

## MODELACIÓN TEÓRICA-FÍSICA EXPERIMENTAL DEL CALCULO SUPERIOR PARA MEJORAR EL APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES DE CIENCIAS DURAS

---

**Dr. MSc. Ing Civ. Marcial Sebastián Calero Amores<sup>(1)</sup>**

**PhD. MSc. Ing. Amb. Laura de Jesús Calero Proaño<sup>(2)</sup> . <sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup>**

Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. Docente Facultad de Arquitectura y Urbanismo. [marcial.caleroa@ug.edu.ec](mailto:marcial.caleroa@ug.edu.ec)  
[laura.calerop@ug.edu.ec](mailto:laura.calerop@ug.edu.ec). <sup>(1)</sup> Miembro del Comité Científico de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Guayaquil

### RESUMEN

*La formación del estudiante de ciencias duras tiene como una de sus principales fundamentaciones el Cálculo Superior de reconocida aplicabilidad en el desarrollo del egresado-profesional; sin embargo, el aprendizaje del Cálculo y su aplicación en el planteamiento y solución de conflictos en el ámbito de la realidad del diseño, construcción y administración arquitectónica-ingenieril presenta severas limitaciones por el enfoque tradicional como se aborda, incidiendo en lo cognitivo, competencias y valores del profesional. La problemática del aprendizaje significativo y crítico del cálculo se abordó, planteando como objetivo la modelación teórica-física significativa experiencial y experimental del Cálculo para mejorar el aprendizaje. La investigación cuasi experimental, empírica y cuantitativa, seleccionó una muestra inalterada, desarrollando y experimentando tres casos teóricos con sus respectivos modelos físicos basados en investigación, creación e innovación. El mejoramiento del aprendizaje por el desarrollo de los modelos con operación eficiente, se evaluó aplicando un test determinando el mejoramiento del aprendizaje en*

*Dr. MSc. Ing Civ. Marcial Sebastián Calero Amores PhD. MSc. Ing.*

*Amb. Laura de Jesús Calero Proaño*

*85%. Los resultados evidencian la factibilidad académica-técnica y económica-financiera por el desarrollo de modelos físicos-teóricos aplicados en los procesos cognitivos-significativos del estudiante que analiza el Cálculo Superior.*

**Palabras Claves:** *Ciencias duras. Modelación teórica-física. Cálculo Superior. Operación eficiente. Factibilidad. Aprendizaje significativo-experiencial.*

### **THEORETICAL-PHYSICS EXPERIMENTAL MODELING OF THE CALCULATION ABOVE TO IMPROVE THE LEARNING OF STUDENTS OF HARD SCIENCES**

<sup>(1)</sup> Dr. MSc. Ing. Civ. Marcial Sebastián Calero Amores. <sup>(2)</sup> PhD. MSc. Ing. Amb. Laura de Jesús Calero Proaño. <sup>(1)(2)</sup> University of Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. Teaching Faculty of Architecture and Urbanism. marcial.caleroa@ug.edu.ec. laura.calerop@ug.edu.ec. <sup>(1)</sup>Member of the Scientific Committee, Faculty of Architecture, University of Guayaquil

**Abstract:** *The formation of the student of hard sciences has as one of its main foundations the calculation of recognized applicability in the development of the graduate-professional; however, the learning of calculus and its application in the approach and solution of conflicts in the scope of the reality of the design, construction, and management architectural-engineering presents severe limitations by the traditional approach is discussed, with a focus on the cognitive, skills and values of the professional. The issue of meaningful learning and critical of the calculation is addressed, posing as objective theoretical modeling-significant physical experiential and experimental of the calculation to enhance learning. A quasi-experimental research, empirical and quantitative, selected a sample unchanged, developed and tested three theoretical cases with their respective physical models based on research, creation and innovation. The improvement of the learning for the*

*MODELACIÓN TEÓRICA-FÍSICA EXPERIMENTAL DEL CALCULO  
SUPERIOR PARA MEJORAR EL APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES DE  
CIENCIAS DURAS*

*development of the models with efficient operation, applying a test was evaluated by determining the improvement of learning in 85%. The results show the academic-technical feasibility and economic-financial by the development of theoretical-physical models applied in cognitive processes-significant student who analyzes the calculation above.*

**Keywords:** *Hard sciences. Theoretical-physics modeling. Calculation. Efficient operation. Feasibility study. Significant-experiential learning.*

## **1. Introducción**

Los fenómenos y comportamiento de los sistemas físico-mecánico y la práctica común que enfrenta el estudiante-profesional de ciencias técnicas como Arquitectura e Ingeniería, se expresan a través de procesos que pueden ser modelados por las matemáticas superiores y especialmente con la intervención del cálculo infinitesimal, el cual se fundamenta en el manejo conceptualizadas de idea de cantidades infinitesimales, permitiendo describir los cambios de este proceso en un entorno tan pequeño como pueda ser imaginado (Calero 2004).

Tradicionalmente las matemáticas superiores han sido cognitivamente definidas y mal entendidas como procesos solo para influir en la organización de forma de pensar o como ciencia básica que provee herramienta para el aprendizaje de otras disciplinas.

Estudiar el cálculo superior para aprender a organizar el pensamiento o herramienta de otros procesos, genera conflictos en el aprendizaje del estudiante debido a las limitaciones en la significación e interiorización cognitiva que debe tener el aprendizaje matemático y su comprensión para interactuar en la resolución y explicación de conflictos, lo que es concordante con el aprendizaje significativo enunciado por Moreira, M. (2012). Además, los métodos tradicionales formativos y la visión

*Dr. MSc. Ing Civ. Marcial Sebastián Calero Amores PhD. MSc. Ing.  
Amb. Laura de Jesús Calero Proaño*

prospectiva del docente en el ámbito práctico profesional, limita la utilidad y aplicabilidad directa del cálculo en la práctica real-experiencial del estudiante-profesional.

El cálculo diferencial como parte de las Matemáticas Superiores es de obligatorio conocimiento para las ciencias de la Arquitectura e Ingenierías. El enfoque en la enseñanza de esta disciplina genera un aprendizaje orientado solamente a la aprobación de la asignatura y muchas veces se vuelve aplicativo mecánico para resolver problemas, limitando el impacto en los diferentes campos de la planificación, diseño, construcción y administración de estructuras.

Es reconocido el potencial aportante del Cálculo Superior para las ciencias duras, sin embargo, el enfoque pedagógico que se adopta para su enseñanza-aprendizaje tiene amplias fundamentaciones en la enseñanza tradicional-temporal y no al constructivismo progresista, participativo, experiencial y experimental que demanda la didáctica de las matemáticas superiores orientada a la arquitectura e ingeniería civil. El enfoque pedagógico generalizado de corte tradicional para la enseñanza del cálculo, determina un problema:

¿La modelación teórica y física experimental del cálculo superior mejora el proceso cognitivo de aprendizaje del estudiante de Arquitectura e Ingeniería?

La deficiencia en la enseñanza-aprendizaje del cálculo es abordada por la investigación desarrollando modelaciones teórica y física significativa y experiencial pero, en el ámbito de la Arquitectura e Ingeniería, mejorando factiblemente el aprendizaje del estudiante de ciencias duras. El enfoque investigativo puede enmarcarse en lo heurístico-experiencial y, de acuerdo al escenario temporal y financiero del semestre, se plantearon estudios de casos que son formulados y desarrollados de forma teórica y práctica experimental por los estudiantes para interiorizar el aprendizaje, además, el

*MODELACIÓN TÉORICA-FÍSICA EXPERIMENTAL DEL CALCULO  
SUPERIOR PARA MEJORAR EL APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES DE  
CIENCIAS DURAS*

mismo Sujeto evalúa su aprendizaje cognitivo-experiencial-experimental aplicando un instrumento científico validado.

Seleccionando y exponiendo el caso o conflicto relacionado directamente con una problemática del entorno de la realidad de los sistemas arquitectónicos, los estudiantes que conformaron la muestra, metodológicamente plantean en base del cálculo y el método científico la solución al problema. Estratégicamente la solución es formulada con el desarrollo teórico abstracto y la vivencia experiencial a través del de modelos físicos para observar, cuantificar, interpretar y manejar el fenómeno representado en la problemática pero, bajo el enfoque participativo, investigativo, creativo, así como, experiencial y experimental.

Serrano, M. et al (2011) señala a la investigación como estrategia pedagógica para el proceso de aprendizaje para la ingeniería civil, adicionalmente, si el enfoque didáctico se fundamenta en la sostenibilidad y operación eficiente, representa cumplir y sustentar integralmente el objetivo de la investigación. El desarrollo de la modelación, fortalece, interioriza y mejora científicamente el aprendizaje significativo del cálculo superior en los estudiantes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en la Universidad de Guayaquil en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo carrera de Arquitectura, con estudiantes del segundo semestre que cursan la asignatura de matemáticas II de los grupos G-1A y G-3 en el periodo 2, año lectivo 2016-2017.

El trabajo se enmarca en el enfoque empírico, parcialmente cuasi-experimental y aplicado, así como, cuantitativa y bivariada (Hernández et. al. 2010). La población fue 136 estudiantes registrados legalmente en la

*Dr. MSc. Ing Civ. Marcial Sebastián Calero Amores PhD. MSc. Ing.  
Amb. Laura de Jesús Calero Proaño*

asignatura. En base al alcance metodológico las muestras son inalteradas y fueron todos los estudiantes de los grupos G-1A y G-3 que constituyeron la muestra de 50 estudiantes y que finalizaron el curso programado. La tabla 1 caracteriza la muestra seleccionada y determina la homogeneidad para evaluar y validar la investigación y test desarrollado.

Tabla 1. Caracterización de la muestra

GRUPO	NÚMERO DE ESTUDIANTES	EDAD (años)	SEXO (%)		COLEGIO DEL GRADO DE BACHILLER (%)		ESPECIALIZACIÓN (%)	
			H	M	Fiscal	Privado	Técnica	General
G-1A	25	85% > 18	60	40	72	28	32	68
G-3	25	90% > 18	56	44	80	20	24	76

Elaboración propia de los autores

Metodológicamente, la investigación abordó uno de los problemas más significativos para el aprendizaje concienciado y cognitivo del estudiante, en el área del cálculo superior y relacionado con el entorno real y práctico del estudiante-profesional. En este contexto y basado en resultados de caracterización diagnóstica de los estudiantes de Arquitectura señalado por Calero (2017), se diseñó la investigación basado en el proceso científico participativo y de discusión entre cátedra y estudiantes.

La investigación se desarrolló en dos etapas, la primera fue el desarrollo teórico-modelación física-experimentación y la segunda etapa fue evaluar el impacto en el aprendizaje de la muestra objetivo por el desarrollo de la modelación.

Desarrollo teórico-modelación física-experimentación

*MODELACIÓN TEÓRICA-FÍSICA EXPERIMENTAL DEL CALCULO SUPERIOR PARA MEJORAR EL APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES DE CIENCIAS DURAS*

Para esta primera etapa, la investigación se inició por la determinación y selección de un conflicto curricular de los estudiantes, relacionado con el contenido programático de la disciplina desarrollada. El problema investigado se relacionó con la problemática del aprendizaje significativo del estudiante de Cálculo Superior pero, evidenciando y fundamentando validación en el campo práctico del diseño y construcción de obras.

Para responder a los conflictos, se seleccionaron temas del cálculo superior desarrollándolos teórica-experiencial-experimental, pero, en el marco de la operación eficiente y el entorno real en el cual está inmerso el profesional. Se formuló y evaluó la solución tanto de manera teórica como, creando e innovando modelos físico para resolver la problemática de forma teórica y desarrollo experiencial-experimental-significativo-participativo.

Los escenarios temporal, espacial y financiero, determinaron formular casos del Cálculo Superior en base de prioridades y resolverlos siguiendo el proceso investigativo del curso semestral, así mismo, se evaluaron materiales y equipos para desarrollar los modelos físicos que demanda la investigación. Se seleccionaron temas del Cálculo Superior relacionados con generación de funciones, diseños con optimización económica de estructuras para edificaciones y cantidades de materiales para edificios; los temas permitieron plantear y analizar tres estudios de casos que desarrollaron modelaciones teórica y modelos físicos. Estas estrategias didácticas generaron de forma experiencial y experimental la significación y aplicación del aprendizaje del estudiante.

Las tres modelaciones se investigaron con operación eficiente; el primer caso de estudio se relacionó con el comportamiento mecánico-estático de una estructura componente de la edificación, se seleccionaron materiales y equipos tipo resorte de acero y medidor de fuerza o dinamómetro para

*Dr. MSc. Ing Civ. Marcial Sebastián Calero Amores PhD. MSc. Ing.  
Amb. Laura de Jesús Calero Proaño*

calibrar la función: Fuerza= F(deformación), siendo el elemento para evaluar la respuesta de la viga modelada.

El segundo caso investigado se relacionó con sistemas hidrosanitarios tipo reservorio para agua potable en edificación o poblaciones. El reservorio es un modelo físico en acrílico del tanque prototipo, se simula con un recipiente de vidrio transparente con escala milimétrica de 30 cms. de altura y 20cms. x15cms.de sección, con equipos anexos como vaso volumétrico y cronometro. La variación volumétrica se midió tomando volúmenes para tiempos asumido.

La experimentación permitió estimar funciones algebraica y diferencial y, determinar la rapidez de variación del agua en el reservorio, lo cual es campo aplicativo del cálculo y uso en la práctica profesional para estimar condiciones de llenado y vaciado del reservorio y el manejo de las presiones en la distribución.

El tercer caso se relacionó con la optimización de los diseños de estructuras tipo ventana rectangular. El modelo reducido fue un módulo de material flexible de madera y aluminio en el cual se ajustaban diferentes relaciones de lado de la estructura, considerando que la superficie de la estructura era constante. Se estimaron costos en porcentajes de acuerdo a la variación perimetral de los lados, determinando a través de la variación de la longitud de los lados en el modelo la variación perimetral y del costo correspondiente en porcentaje. Además, utilizando la modelación teórica con el cálculo diferencial se estimó la relación óptima de los lados y costo que evidenció lo observado y analizado en el modelo.

En el desarrollo de la investigación todos los estudiantes de la muestra participaron de forma directa, proporcionándoles los fundamentos requeridos para una evaluación de carácter científica.



*MODELACIÓN TÉORICA-FÍSICA EXPERIMENTAL DEL CÁLCULO  
SUPERIOR PARA MEJORAR EL APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES DE  
CIENCIAS DURAS*

Evaluar el impacto en el aprendizaje de los estudiantes por el desarrollo de la modelación.

Para la segunda etapa, en base a la población y muestra seleccionada, se diseñó el instrumento de investigación. El test abordó 10 ítems, validado por criterio de expertos. El instrumento se fundamentó en 5 ejes académico, financiero y sostenibilidad que son:

- Disposición docente para aplicar el Cálculo Superior en la carrera
- Desarrollo teórico del Cálculo fundamentado en práctica experimental y experiencial
- Impacto en el proceso de aprendizaje por modelación física del Cálculo
- Impacto en el aprendizaje por operación eficiente, sostenibilidad y factibilidad
- Factibilidad técnica y financiera

El instrumento aplicado se evaluó, tanto por ítem como por ejes académicos, formulando una propuesta metodológica científica para analizar el conflicto de aprendizaje significativo del Cálculo Superior.

La validez de la estrategia desarrollada relacionada con indicadores cognitivos de aprendizaje, factibilidad y sostenibilidad por la modelación física, se analizó en base a dos componentes. El primer componente fundamentado por el desarrollo integral de los modelos físicos, esto es, investigación-creación-innovación y construcción y experimentación con los modelos desarrollados, mientras que el segundo componente es el instrumento que evaluó la percepción de los estudiantes a los procesos académicos-técnicos-económicos desarrollados, por el aprendizaje significativo-experiencial del Cálculo Superior.

*Dr. MSc. Ing Civ. Marcial Sebastián Calero Amores PhD. MSc. Ing.  
Amb. Laura de Jesús Calero Proaño*

El desarrollo integral-factible de los modelos se abordó, a través de tres casos que relacionan la teoría-práctica del cálculo con casos de la práctica profesional y cuyos fenómenos o comportamiento se evidenció con los modelos creados y experimentados.

Los materiales y métodos implementados para el desarrollo y experimentación de los modelos se sustentan en operación eficiente tanto por materiales como por tecnologías de tipo local, representando el fundamento de los procesos que mejoran los aprendizajes del Cálculo Superior.

## **2. Resultados y Discusión**

### **Resultados**

Los resultados y discusión de la investigación se desarrollan por estudios de casos que responden al desarrollo y experimentación de cada modelo físico creado.

Caso 1. Modelación aplicada a sistemas estructurales para edificaciones.  
Generación de funciones

Contexto: Determinar las reacciones para el equilibrio estático de una viga, estimando la función de relación entre fuerza y deformación medida  $F=f(\Delta)$  para un resorte y utilizarlo como medidor de fuerza.

Resultado Conceptual: Los resultados y solución a la problemática es producto del desarrollo teórico-experimental-experiencial.

La viga es parte de la edificación y modelada físicamente, las fuerzas equilibrantes desarrolladas por los apoyos debido a cargas externas, son determinadas por la deformación de un resorte, cuya función matemática fue el objetivo del estudio.

*MODELACIÓN TÉORICA-FÍSICA EXPERIMENTAL DEL CALCULO  
SUPERIOR PARA MEJORAR EL APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES DE  
CIENCIAS DURAS*

Resultado física-experiencial-experimental: El modelo físico tipo resorte-fuerza determina la constante de proporcionalidad del resorte y estima la función respectiva. El modelo tiene un soporte metálico el cual sustenta el resorte con el correspondiente porta pesa y escala como presenta las figuras 1, 2 y 4. Ensayando el equipo y aplicando modelos estadísticos se estimó la función  $F = \varphi(\Delta)$  como,  $\Delta = 2,235 F - 0,0077$ , función que en la práctica genera errores menores al 2%. Además, a la viga se aplicó 2 cargas externas que a través de la deformación de los resorte relacionado con la función estimada determinó las fuerzas reaccionantes en los apoyos de la viga.

La figura 3, describe la función del resorte aplicada a la edificación, mediante el comportamiento de equilibrio estático de una viga sometida a cargas externas.

*Dr. MSc. Ing Civ. Marcial Sebastián Calero Amores PhD. MSc. Ing. Amb. Laura de Jesús Calero Proaño*

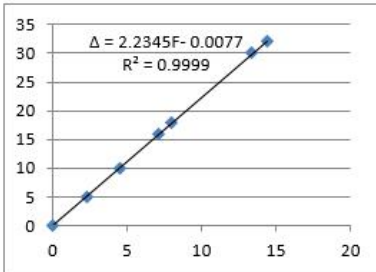


**Figura 1. Desarrollo de los modelos físicos**



**Figura 2. Experimentación y levantamiento de información**

Elaboración propia de los autores



**Figura 3. Función  $\Delta=\varphi(F)$**



**Fig. 4 Aplicación en vigas en edificaciones.**

Elaboración propia de los autores

**Caso 2. Modelación de sistemas hidrosanitarios para edificaciones. Generación de funciones diferenciales.**



*MODELACIÓN TEÓRICA-FÍSICA EXPERIMENTAL DEL CALCULO  
SUPERIOR PARA MEJORAR EL APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES DE  
CIENCIAS DURAS*

Contexto: Estimar la función algebraica  $h=f(t)$  y diferencial  $\frac{\partial h}{\partial t} = \varphi'(t)$ . por la variación de volumen de agua respecto al tiempo para un almacenamiento.

Resultado conceptual: El conflicto resolvió la problemática utilizando el enfoque teórico-experimental-experiencial, las funciones se fundamentaron en mediciones del comportamiento hidráulico de un reservorio que representa la estructura prototipo de almacenamiento para una edificación o pequeña población.

Resultado física-experiencial-experimental: La aplicabilidad y experimentación con el modelo determinaron las funciones,  $h = 0.1353t^2 - 3.6655t + 24.9$ .  $\frac{\partial h}{\partial t} = V = 0.2706t - 3.6655$ , generando errores menores a 2%, admisibles en la práctica experimental. Los modelos teóricos son de uso práctico y profesional permitiendo estimar niveles en el tanque y su rapidez de variación de acuerdo a la demanda hídrica de la población factibilizando la operación del reservorio. Las figuras 5, 6 y 7 describen el equipo y experimentación desarrollados.



Fig. 5. Desarrollo de los  
modelos físico



Fig. 6. Experimentación

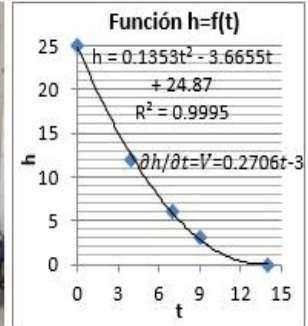


Fig. 7. Funciones estimadas  
Elaboración propia

**Estudio 3. Diseño de edificaciones. Diseño de ventana por costo optimizado del material**

Contexto: Para una ventana de área dada, diseñar la ventana rectangular de forma optimizada económicamente por los materiales perimetrales.

Resultado conceptual: La modelación teórica-física determinó un resultado fundamentado en los procesos experiencial-experimental significativo, generando que el modelo teórico  $l = A^{1/2} = \text{lado de ventana}$ , se evidencie pero, interiorizado al manejar diferentes alternativas para los lados y los costos respectivos.

Resultado física-experiencial-experimental: Midiendo en el modelo los perímetros se relacionaron con sus costos, se determina que el diseño correspondiente a la forma cuadrada genera el óptimo, esto es, la ventana más económica para un área requerida. Por tanto, los diseños de ventanas económicamente optimizadas debe considerar tender a ser cuadradas pero, siempre que funcional, opertiva y arquitectónica sea aceptable.

*MODELACIÓN TÉORICA-FÍSICA EXPERIMENTAL DEL CALCULO SUPERIOR PARA MEJORAR EL APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES DE CIENCIAS DURAS*

Las figuras 8 y 9 describen el equipo y la experimentación realizada. La evaluación del diseño técnico-económico optimizada se presenta en la tabla 2.



**Figura 8. Desarrollo del modelo físico**

Elaboración propia de los autores



**Figura 9. Experimentación**

Tabla 2. Evaluación técnica-económica del modelo

CÓDIGO	ÁREA REQUERIDA (ul) <sup>2</sup>	DIMENSIONES ASUMIDAS		PERIMETRO O (ul)	COSTO (\$*ul.)	C% RESPECTO A COSTO MÍNIMO	OBSERVACIÓN
		a (ul)	b (ul)				
01	6	3	2	10	C*10	125	>costo mínimo
02		4	1.5	11	C*11	136	>costo mínimo
03		1,2	5	12,4	C*12,4	155	>costo mínimo
04		6	1	14	C*14	175	>costo mínimo
05		2	2	8	C*8	100	costo mínimo

Elaboración propia de los autores

El análisis del primer componente de la investigación, es la selección temática y modelación física, fundamentada en procesos de investigación, creación y experimentación de una problemática en el entorno de la práctica común del profesional, aborda la solución con el manejo del cálculo superior. Los modelos son factibles técnica-económica y sustentables por

*Dr. MSc. Ing Civ. Marcial Sebastián Calero Amores PhD. MSc. Ing.  
Amb. Laura de Jesús Calero Proaño*

utilizar materiales y tecnologías locales y participación directa de los estudiantes y mano de obra local no-especializada.

El proceso experiencial por la modelación, representó un aprendizaje significativo del cálculo, fundamentado en la vivencia y observación del fenómeno constituyendo una estrategia que consolida el conocimiento, conciencia e interioriza el aprendizaje del Cálculo aplicado a la práctica del Ingeniero y Arquitecto.

El segundo componente que valida la investigación es producto de la respuesta de los estudiantes en el instrumento aplicado. Los resultados de la evaluación del test se describen en las figuras 10 y 11 tanto por ítems como por ejes.

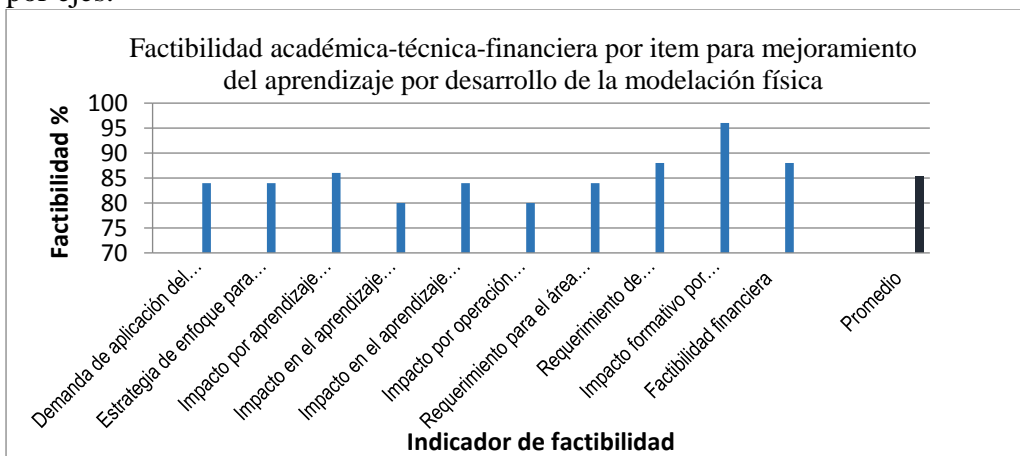


Figura 10. Evaluación por ítem de factibilidad de impacto en el aprendizaje  
Elaboración propia de los autores



*MODELACIÓN TÉORICA-FÍSICA EXPERIMENTAL DEL CALCULO SUPERIOR PARA MEJORAR EL APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES DE CIENCIAS DURAS*

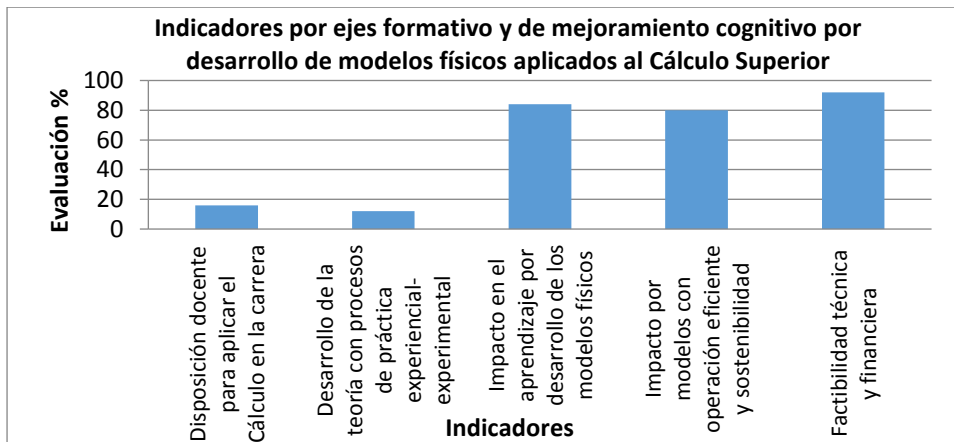


Figura 11. Factibilidad por ejes del mejoramiento en el aprendizaje  
Elaboración propia de los autores

Asignando una escala cuantitativa al test y evaluando los ítems, la aceptación de factibilidad para los modelos y mejoramiento del aprendizaje es 85%, representando un aprendizaje altamente significativo por procesos cognitivo de tipo participativo, experiencial y experimental. Debe señalarse que el 84% de los estudiantes indican que los docentes de matemáticas superior tienen limitada disposición o formación para la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas orientadas a la Arquitectura en el ámbito real y práctico del diseño y construcción de obras.

Los resultados, determinan el impacto del Cálculo Superior en el aprendizaje al desarrollar modelos físicos, concienciando y consolidando la aplicabilidad del cálculo a problemas que son de práctica común del profesional y del estudiante de Arquitectura e Ingeniería.

El test por ejes académicos evidencian que a nivel de carrera existe una demanda del 84% de necesidad que las distintas disciplinas del área técnica

*Dr. MSc. Ing Civ. Marcial Sebastián Calero Amores PhD. MSc. Ing.  
Amb. Laura de Jesús Calero Proaño*

apliquen y relacionen el cálculo superior con las asignaturas que desarrollan. El 88% de los estudiantes manifiestan la necesidad de relacionar procesos experienciales-experimentales con la práctica en el ámbito profesional; así mismo, el 88% expresan el positivo impacto en su aprendizaje cognoscitivo por implementar estrategias didácticas orientadas al desarrollo de modelos físicos basado en problemas del ámbito profesional-práctico.

El 80% de los estudiantes señalan que la modelación debe considerar la operación eficiente y sostenibilidad por materiales, equipos y tecnologías que deriven en eficiencia económica. El 92% de los estudiantes tienen disposición a la autogestión para la factibilidad técnica y financiera que demanda el desarrollo de la modelación del cálculo superior.

Los indicadores de los cinco ejes representan una factibilidad de 86% y caracterizan la alta disposición de los estudiantes para desarrollar un aprendizaje basado en parámetros de factibilidad, sostenibilidad y cognitiva que aborde la problemática en base al desarrollo de modelos físicos para el cálculo superior.

La percepción estudiantil evidencia deficiencias en el aprendizaje del Cálculo Superior, debido a la falta de estrategias como el desarrollo de modelos físicos que complementen los aprendizajes teóricos con aprendizajes significativo, experiencial-experimental, abordando soluciones factibles y sostenibles de conflictos en la práctica común del profesional.

### **3. Conclusiones**

Se desarrollaron tres modelos teórico-físico experiencial experimental, relacionados con funciones y optimización de estructuras en edificios utilizando los fundamentos del Cálculo Superior

*MODELACIÓN TEÓRICA-FÍSICA EXPERIMENTAL DEL CALCULO SUPERIOR PARA MEJORAR EL APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES DE CIENCIAS DURAS*

Los modelos físicos se fundamentaron en materiales, equipos y tecnologías locales de bajo costo con operación eficiente, sostenibilidad y factibilidad económica-financiera

El 85% de los estudiantes validan la aceptabilidad del proceso de modelación para el cálculo superior, equivalente a muy de acuerdo, señalando el impacto positivo de la modelación para el mejoramiento significativo-experiencial-participativo en los estudiantes de ciencias duras.

#### **4. Referencias Bibliográficas**

- CALERO, M. (2004) Tesis para optar el Magister en Investigación Educativa Superior. Universidad Laica Vicente Rocafuerte. Guayaquil, Ecuador.
- CALERO, M. (2017) Tesis para optar el Grado de Doctor en Educación. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.
- HERNÁNDEZ, R., et. al. (2010) Metodología de la investigación. 5ª edición. México D. F. McGraw-Hill.
- MOREIRA, M. (2012). La teoría del aprendizaje significativo crítico: un referente para organizar la enseñanza contemporánea. Unión. Revista Iberoamericana de Educación Matemática. Septiembre de 2012. Número 31. Página 10.
- SERRANO, M.; SOLARTE, N.; PERÈZ, D.; et al. (2011) La investigación como estrategia pedagógica del proceso de aprendizaje para Ingeniería Civil. Colombia: Revista Educación en Ingeniería, Universidad Pontificia Bolivariana.