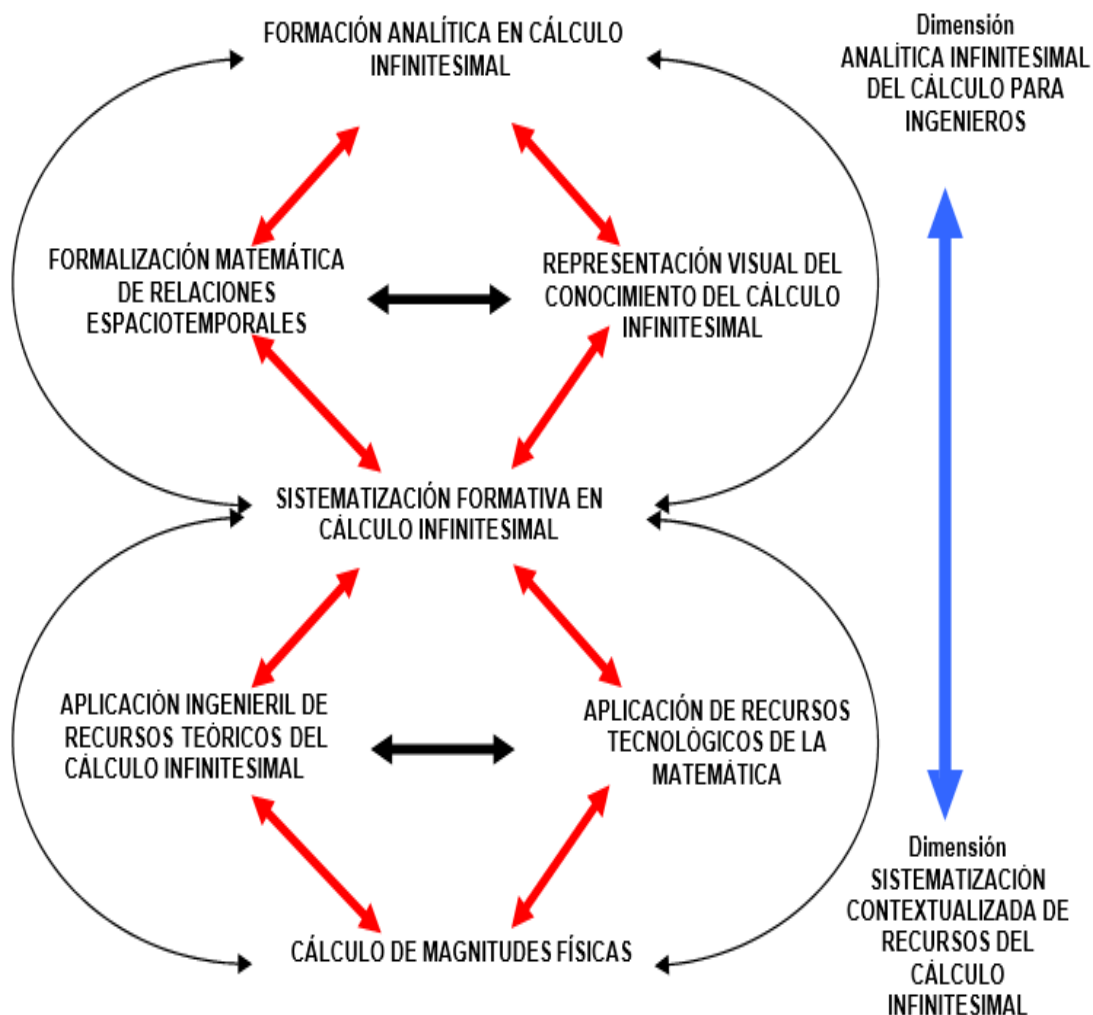


Figura 4. Modelo de la dinámica del proceso de enseñanza-aprendizaje en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería

La dimensión analítica infinitesimal del Cálculo para ingenieros desarrolla procedimientos que conducen a una continua indagación e innovación en la naturaleza del objeto de la cultura que se sistematiza, pero en función de la práctica ingenieril de los sujetos comprometidos con el proceso. Es por ello que esta dimensión se relaciona dialécticamente con la dimensión sistematización contextualizada de recursos del Cálculo Infinitesimal, configurada en el propio proceso de construcción científica del contenido y tiene su sustento en la estructura epistemológica y praxiológica del propio contenido.

Entre las configuraciones “cálculo de magnitudes físicas”, “sistematización formativa en Cálculo Infinitesimal” y “formación analítica en Cálculo Infinitesimal” se establecen relaciones conexas, lo que significa que para su

consecución se requiere de otras relaciones intermedias que dinamizan la lógica integradora del proceso de formación en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería y que permiten revelar el siguiente sistema de relaciones:

- Relación de construcción de recursos teóricos del Cálculo Infinitesimal para ingenieros.
- Relación de aplicación de recursos teóricos y tecnológicos al cálculo de magnitudes físicas.

La relación de construcción de recursos teóricos del Cálculo Infinitesimal para ingenieros constituye una síntesis interpretativa de las relaciones que se dan entre la “sistematización formativa en Cálculo Infinitesimal” y la “formación analítica en Cálculo Infinitesimal”, dinamizadas desde la relación dialéctica entre la “formalización matemática de relaciones espaciotemporales” y la “representación visual del conocimiento del Cálculo Infinitesimal”.

Ella representa un primer momento de desarrollo del proceso de formación en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería en el que se propician condiciones para el logro de una profundización en la construcción científica del contenido del Cálculo Infinitesimal en su relación con la ingeniería y emerge la dimensión analítica infinitesimal del Cálculo para ingenieros que es portadora un significado ingenieril matemático potencialmente modificador de la actuación del ingeniero en relación a sus decisiones en una situación concreta de la realidad.

Desde la relación construcción de recursos teóricos del Cálculo Infinitesimal para ingenieros se han de crear las condiciones que propicien un acercamiento a las magnitudes físicas, en el que a partir de situaciones formativas, el estudiante requiera interactuar con las bases epistemológicas y metodológicas del Cálculo Infinitesimal.

La relación aplicación de recursos teóricos y tecnológicos al cálculo de magnitudes físicas es una síntesis interpretativa de las relaciones que se dan entre la “sistematización formativa del Cálculo Infinitesimal” y el “cálculo de magnitudes físicas”, dinamizadas desde la relación dialéctica entre la “aplicación ingenieril de recursos teóricos del Cálculo Infinitesimal” y la “aplicación de recursos tecnológicos de la matemática”. Esta relación expresa un segundo momento de desarrollo de la dinámica del proceso de formación en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería donde se crean las condiciones para el logro de una práctica profesional sustentada en el cálculo de magnitudes físicas y emerge la dimensión sistematización contextualizada de recursos del Cálculo Infinitesimal.

De acuerdo a esta relación, el proceso modelado debe estructurarse con el propósito de crear condiciones para que se produzca una profundización en la construcción científica del contenido del Cálculo Infinitesimal, donde a partir de la propuesta de situaciones formativas de significación profesional el estudiante

requiera aplicar estos contenidos como requisito para el logro de una lógica de actuación en su desempeño.

Por tanto se reconoce como regularidad del modelo la lógica integradora entre las configuraciones “formación analítica en Cálculo Infinitesimal”, “sistematización formativa en Cálculo Infinitesimal” y la “cálculo de magnitudes físicas”, como expresión de la relación que se establece en el proceso de formación en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería entre las dimensiones analítica infinitesimal del Cálculo para ingenieros y sistematización contextualizada de recursos del Cálculo Infinitesimal.

CONCLUSIONES

El diagnóstico realizado permitió constatar las limitaciones existentes en el proceso de formación en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería que interpretadas a la luz del modelo teórico desarrollado, revelan su origen en una insuficiente sistematización formativa en Cálculo Infinitesimal para dichas carreras.

La fundamentación epistemológica de la dinámica del proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería revela la necesidad de una sistematización formativa que permita establecer significados y sentidos del objeto matemático cálculo de magnitudes físicas a través de la resolución de problemas, mediados por la aplicación de recursos teóricos y tecnológicos y mediante un análisis de las bases estructurales del Cálculo que subyacen en él, lo cual implica la necesidad de brindar suficiente atención a la formalización del conocimiento del Cálculo Infinitesimal y su representación visual.

En el modelo se evidencia que la dinámica del proceso de enseñanza-aprendizaje en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería se centra en la sistematización formativa en Cálculo Infinitesimal, la que a su vez constituye síntesis de las relaciones dialécticas dadas por formalización matemática de relaciones espaciotemporales—representación visual del conocimiento del Cálculo Infinitesimal y aplicación ingenieril de recursos teóricos del Cálculo Infinitesimal—aplicación de recursos tecnológicos de la matemática, las que revelan el carácter lógico, integrador y sistematizado de un proceso de construcción y aplicación de recursos del Cálculo Infinitesimal que conduce a la formación analítica en Cálculo Infinitesimal y al cálculo de magnitudes físicas, como expresión de las relaciones entre las dimensiones analítica infinitesimal el Cálculo para ingenieros y sistematización contextualizada de recursos del Cálculo Infinitesimal.

El modelo propuesto posibilita la elaboración de una estrategia formativa que se constituya en eficaz instrumento teórico-metodológico para la dinámica del proceso de formación en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería donde adquiere relevancia la sistematización formativa en Cálculo Infinitesimal que ha de articularse a través de los subprocesos formación analítica infinitesimal y sistematización contextualizada.

BIBLIOGRAFÍA

Diéguez, R. (2001). *Modelo para la dinámica del Proceso Docente Educativo de la Matemática Básica en la carrera de Agronomía*. Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas. Centro de Estudios de Educación Superior "Manuel F. Gran". Universidad de Oriente. Santiago de Cuba.

Fuentes, H. (2000). *La Teoría Holística-Configuracional del Proceso Docente Educativo*. Cuba: Centro de Estudios de Educación Superior "Manuel F. Gran". Universidad de Oriente. Santiago de Cuba.

Fuentes, H. (2004). *La diversidad en el proceso de investigación científica. Reto actual en la formación de investigadores*. Cuba: Centro de Estudios de Educación Superior "Manuel F. Gran". Universidad de Oriente. Santiago de Cuba.

Fuentes, H. (2009). *La Concepción Científica Holística - Configuracional. Una alternativa en la construcción del conocimiento científico. Su aplicación en la formación de los profesionales de la Educación Superior en la contemporaneidad*. Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias. Centro de Estudios de Educación Superior "Manuel F. Gran". Universidad de Oriente. Santiago de Cuba.

Laffita, P. (2007). *Una alternativa para sistematizar las ejecuciones computarizadas y no computarizadas de las habilidades de la matemática superior en una disciplina docente*. Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias. Santiago de Cuba.

Pérez, E. (2009). *Sistematizaron lógica del contenido en la dinámica del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Matemática General*. Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas. Centro de Estudios de Educación Superior "Manuel F. Gran". Universidad de Oriente. Santiago de Cuba.

Ríos, J. y otros (2012). *El proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo Infinitesimal: una caracterización epistemológica*. *Pedagógica Universitaria*. 4, (17), p. 1-12.

Ríos, J. y otros (2013). *El proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería: una alternativa de perfeccionamiento*. *Pedagógica Universitaria*. 2, (18), p. 47-57.

