

EL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL CÁLCULO INFINITESIMAL: UNA CARACTERIZACIÓN EPISTEMOLÓGICA.

THE LEARNING-TEACHING PROCESS IN INFINITESIMAL CALCULATION: AN EPISTEMOLOGICAL CHARACTERIZATION.

MC. Jorge Manuel Ríos Obregón^o

Lic. Juan Ruperto Oliver Ventura^{oo}

Dr. C. José Raúl Díaz López^{ooo}

Dr. C. Alejandro E. Estrabao Pérez^{ooo}

Dr. C. Manuel Guillermo Valle Fasco^o

^o **Universidad de Sancti Spíritus "José Martí Pérez"**

^{oo} **Universidad de Ciencias Médicas de Sancti Spíritus "Dr. Faustino Pérez Hernández"**

^{ooo} **Universidad de Oriente**

rios@suss.co.cu

Palabras claves: matemática, cálculo infinitesimal, proceso de enseñanza aprendizaje, sistematización.

Keywords: mathematics, infinitesimal calculus, learning-teaching process, systemization

Resumen

La investigación que sustenta el presente artículo responde a la necesidad de lograr una comprensión del proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo Infinitesimal, que contribuya a la superación de las insuficiencias en la sistematización del contenido. En ella se promueve y desarrolla la reflexión crítica y constructiva de los conceptos, principios y mecanismos que caracterizan este proceso desde una perspectiva que permita acometer el perfeccionamiento de dicho proceso en la educación superior.

Se abordan los diferentes elementos que se estructuran para revelar que su esencia está en la relación dialéctica entre la formalización matemática del Cálculo Infinitesimal y su visualización. Esta caracterización epistemológica advierte que en el proceso de síntesis de esta relación dialéctica se favorece un suficiente nivel de sistematización, lo que sirve como fundamento para el diseño de estrategias que contribuyan a la superación de las insuficiencias en la sistematización del contenido.

Abstract

The investigation that supports the present article answers to the need for achieving an understanding of the Infinitesimal Calculus teaching-learning process that contributes to overcome insufficiencies in content systematization. The critical and constructive reflection of concepts, principles and mechanisms characterizing the Infinitesimal Calculus teaching-learning process is promoted and developed from a perspective that leads to the improvement of the above mentioned process in higher education.

The various elements structured in the Infinitesimal Calculus teaching-learning process are presented to reveal that its essence is in the dialectic relationship between the

mathematical formalization of the Infinitesimal Calculus and its visualization. This epistemological characterization draws attention on the fact that in the process of synthesizing this dialectic relationship, a sufficient systematization level is favored, which serves as basis to design strategies contributing to overcome insufficiencies in content systematization.

INTRODUCCIÓN

La formación de profesionales con una preparación matemática que les permita enfrentar los retos que impone cada día el desarrollo científico técnico es, en la actualidad, una tarea de prioridad que enfrentan las instituciones de educación superior.

Es por esto que el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Matemática constituye hoy día un tema de interés mundial, que con diferentes matices, enfoques y concepciones, se estudia e investiga dada la insatisfacción generalizada que existe sobre el nivel de uso y manejo de la Matemática en el desarrollo y dinámica del proceso de formación de los profesionales, en particular de los ingenieros. De aquí que el mejoramiento de la calidad de su proceso de enseñanza-aprendizaje sea una aspiración generalizada.

En la literatura se encuentran trabajos relacionados con el perfeccionamiento del proceso de enseñanza-aprendizaje de la matemática para los estudiantes de ingeniería. Para el ingeniero militar es importante el trabajo de RODRÍGUEZ (1992) sobre la base de la Teoría de P. Ya. Galperin acerca de la asimilación por etapas de las acciones mentales y los resultados de UGALDE (1998), quien modela la lógica de actuación del profesional en una asignatura básica y obtiene como resultado un modelo didáctico de actuación profesional en la Matemática; pero este autor no profundiza en la dinámica del proceso.

Todos estos resultados constituyen importantes avances en el perfeccionamiento del proceso de enseñanza-aprendizaje de la matemática en diferentes carreras.

Sin embargo, se ha podido constatar en los Centros de Educación Superior de Cuba que aun existen dificultades que limitan el desempeño, lo que se manifiesta en el bajo rendimiento académico en las asignaturas de matemática y en la deficiente utilización de conceptos matemáticos en la descripción e interpretación de los diferentes fenómenos y procesos relacionados con la carrera de estudio. A ello se suma la ineficaz selección de herramientas matemáticas y procedimientos operacionales adecuados a la solución de problemas profesionales.

Una valoración de las principales influencias sobre la situación problemática planteada revela los siguientes elementos:

1. Sistematización del cálculo diferencial e integral, cuya insuficiencia limita el establecimiento de nexos entre los diferentes conceptos de estas dos teorías del cálculo infinitesimal, así como para la utilización de analogías, homologías e isomorfismos en la solución de problemas profesionales.
2. Significado y sentido que dan los estudiantes a los diferentes conceptos que emplea la matemática, cuya falta ocasiona la ineptitud para su uso e interpretación de fenómenos y procesos en los problemas de la profesión
3. Aumento de la complejidad del campo de actuación profesional a un ritmo creciente,

lo que ha promovido, junto a otros factores, el desarrollo vertiginoso de la informatización del conocimiento y la introducción de sus resultados como herramientas de cálculo y diseño tecnológico, pero su introducción indiscriminada en el proceso de enseñanza aprendizaje puede asociarse al empobrecimiento de los significados y sentidos que los estudiantes dan a los conceptos matemáticos.

En correspondencia, se hace necesaria la caracterización epistemológica del proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo Infinitesimal revelando sus principales elementos componentes e interrelaciones.

DESARROLLO

El Cálculo Infinitesimal, conocido también como Cálculo o Análisis Infinitesimal surge (WUSSING, 1989) como disciplina matemática del estudio de dos grandes grupos de problemas. De una parte, problemas de naturaleza mecánico-físicos y mecánico-geométricos, relacionados directamente con el progreso de las ciencias naturales y el desarrollo de los instrumentos mecánicos de producción. De otra parte, interrogantes estrictamente geométricas en las que el estudio de curvas, áreas y cuerpos se concebía como problema matemático abstracto.

La regularidad de todos estos problemas (GUERRERO, 2001) es la necesidad de determinar procedimientos para calcular magnitudes en situaciones en las que los objetos de medición tienen que ser modelados con el empleo de variables dependientes e independientes, lo cual se considera como el problema general que estudia el Cálculo Infinitesimal.

El Cálculo Infinitesimal resume todo un conjunto de procedimientos para determinar y calcular magnitudes en situaciones en las que los objetos de medición son modelados con el empleo de variables que asumen un número infinito de valores. El conjunto de los problemas, que responde a las características esenciales del problema general que estudia el Cálculo Infinitesimal, puede reagruparse en clases definidas por un único procedimiento de esta disciplina; las que referimos a continuación:

- Cálculo de magnitudes de segmentos inconmensurables con la unidad.
- Cálculo de los valores irracionales de una función real.
- Cálculo del coeficiente de variación de una magnitud variable con respecto a otra de la cual depende.
- Cálculo de la extensión espacial de los objetos.
- Estudio de fenómenos dinámicos (dependientes explícitamente del tiempo).

Estas clases de problemas condujeron al desarrollo de las diferentes teorías que integran el Cálculo Infinitesimal. La primera de estas clases de problemas dio lugar a la Teoría de los Números Reales; en tanto que la segunda originó la Teoría de las Funciones Reales de Variables Reales y, muy asociados a ésta, los conceptos de límite y continuidad. Por su parte, la tercera clase de problemas se vincula con la Teoría del Cálculo Diferencial y sus Aplicaciones; mientras que con la Teoría del Cálculo Integral está relacionada la cuarta

clase de problemas. Con la quinta clase de problemas se relaciona la Teoría de las Ecuaciones Diferenciales.

Cada una de las teorías mencionadas opera con un procedimiento infinitesimal particular, asociado a la naturaleza de la magnitud que se mide. Por ejemplo, en la Teoría del Cálculo Diferencial, la derivada -como operación- es el procedimiento infinitesimal utilizado para el cálculo de magnitudes que expresan un coeficiente de variación de dos magnitudes ligadas; como son los casos de la velocidad y de la pendiente.

El proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo Infinitesimal en la educación superior incluye los fundamentos de las principales teorías que componen la mencionada disciplina científica. El estudio de las funciones, el límite y la continuidad, la derivada, la integral y las ecuaciones diferenciales ordinarias; es parte de la formación matemática en las carreras técnicas y de ciencias de la educación superior.

Este proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo Infinitesimal, en el contexto de la educación superior, constituye un proceso de naturaleza holística, consciente y dialéctica, en el que se establecen complejas relaciones que se dan en la actividad y en la comunicación de los sujetos implicados y donde el alumno, a partir de las cualidades que lo tipifican en la educación superior; se instruye, se educa y se desarrolla, esto es, se transforma a través de la integración de actividades de carácter académico, investigativo y laboral.

Plantea Fuentes 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.” FUENTES (2009)

Desde esta perspectiva, teniendo en cuenta las especificidades del proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo Infinitesimal, en el presente artículo argumentamos la tesis de que lo que revela el movimiento ascendente y en desarrollo de este proceso 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. (Figura 1)

La “formalización matemática del Cálculo Infinitesimal” es un proceso abstracto, cíclico y progresivo, propio de la dinámica del proceso de enseñanza-aprendizaje que permite la construcción del conocimiento matemático sobre la base de conceptos definidos por axiomas simbólico-verbales y nuevas propiedades deducidas por procesos formales.

La “visualización del Cálculo Infinitesimal” es un proceso concreto que, a través del uso de imágenes gráfico-intuitivas, propicia la realización, la ejecución y la propia construcción del conocimiento matemático desde una perspectiva dinámica del proceso de enseñanza-aprendizaje.

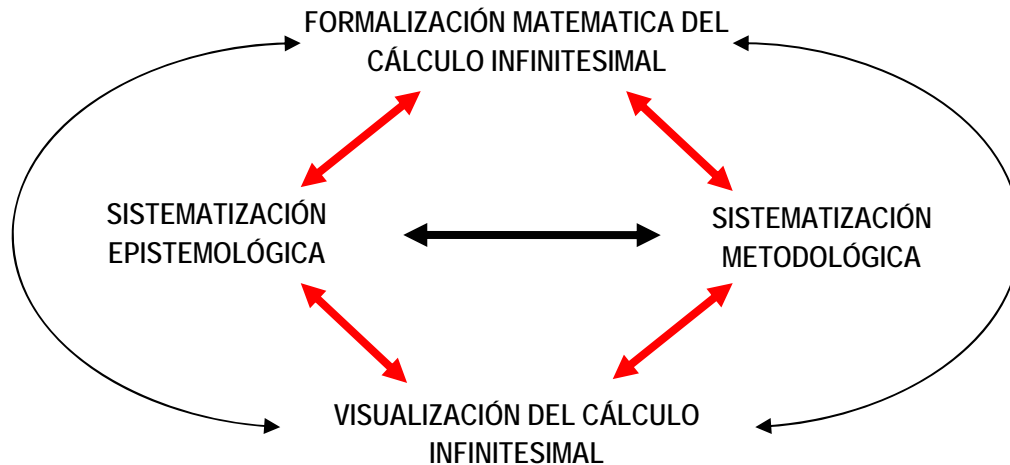


Figura 1.- Relación dialéctica entre la sistematización epistemológica y metodológica de cuya síntesis emerge el par dialéctico “formalización matemática del cálculo infinitesimal”-“visualización del cálculo infinitesimal”

La “formalización matemática del Cálculo infinitesimal” y la “visualización del Cálculo Infinitesimal” constituyen también procesos subjetivo-objetivos que aportan a una estructuración diversa, esencial y flexible de los diversos factores que influyen y condicionan el proceso de enseñanza-aprendizaje. Ambos procesos, como contradicciones que condicionan el desarrollo de la dinámica del proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo Infinitesimal, tienen lugar progresivamente en los diferentes niveles cognitivos: observación, comprensión, explicación e interpretación.

En la comunidad matemática es común la afirmación de que para el alumno es muy difícil la comprensión e interpretación de los conceptos del Cálculo Infinitesimal en la dinámica del proceso de enseñanza-aprendizaje debido al alto nivel de abstracción al cual es necesario llegar. De manera que el problema didáctico a resolver, que es el conjunto de procedimientos necesarios para la asimilación de los conceptos, se desvía hacia metas enfocadas más bien hacia la formalización de los mismos. Un recurso, empleado con frecuencia en la práctica docente, es la ilustración gráfica de situaciones que llevan a los conceptos por un camino inductivo deductivo, lo que denominamos un proceso de visualización del Cálculo Infinitesimal.

Como ejemplo de la relación dialéctica entre la “formalización matemática del Cálculo Infinitesimal” y la “visualización del Cálculo Infinitesimal” está el problema del área de la región S limitada por la gráfica de una función continua f [donde $f(x) \geq 0$], las rectas verticales $x = a$, $x = b$ y el eje x . (Figura 2)

Al intentar resolver el problema del área tenemos que hacer notar al estudiante que sólo se conoce el área de figuras geométricas de lados rectos, como el rectángulo, la cual se define como el producto del largo por el ancho. Sin embargo, no es fácil hallar el área de una región de lados curvos. Todos tenemos una idea intuitiva de lo que es el área de una región, pero parte del problema es precisar esta idea intuitiva dando una definición exacta de área. La idea a seguir consiste en obtener una aproximación de la región S por medio de rectángulos y después tomar el límite de las áreas de éstos.

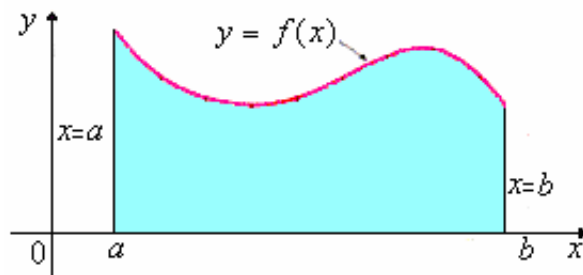


Figura 2.- Región S bajo la curva $y = f(x)$.

Empecemos por subdividir S en n franjas S_1, S_2, \dots, S_n de anchos iguales. (Figura 3) El ancho del intervalo $[a, b]$ es $b - a$, de modo que el ancho de cada una de las n franjas es $\Delta x = \frac{b-a}{n}$.

Estas franjas dividen el intervalo $[a, b]$ en n subintervalos $[x_0, x_1], [x_1, x_2], [x_2, x_3], \dots, [x_{n-1}, x_n]$ donde $x_0 = a$ y $x_n = b$. Los puntos de la derecha de los subintervalos son $x_1 = a + \Delta x$, $x_2 = a + 2\Delta x$, $x_3 = a + 3\Delta x$, ...

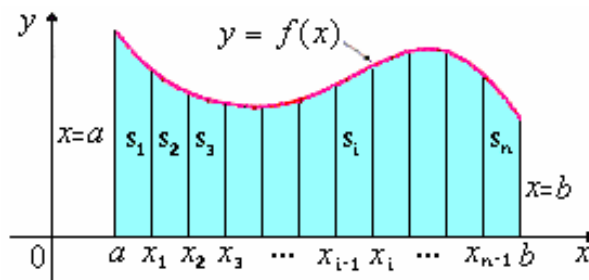


Figura 3.- Subintervalos en que se divide el intervalo $[a, b]$

Obtengamos una aproximación de la i -ésima franja, S_i , con un rectángulo de ancho Δx y altura $f(x_i)$, que es el valor de f en los extremos de la derecha. (Figura 4) Entonces el área de la i -ésimo rectángulo es $f(x_i) \cdot \Delta x$.

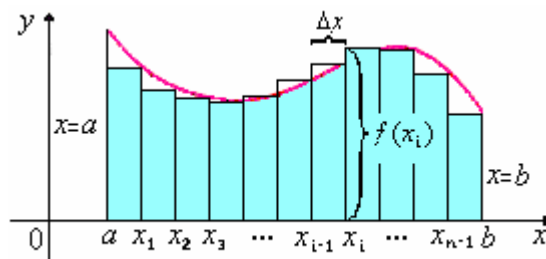


Figura 4.- Aproximación de la i -ésima franja S_i a partir del punto extremo de la derecha

Esto nos permite concebir intuitivamente que el área S se aproxime a la suma de las áreas de los rectángulos $R_n = f(x_1)\Delta x + f(x_2)\Delta x + \cdots + f(x_n)\Delta x$.

El área A de la región S que se encuentra debajo de la gráfica de la función continua f es el límite de la suma de las áreas de los rectángulos de aproximación:

$$A = \lim_{n \rightarrow \infty} R_n = \lim_{n \rightarrow \infty} (f(x_1)\Delta x + f(x_2)\Delta x + \cdots + f(x_n)\Delta x)$$

Es importante advertir al estudiante que se puede probar que el límite anterior siempre existe puesto que se supone que $f(x)$ es continua. También se puede demostrar que obtenemos el mismo valor con los puntos extremos de la izquierda:

$$A = \lim_{n \rightarrow \infty} L_n = \lim_{n \rightarrow \infty} (f(x_0)\Delta x + f(x_1)\Delta x + \cdots + f(x_{n-1})\Delta x)$$

De hecho, en lugar de usar los puntos derechos o izquierdos, podríamos tomar la altura de los i -ésimos rectángulos como el valor de f en cualquier número x_i^* en perteneciente al i -ésimo subintervalo $[x_{i-1}, x_i]$. A estos números $x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*$ los llamamos puntos muestra. A continuación (Figura 5) se presentan los rectángulos de aproximación cuando se eligen puntos muestras diferente de los puntos extremos derechos o izquierdos.

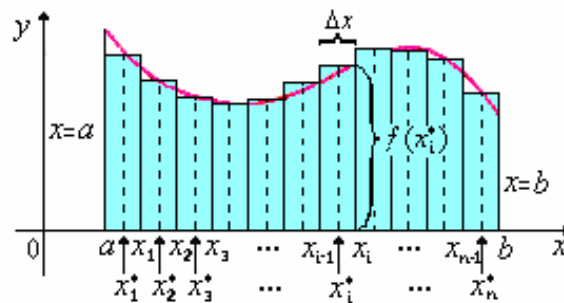


Figura 5.- Aproximación de la i -ésima franja S_i a partir de los puntos muestra

Los puntos muestras ofrecen una expresión más general para el área A de la región S , de ahí que

$$A = \lim_{n \rightarrow \infty} (f(x_1^*)\Delta x + f(x_2^*)\Delta x + \cdots + f(x_n^*)\Delta x)$$

Con frecuencia utilizamos la notación sigma para escribir más compacta las sumas con muchos términos, con lo que la expresión del el área A de la región S queda como sigue.

$$A = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n f(x_i^*)\Delta x \quad (1)$$

La formalización del área A de la región S como el límite, cuando n tiende a ∞ , de la suma del área de n rectángulos no sólo constituye ejemplo de la unidad dialéctica entre la “formalización matemática del Cálculo Infinitesimal” y la “visualización del Cálculo Infinitesimal”, sino que revela el movimiento ascendente y en desarrollo en la construcción del conocimiento matemático del Cálculo Infinitesimal.

Este ejemplo muestra como la “formalización matemática del Cálculo Infinitesimal” y la “visualización del Cálculo Infinitesimal” son procesos que se complementan en la construcción del conocimiento matemático a la vez que se contraponen en el empleo de diferentes formas de expresión: el primero hace uso del lenguaje simbólico abstracto y el segundo utiliza métodos gráficos-intuitivos, constituyendo una expresión singular de la relación entre lo abstracto y lo concreto.

La relación dialéctica entre la “formalización matemática del Cálculo infinitesimal” y la “visualización del Cálculo Infinitesimal” que se despliega durante la profundización del contenido se sintetiza en el concepto: “sistematización en Cálculo Infinitesimal” por una parte, y por la otra, en el concepto: “generalización formativa matemática”. (Figura 6)

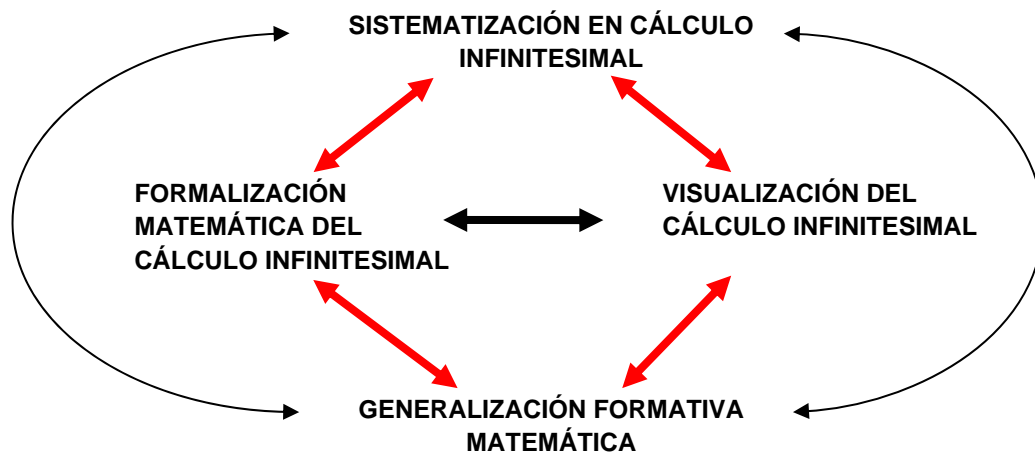


Figura 6.- Relaciones dialécticas de la dinámica del proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo Infinitesimal.

Entendemos la “sistematización en Cálculo Infinitesimal” como un proceso dinámico, secuenciado y trascendente de apropiación de la cultura matemática que transita hacia niveles superiores en la profundización del contenido al revelar relaciones estructurales que conducen a nuevas relaciones de síntesis en la estructura conceptual y metodológica, a partir de la apropiación del método particular de esta ciencia mediante la resolución de problemas.

Por su parte, la “generalización formativa matemática” se entiende como un proceso en el que el sujeto da nuevo significado epistemológico a los conocimientos y transpone métodos de solución de una clase de problemas a otra, mediante analogías. Esta generalización tiene gran significación en la apropiación de la cultura matemática pues posibilita que, desde cualquier contenido del Cálculo Infinitesimal, se desarrolle la formación general de un sujeto universal en el contexto profesional.

Expongamos como ejemplo el problema de la distancia recorrida por un objeto durante cierto período, si se mueve con velocidad $v = f(t)$, donde $a \leq t \leq b$ y $f(t) \geq 0$.

Tomamos las lecturas de la velocidad en los instantes $t_0(=a), t_1, t_2, \dots, t_n(=b)$ de forma que la velocidad sea aproximadamente constante en cada subintervalo $[t_{i-1}, t_i]$, $i = 1, 2, \dots, n$. Si

estos instantes están igualmente espaciados, entonces el tiempo entre lecturas consecutivas es $\Delta t = \frac{b-a}{n}$.

Durante el primer intervalo la velocidad es, aproximadamente, $f(t_0)$ y por consiguiente la distancia recorrida es aproximadamente $f(t_0) \cdot \Delta t$. De manera análoga, la distancia recorrida durante el segundo intervalo es $f(t_1) \cdot \Delta t$. Así, sucesivamente, en el intervalo n la distancia recorrida está próxima a $f(t_{n-1}) \cdot \Delta t$. La distancia total recorrida durante el intervalo $[a, b]$ es poco más o menos

$$f(t_0) \cdot \Delta t + f(t_1) \cdot \Delta t + \cdots f(t_{n-1}) \cdot \Delta t = \sum_{i=1}^n f(t_{i-1}) \cdot \Delta t$$

En cada subintervalo se ha tomado la lectura de velocidad del extremo izquierdo. Si usamos la velocidad de los puntos extremos derechos, en lugar de los izquierdos, la estimación para la distancia total recorrida queda:

$$f(t_1) \cdot \Delta t + f(t_2) \cdot \Delta t + \cdots f(t_n) \cdot \Delta t = \sum_{i=1}^n f(t_i) \cdot \Delta t$$

Si en cada subintervalo se toma cualquier punto muestra comprendido entre los puntos extremos izquierdos o derechos, entonces la estimación para la distancia total recorrida es:

$$f(t_1^*) \cdot \Delta t + f(t_2^*) \cdot \Delta t + \cdots f(t_n^*) \cdot \Delta t = \sum_{i=1}^n f(t_i^*) \cdot \Delta t$$

Mientras mayor sea la frecuencia con que medimos la velocidad, más exactas se vuelven las estimaciones, de modo que se puede intuir que la distancia exacta d recorrida sea el límite de esas expresiones:

$$d = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n f(t_i) \cdot \Delta t$$

$$d = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n f(t_{i-1}) \cdot \Delta t$$

$$d = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n f(t_i^*) \cdot \Delta t \quad (2)$$

En virtud de que la ecuación (2) tiene la misma forma que la expresión dada para el área en la ecuación (1) se concluye que la distancia recorrida es igual al área bajo la gráfica de la función velocidad.

En este ejemplo, a la vez que se desarrolla la “sistematización en Cálculo Infinitesimal”, se lleva a cabo la “generalización formativa matemática”, lo que constituye argumento que conduce a la identificación de estos procesos como un par dialéctico también (luchan como contrarios al tiempo que se condicionan mutuamente). Por otra parte, muestra que ambos procesos tienen su origen en una misma relación dialéctica, la dada por la

“formalización matemática del Cálculo Infinitesimal” y la “visualización del Cálculo Infinitesimal”.

La “sistematización en Cálculo Infinitesimal” en su interrelación con la “generalización formativa matemática” desarrolla en los estudiantes la capacidad de establecer analogías dinámicas entre fenómenos de naturaleza diferente, preparándolos para asumir los desempeños laborales y profesionales que requiere la práctica social en un contexto de vertiginoso avance científico y tecnológico.

De la interrelación que se establece entre los procesos de “formalización matemática del Cálculo Infinitesimal”, “visualización del Cálculo Infinitesimal” y “sistematización en Cálculo Infinitesimal”, emerge una nueva cualidad del proceso de enseñanza-aprendizaje que identificamos como “sistematización abstracta del Cálculo Infinitesimal”. De la misma forma, de la interrelación que se establece entre los procesos de “formalización matemática del Cálculo Infinitesimal”, “visualización del Cálculo Infinitesimal” y “generalización formativa matemática”, emerge una nueva cualidad del proceso de enseñanza-aprendizaje que identificamos como “apropiación de la cultura matemática”. (Figura 7)

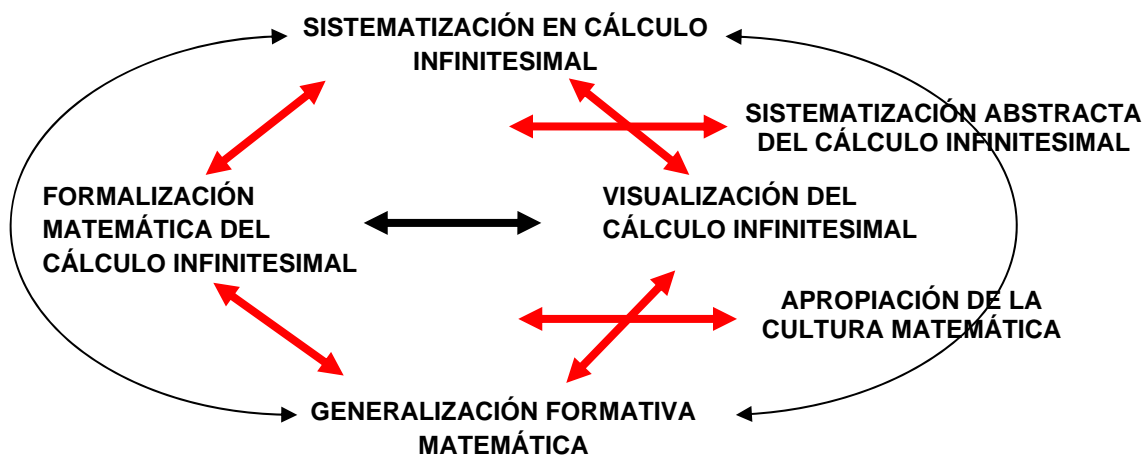


Figura 7.- Relaciones dialécticas de orden superior en la dinámica del proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo Infinitesimal.

La “sistematización abstracta del Cálculo Infinitesimal” es una cualidad dinámica, secuenciada y trascendente que refleja la apropiación del Cálculo Infinitesimal en su tránsito hacia niveles superiores en la profundización del contenido, al revelar relaciones estructurales que propician nuevas relaciones de síntesis y de estructura epistemológica a partir de la apropiación del método particular de esta ciencia mediante la resolución de problemas teóricos.

La “apropiación de la cultura matemática” es una cualidad dinámica que refleja la manera en que los sujetos, intencional y sistemáticamente, formalizan la cultura matemática, transformando su entorno y esta propia cultura, lo que le permite una profundización de su contenido.

Ambas cualidades constituyen, en nuestra concepción, dimensiones del proceso que se interrelacionan, a su vez, de manera dialéctica y se sintetizan en el concepto de “sistematicidad formativa matemática”. (Figura 8)

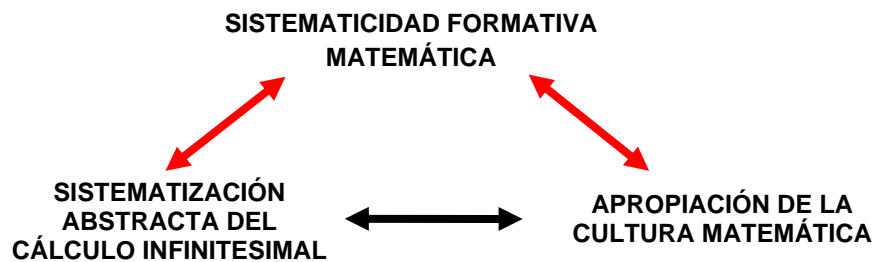


Figura 8.- Relaciones dialécticas de las dimensiones en la dinámica del proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo Infinitesimal.

La “sistematicidad formativa matemática” es una cualidad dinámica que refleja la manera en que los sujetos dan saltos cualitativos en el desarrollo humano a partir de la apropiación de la cultura matemática.

Todo lo anteriormente expuesto revela que la esencia del proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo Infinitesimal es la relación dialéctica que se establece entre la formalización matemática y la visualización, la cual se despliega en dos dimensiones, como cualidades emergentes del proceso que a su vez se relacionan de manera dialéctica para sintetizarse en la “sistematicidad formativa matemática” que constituye la manifestación cualitativa más trascendente y esencial del proceso. Ella capacita a los estudiantes para ofrecer solución a las diversas situaciones que se presentan en la aplicación de los recursos teóricos del Cálculo Infinitesimal a los problemas profesionales.

CONCLUSIONES

El análisis y caracterización epistemológica realizada del proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo Infinitesimal ha permitido revelar las relaciones esenciales que sustentan una representación teórica y permiten un suficiente nivel de sistematización del mismo, donde la mayor relevancia corresponde a la relación “formalización matemática del Cálculo Infinitesimal” – “visualización del Cálculo Infinitesimal”.

La relación “formalización matemática del Cálculo Infinitesimal” – “visualización del Cálculo Infinitesimal” lleva al nivel de las bases estructurales del proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo Infinitesimal y es una relación de síntesis de la relación “sistematización epistemológica” – “sistematización metodológica” que revela el movimiento ascendente y en desarrollo del proceso en la educación superior interpretado desde la concepción holístico configuracional.

En el proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo Infinitesimal se reconoce como relación dialéctica de orden superior la “sistematización abstracta del Cálculo Infinitesimal” y la “apropiación de la cultura matemática”, que en su interrelación dan como resultado la cualidad más esencial y trascendente del proceso que es la “sistematicidad formativa matemática”.

El modelo del proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo Infinitesimal permite la comprensión de su dinámica, lo que sirve de sustento para el diseño de estrategias que contribuyan a la superación de las insuficiencias en la sistematización del contenido.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- FUENTES, HOMERO (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, p. 189
- GUERRERO, ELOY (2001). Una variante para la estructuración del contenido de la disciplina Análisis Matemático en la carrera Matemática-Computación en los institutos superiores pedagógicos. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas, Centro de Estudios de Educación Superior "Manuel F. Gran", Universidad de Oriente, p. 82
- RODRÍGUEZ, TERESA (1992). La enseñanza de la matemática para ingenieros militares. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas, Instituto Técnico Militar, La Habana. Cuba, pp. 53-77
- UGALDE, JOSÉ (1998). Perfeccionamiento del Proceso de Enseñanza Aprendizaje de la Matemática para estudiantes de ingeniería. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas, Centro de Estudios de Educación Superior "Manuel F. Gran", Universidad de Oriente, pp. 78-105
- WUSSING, H. (1989). Conferencias sobre historia de la Matemática. La Habana. Ed. Pueblo y Educación. pág. 123