

## **TENDENCIAS HISTÓRICAS DEL PROCESO DE FORMACIÓN EN EL CÁLCULO INFINITESIMAL PARA LAS CARRERAS DE INGENIERÍA**

AUTORES: Jorge Manuel Ríos Obregón<sup>1</sup>

Regla María Bernal Gutiérrez<sup>2</sup>

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: [jorge.rios@ikiam.edu.ec](mailto:jorge.rios@ikiam.edu.ec)

Fecha de recepción: 26-03-2018

Fecha de aceptación: 18-04-2018

### **RESUMEN**

La enseñanza del Cálculo Infinitesimal en las carreras de ingeniería ha evolucionado por diferentes etapas en el transcurso de los años, lo que se evidencia en la presente investigación, la cual muestra un análisis de las tendencias históricas del proceso de formación en el Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería en Cuba. El mismo transita por tres etapas acorde con los siguientes indicadores: la aplicación práctica de los contenidos, el tratamiento teórico de los contenidos y el uso de recursos tecnológicos de la matemática. Etapas que son: la formación espontánea en el Cálculo Infinitesimal, la formación teórico procedimental en Cálculo Infinitesimal y la formación contextualizada en el Cálculo Infinitesimal. Este análisis evidenció un tránsito gradual hacia la contextualización del contenido, además del amplio uso de los asistentes matemáticos.

**PALABRAS CLAVE:** Matemáticas; cálculo infinitesimal; tendencias históricas; proceso de formación; carreras de ingeniería.

### **HISTORICAL TRENDS IN THE TRAINING PROCESS IN THE INFINITESIMAL CALCULATION FOR ENGINEERING CAREERS**

#### **ABSTRACT**

The teaching of Infinitesimal Calculus in engineering careers has evolved through different stages over the years, which is evidenced in this research, which shows an analysis of the historical trends of the formation process in the Infinitesimal Calculus for the engineering careers in Cuba. It travels through three stages according to the following indicators: the practical application of contents, the theoretical treatment of contents and the use of technological resources of mathematics. Stages that are: the spontaneous formation in the Infinitesimal Calculus, the procedural theoretical training in

---

<sup>1</sup> Licenciado en Matemática. Master en Matemática Aplicada. Doctor en Ciencias Pedagógicas. Docente-Investigador de la Universidad Regional Amazónica Ikiam. Ecuador.

<sup>2</sup> Ingeniera Química. Master en Nuevas Tecnologías para la Educación. Docente de la Universidad Estatal Amazónica. Ecuador. E-mail: [reglabernal12@gmail.com](mailto:reglabernal12@gmail.com)

Infinitesimal Calculus and the contextualized formation in the Infinitesimal Calculus. This analysis evidenced a gradual transition towards the contextualization of content, in addition to the wide use of mathematical assistants.

**KEYWORDS:** Mathematics; infinitesimal calculus; historical trends; training process; engineering careers.

## INTRODUCCIÓN

Los retos y desafíos de las universidades cubanas y en particular de la escuela de ingeniería han ido cambiando continuamente. Se aprecian marcadas etapas, algunas influenciadas por el movimiento de renovación hacia la matemática moderna de los años 60 y 70 que trajo consigo una profunda transformación de la enseñanza. A finales de los años 90 con el desarrollo de las nuevas tecnologías, que facilitan los cálculos, ha habido cambios en la enseñanza de la matemática, en particular en la forma de enseñar el Cálculo Infinitesimal (Álvarez, Rabell, Ramos, & Tunis, 2013).

Lo anterior evidencia que la enseñanza del Cálculo Infinitesimal para ingenieros ha evolucionado por diferentes etapas en el transcurso de los años, es por ello que el presente artículo muestra un análisis de las tendencias históricas del proceso de formación en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería en Cuba.

## DESARROLLO

El análisis de las tendencias históricas del proceso de formación en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería se sustenta en la revisión de fuentes de documentación primarias, los reglamentos y resoluciones emitidos por el Ministerio de Educación y de Educación Superior, documentos de la dirección de formación de profesionales del Ministerio de Educación Superior, así como también se han utilizado fuentes secundarias, los artículos de varios autores (Álvarez Valiente, 1999) ; (Superior, 2003)(Hidalgo Rodríguez, 2006); (García de la Figal Costales, 2007)(CAPACITACIÓN, 2007) ; (García de la Figal Costales & Callejas Torres, 2007).

Se realiza el estudio sobre el proceso de formación en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería a partir de 1950, década en la que se fundan la Universidad de Oriente y la Universidad "Marta Abreu" de Las Villas, lo cual permitió extender al oriente y centro del país la formación de ingenieros.

A partir de las transformaciones que se producen se distinguen tres etapas a través de las cuales se analiza la evolución de este proceso, en correspondencia con los siguientes indicadores:

- Aplicación práctica de los contenidos.
- Tratamiento teórico de los contenidos.

- Uso de recursos tecnológicos de la matemática.

*Primera etapa (1950 - 1975): Formación espontánea en Cálculo Infinitesimal para ingenieros.*

Los estudios de ingeniería en Cuba comienzan el 30 de junio del año 1900, en la antigua Escuela de Ingenieros, Electricistas y Arquitectos de la Universidad de La Habana. La inclusión de la ingeniería en el seno de la Universidad permitió no solo que el estudiantado nutriera y se hiciera heredero de ese acervo cultural de carácter humanista que caracteriza esa institución sino que emprendiera un proceso de apropiación de la cultura ingenieril cimentada en el Cálculo Infinitesimal.

Con el nacimiento de la Universidad de Oriente, en 1947 y la Universidad "Marta Abreu" de Las Villas, en 1952 se extiende la formación de ingenieros al resto del país y se adquiere cierto grado de madurez científica; pero los profesores concebían la formación según su propia cultura y la actividad docente estaba caracterizada exclusivamente por el verbalismo intelectualista, quedándole al estudiante solo la repetición, la fijación y la memorización de conceptos matemáticos.

En esta etapa los contenidos del Cálculo Infinitesimal son formalizados con un rigor matemático moderado, pero la aplicación práctica de los mismos se hace a través de la ejemplificación de casos aislados y es limitada la vinculación de la teoría con la práctica. Ello provoca que no exista una sistematización adecuada de sus conceptos y que los estudiantes no se apropien del método particular de trabajo del Cálculo Infinitesimal, lo que le impide establecer analogías entre problemas de diferente naturaleza a los que se aplica un mismo método de solución, lo que conduce a una limitada formación en Cálculo Infinitesimal para ingenieros.

Con la Reforma Universitaria de 1962 se transforma la concepción general en la formación del profesional de ingeniería, redimensionándose su intencionalidad estratégica hacia la responsabilidad de formar un nuevo profesional que responda a las exigencias sociales del nuevo sistema político que se conformó desde el 1 de enero de 1959. Se posibilita entonces el florecer de instituciones y reglamentaciones institucionales que inducen premisas y condiciones en este sentido.

Se orienta la creación de programas de matemática que se elaboraban de manera independiente en cada una de las universidades existentes, los cuales estaban atiborrados de contenidos con un carácter racionalista, académico y se presentaban metafísicamente sin una lógica interna, en partes aisladas e impartidos como verdades acabadas y disociados de las experiencias y realidades de los estudiantes y su contexto. Los planes de estudios para las carreras de ingeniería se limitan a un listado de asignaturas.

Aunque existe una intención en la política educativa de concebir un cambio en el proceso de formación en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería en correspondencia con las exigencias sociales, sin embargo la generalidad de los profesores no contaban con una preparación científico-metodológica que lo hiciera posible. Esta insuficiente preparación está dada por ser profesores noveles que se incorporan a la educación superior como respuesta al aumento de la matrícula universitaria luego del triunfo de la revolución cubana.

En 1967 comienza la colaboración de profesores, principalmente de la Universidad de La Habana, con matemáticos franceses y alemanes occidentales. Esto devino en un momento significativo para esta ciencia en Cuba, particularmente en el Análisis Funcional. Esta colaboración influyó notablemente en la actualización en los contenidos de las asignaturas de matemática y en la definición de líneas investigativas, lo cual permitió la elevación del nivel científico de los profesores de matemática en las universidades.

El período 1967–1972 es considerado como de actualización y recalificación del personal docente de estas disciplinas matemáticas. En él la formación en Cálculo Infinitesimal se imparte a grandes grupos integrados por estudiantes que cursan no solo diferentes especialidades de ingeniería, sino otras carreras como matemática y física; es en muchos casos impartida por profesores graduados en ingeniería.

Se utilizan como textos básicos para las asignaturas de matemática, y en particular para las de Cálculo Infinitesimal, los libros de la serie Schaum que exponen contenidos formalizados con un adecuado rigor matemático e incluyen un gran número de ejercicios resueltos y propuestos que dan al profesor la posibilidad de trazar estrategias didácticas encaminadas a la sistematización en Cálculo Infinitesimal signadas por la práctica ingenieril.

La aplicación de recursos tecnológicos en el proceso de formación en Cálculo Infinitesimal, dirigido a la solución de problemas relacionados con el perfil profesional, como vía para la consolidación y profundización de los conocimientos, se limita al uso de tablas matemáticas y reglas de cálculo.

En resumen, esta etapa se caracteriza por una elevada aplicación práctica de los contenidos al focalizarse en espacios dedicados al cálculo de magnitudes, pero se restringen a problemas modelados de escasa significación práctica y no se hace énfasis en la interpretación del resultado. El tratamiento teórico de los contenidos es moderado, mostrando en los textos básicos empleados en la enseñanza solo aquellas demostraciones de teoremas y propiedades de carácter utilitario. Así mismo, el uso de recursos tecnológicos de la matemática es prácticamente inexistente y se limita solo al empleo de tablas matemáticas y reglas de cálculo.

*Segunda etapa (1976-1997): Formación teórico procedimental en Cálculo Infinitesimal para ingenieros.*

La creación del Ministerio de Educación Superior de Cuba en el año 1976 trajo consigo que se elevara el número de centros de educación superior en el país y el incremento de las carreras, en particular las de ingeniería; ello produjo el aumento considerable de la matrícula y el incremento del claustro de profesores.

Ante el reto de la masificación en la educación superior en el curso escolar 1977-1978 se comenzó a aplicar el Plan de Estudios "A" que tiene entre sus objetivos unificar criterios en cuanto a los programas de las asignaturas y planes de estudio que hasta este momento se elaboraban de manera independiente en cada una de las universidades en el país. En 1982 entra en vigor el plan de estudio "B", el cual significó un paso de avance con respectaal Plan "A", cuyorasgomásdistintivoconsistióen la optimización y racionalización de los programas de las asignaturas y la intención declarada hacia el uso de la computación.

En los planes "A" y "B" dirigidos a las carreras de ingeniería se observa un aumento de los contenidos y horas clases en las asignaturas que comprendían el Cálculo Infinitesimal y estuvieron fuertemente influenciados por la pedagogía del campo socialista (República Democrática Alemana y Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas). Estos planes se dirigen a la formación de ingenieros en perfiles estrechos lo que provoca que aparezcan subdivisiones en las especialidades que tradicionalmente se impartían en Cuba.

Entre los textos básicos propuestos por estos planes de estudio estaban: Cálculo Diferencial e Integral de (Piskunov, 1977) y Problemas y ejercicios de Análisis Matemático de (Demidovich, Maron, & Baeza, 1977); entre otros que, si bien traen un número significativo de ejercicios, están concebidos para una sistematización de los contenidos que contribuya más a la apropiación de la cultura matemática que a la apropiación de la cultura ingenieril.

Aunque estos planes promueven avances en el tratamiento didáctico-metodológico de los programas, la interrelación y secuencia de las asignaturas de matemática, el énfasis fundamental estuvo en la elaboración de los objetivos generales y específicos de la disciplina pero sin tener en cuenta el grado de profundización, riqueza y sistematización de las habilidades lógicas inherentes.

Con el inicio del derrumbe del campo socialista y el comienzo del período especial se produce un redimensionamiento de la educación superior que trajo aparejado una reducción de la matrícula, regulada por exámenes de ingreso, y la reducción del número de carreras agrupando las especialidades en carreras de perfil amplio.

Lo anterior conduce a que se elaboren los planes de estudio "C" para las carreras de ingeniería, que entran en vigor a partir del curso 1990-1991, lo que permitió la aplicación más consecuente del principio de la sistematicidad de la enseñanza, a partir de los temas, asignaturas, disciplinas, niveles, años y carrera, que garantizan el logro de los objetivos del modelo del profesional. Además lleva a un incremento en la formación práctica del ingeniero.

El nuevo plan de estudio establece la disciplina Matemática Básica que vincula, esencialmente, los tópicos: límite y continuidad, derivación, integración y ecuaciones diferenciales ordinarias. Además, mantiene la intención formativa del ingeniero con el uso de la computación, la que se concreta con el empleo de los asistentes matemáticos en la solución de problemas profesionales tales como: Derive y Mathematica.

En síntesis, esta etapa se caracteriza por una limitada aplicación práctica de los contenidos que el proceso de formación en Cálculo Infinitesimal se concibe fundamentalmente desde lo teórico procedimental y prevalece la aplicación a ejercicios descontextualizados, lo cual trae consigo la pérdida de significados y sentido de los conceptos matemáticos. El tratamiento teórico de los contenidos es excesivo y propicia la formación en Cálculo Infinitesimal sin sustento en la práctica ingenieril. También, aumenta el uso de recursos tecnológicos, manifestándose en la sustitución de las reglas de cálculo por las calculadoras electrónicas y el incipiente empleo de asistentes matemáticos.

*Tercera etapa (1998 hasta la actualidad): Formación contextualizada en Cálculo Infinitesimal para ingenieros*

A partir del curso escolar 1998-1999, se introdujeron los planes de estudio "C perfeccionados", donde se declaran los objetivos como categoría rectora del proceso formativo del ingeniero. Se propicia el incremento de habilidades práctico-profesionales a partir de la vinculación de los contenidos del Cálculo Infinitesimal con el modelo del profesional y se rescata la formación de ingenieros de perfil amplio con mayor integración de los componentes académico, laboral e investigativo.

El plan "C perfeccionado" muestra un avance en cuanto a la formación del ingeniero retomando su formación de amplio perfil profesional, la que se corresponde con las condiciones socioeconómicas y productivas del país. Además, concreta y consolida las concepciones y experiencias acumuladas en el orden pedagógico, científico y productivo.

Se hace énfasis en que la resolución de problemas constituye el rasgo característico del proceso de enseñanza aprendizaje de las matemáticas y destaca su importancia para la formación del pensamiento creador en los alumnos y el desarrollo de su independencia cognoscitiva.

Posterior al comienzo de la aplicación de este plan aparecen investigaciones dirigidas al proceso de resolución de problemas matemáticos contextualizados,

pero en la medida que se avanza en la aplicación práctica de los contenidos se constata un deterioro en su formalización matemática al considerar algunos profesores que el rigor en el tratamiento de los contenidos conduce a descuidar la aplicación práctica.

Las investigaciones realizadas en la Educación Superior Cubana, la nueva realidad educacional y social cubana, así como los adelantos en la Ciencia y la Técnica, que incluye la introducción masiva de las tecnologías de la informática y las comunicaciones, imponen un cambio en los planes de estudio, el cual se han dado en llamar Plan de estudio "D". Este plan se inicia en el curso 2007-2008, donde se conserva y profundiza el modelo pedagógico de perfil amplio basado fundamentalmente en la necesidad de una formación básica profunda que le permita al profesional resolver los principales problemas que se presenten en las diferentes esferas de su actuación profesional. Además tiene en cuenta la Informatización de la Sociedad Cubana, aspecto este que provoca profundas transformaciones en los métodos de enseñanza e implicando cambios importantes en los roles principales del profesor y del estudiante, al igual que en la propia profesión y el desempeño del futuro ingeniero.

Este plan de estudio logra un mayor grado de racionalidad en la concepción de las disciplinas y sus asignaturas comunes para diferentes carreras y en los textos básicos a emplear. A este fin se revitalizan las Comisiones Nacionales de Disciplina, las que trabajan en estrecha relación con las Comisiones Nacionales de Carrera. Además, se incrementan los trabajos y proyectos de curso que integran contenidos de las asignaturas relacionadas con el Cálculo Infinitesimal.

Se declara que la disciplina Matemática contribuye al desarrollo del pensamiento lógico y algorítmico, además aporta los fundamentos básicos de un especialista en Ciencias Técnicas, 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 particular, como aspectos específicos de la contribución del Cálculo Infinitesimal a la formación del futuro ingeniero, se distinguen los siguientes:

- Mediante la abstracción se contribuye a ampliarla madurez matemática y su capacidad de trabajo.
- Desarrolla habilidades para la comunicación y comprensión de propiedades y características matemáticas de magnitudes y formas.
- Tributa a la conformación de una cultura científica general e integral actualizada.
- Identifica, interpreta, analiza y construye modelos matemáticos de procesos técnicos, productivos y científicos vinculados a la ingeniería, así

como resuelve los problemas de índole matemática a los que estos conducen, utilizando los contenidos del Cálculo Infinitesimal y las técnicas modernas de cómputo.

Dado el gran volumen de contenidos de Cálculo Infinitesimal que requieren la carrera de ingeniería y la imposibilidad real de aumentar aún más el número de horas dedicadas a su estudio se realiza un rediseño de las asignaturas que permita integrar los contenidos a partir de las relaciones y generalizaciones posibles, que nos significa una exposición secuencial y comprimida de lo que plantea el programa, por lo que se propone llevar a efecto un tratamiento novedoso y creativo de los contenidos que responda a los objetivos planteados en sus programas.

Se trabaja en lograr que los estudiantes se apropien de los aspectos esenciales del Cálculo Infinitesimal para la carrera a partir de comprender bajo qué condiciones se aplican los métodos estudiados, cuáles son sus insuficiencias y que otras variantes pudieran utilizarse. También se promueve que investiguen, expongan y discutan sobre la utilización de otros modelos matemáticos empleados en la carrera; lo que requiere una constante actualización de los profesores de matemática.

Los asistentes matemáticos están destinados a la resolución de ejercicios relacionados con el perfil profesional pero no se utiliza como mediadores didácticos en la construcción del conocimiento del Cálculo Infinitesimal.

Se utilizan como textos básicos para las asignaturas de Cálculo Infinitesimal: Cálculo con trascendentes tempranas, de (Stewart, 2006) y Cálculo con geometría diferencial, de (Sowkosky, 2003). Ellos son ejemplo de textos donde se exponen contenidos formalizados matemáticamente y los teoremas se demuestran en su mayoría; el resto de los teoremas se dejan como ejercicios o sin demostración, con una explicación intuitiva, cuando esta es algo difícil.

En general, los ejercicios que proponen los textos actuales tienen como objetivo la comprensión de los conceptos del Cálculo Infinitesimal sobre la base de la aplicación sus recursos teóricos y el uso de las nuevas tecnologías; en este caso se señala cuando es necesario utilizar una calculadora científica, una gráfica o un asistente matemático. Todo ello brinda al profesor la posibilidad de trazar estrategias didácticas encaminadas a la sistematización en Cálculo Infinitesimal que tomen en cuenta la comprensión de los conceptos del Cálculo Infinitesimal en su relación con la práctica ingenieril.

En resumen, la aplicación práctica de los contenidos tiene un nivel alto pues se desarrollan estrategias didácticas que propician la solución de ejercicios contextualizados, pero se aprecia que los estudiantes tienen el mal hábito de resolverlos mecánicamente al repetir, sin mucho análisis, los métodos de

trabajos que se utilizaron en ejemplos anteriores, lo cual les permite obtener buenas calificaciones en exámenes del mismo corte, pero con muy poca huella en la memoria a largo plazo. El tratamiento teórico de los contenidos disminuye su nivel, que está por debajo de la segunda etapa, pero por encima de la primera, lo cual se debe a que algunos profesores ven el énfasis en una presentación clara y rigurosa como una distracción para aplicación de los contenidos del Cálculo Infinitesimal. Así mismo, el uso de recursos tecnológicos es alto, debido al surgimiento de calculadoras gráficas y asistentes matemáticos, que están limitados solo por la velocidad de los microprocesadores de las computadoras personales donde se instalan.

Un análisis del comportamiento de los indicadores en cada una de las etapas revela las siguientes tendencias en el proceso de formación en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería:

- Una aplicación práctica de los contenidos que transita hacia niveles altos en este indicador; no obstante se destaca una insuficiente comprensión analítica en los estudiantes al resolver los ejercicios repitiendo sin mucho análisis los métodos de trabajos que se utilizan en Cálculo Infinitesimal.
- Disminución en el tratamiento teórico de los contenidos, lo cual sesga la aplicación práctica de los mismos y el uso de los recursos tecnológicos.
- El uso creciente de recursos tecnológicos dado su valor para interpretar conceptos, obtener y comparar resultados, sacar conclusiones y resolver problemas que manualmente resultarían muy engorrosos. Sin embargo, predomina el uso indiscriminado de estos recursos tecnológicos, lo que origina pérdida de significados y sentidos de los conceptos matemáticos.

Estas tendencias reafirman la necesidad de la reconstrucción teórica de una nueva dinámica del proceso de formación en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería que tome en cuenta la apropiación del contenido en su relación con su aplicación a la solución de problemas matemáticos relacionados con la práctica profesional.

## CONCLUSIONES

El análisis de las tendencias históricas permite revelar que la dinámica del proceso de formación en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería en Cuba ha transitado por tres etapas: la primera, de organización espontánea; la segunda, de formación teórico procedimental y la tercera, de formación contextualizada.

El tratamiento metodológico de los contenidos en su evolución histórica evidencia un tránsito gradual hacia la contextualización del contenido y el amplio uso de los asistentes matemáticos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez, Ariane Álvarez, Rabell, Lourdes María Hernández, Ramos, Juan Francisco Cabrera, & Tunis, Elsa Margarita Herrero. (2013). Estudio de las dimensiones de la integración de las TIC en una universidad tecnológica cubana. *Revista cubana de ingeniería*, 4(3), 5-14.

Álvarez Valiente, Ilsa. (1999). El proceso y sus movimientos: Modelo de la dinámica del proceso docente educativo en la Enseñanza Superior. *Santiago de Cuba: Universidad de Oriente*.

Capacitación y docencia. (2007). El plan de estudio de Ingeniería Agrícola para Cuba. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 16(4).

Demidovich, Boris Pavlovich, Maron, Isaak Abramovich, & Baeza, Rafael Portaencasa. (1977). *Cálculo numérico fundamental*: Paraninfo.

García de la Figal Costales, Armando Eloy. (2007). Análisis de los planes de estudio de la Ingeniería Agrícola en el mundo. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 16(2).

García de la Figal Costales, Armando Eloy, & Callejas Torres, Juan Carlos. (2007). El plan de estudio de Ingeniería Agrícola para Cuba. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 16(4).

Hidalgo Rodríguez, Elaine Maria. (2006). Diseño curricular de la disciplina Procesos Tecnológicos en la carrera de Ingeniería Mecánica en la Universidad de Pinar del Río.

Piskunov, N. (1977). Cálculo diferencial e integral.

Stewart, James. (2006). Cálculo con Trascendentes Tempranas. Partes 1 y 2: La Habana: Félix Varela.

Superior, Ministerio de Educación. (2003). Documento base para la elaboración de los planes de estudio " D": MES La Habana.

Swokowski, E. (2003). (2da. Ed.). Cálculo con Geometría Analítica. Tomo I-II-III. La Habana. Editorial Félix Varela.