

Impacto de la modelación
física y de operación
eficiente de prototipos
de sistemas estructurales
en los aprendizajes en
carreras de arquitectura



Impacto de la modelación física y de operación eficiente de prototipos de sistemas estructurales en los aprendizajes en carreras de arquitectura

Autores:

Ing. Marcial Calero Amores, Ph.D

Ing. Laura Calero Proaño, Ph.D



Impacto de la modelación física y de operación
eficiente de prototipos de sistemas estructurales
en los aprendizajes en carreras de arquitectura

Autores

Ing. Marcial Calero Amores, Ph.D

Ing. Laura Calero Proaño, Ph.D

Primera edición: enero 2018

Diseño de portada y diagramación:

Grupo Compás

Equipo Editorial

ISBN: 978-9942-770-26-4

Quedan rigurosamente prohibidas, bajo las sanciones en las leyes, la producción o almacenamiento total o parcial de la presente publicación, incluyendo el diseño de la portada, así como la transmisión de la misma por cualquiera de sus medios, tanto si es electrónico, como químico, mecánico, óptico, de grabación o bien de fotocopia, sin la autorización de los titulares del copyright.

INDICE

Prólogo	5
INTRODUCCIÓN.....	6
Fundamento de la investigación.....	9
Alcance	18
Limitaciones	22
Visión Histórica.....	26
Sistematización de las teorías.....	32
Aprendizaje Experimental vs Aprendizaje Experiencial	44
La Importancia de los Laboratorios.....	45
El Laboratorio en la enseñanza de las ciencias: Una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje	46
El laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales: ¿Plato fuerte o plato de segunda mesa?	48
Las prácticas de laboratorio como estrategia didáctica	49
La ingeniería y el laboratorio. 100 años de historia en Barcelona....	51
Desarrollo de equipos/módulos para el área técnica-experimental	52
Finanzas.....	70
Modelación física	74
Desarrollo de prototipos y módulos físicos para ciencias físicas	74
Operación eficiente	118
académica-física-estática: fundación académica	119
Fundamentación física-estática para edificios	120
Modelos física-estática-matemáticos para sistemas estructurales en la operación eficiente.....	125
Modelo para reacciones-Viga simplemente apoyada	126
Modelo para momento flector-Viga simplemente apoyada	127
Modelo estático-matemático para calcular/medir el momento flector	129
Relación de escalas modelo-prototipo para la operación eficiente	130
Materiales e instrumentos	135
Evaluación financiera	139
Tipos formales:	140
Tipo Conceptual:	140
Aprendizaje práctico-experimental	143
Caracterización de los laboratorios para el aprendizaje experimental	143
Problemática	143
Demanda de laboratorios para las ciencias física.....	145

Conflictos en laboratorios para la práctica-experimental de sistemas estructurales	150
El trabajo práctico-experimental en el laboratorio	153
El proceso formativo y la práctica experimental	157
Descripción procedimental desde la metodología	171
Población	171
Muestra	172
Prueba diagnóstica	173
Test por conocimiento de entrada y salida	174
Test de Actitud	175
Validación por Criterio de Jueces o Expertos	176
Validación del contenido del test de actitud por método Alfa de Cronbach α	177
Prueba de Satisfacción	177
Tipo de distribución	180
Homogeneidad de las muestras	180
Integración de los instrumentos para evaluar los aprendizajes	181
Proceso conceptual y procedimental	183
Proceso por actitud	184
Proceso por investigación, creación e innovación	184
Proceso por operación eficiente	185
Desarrollo de los modelos físicos	188
Teórico	188
Constructivo-operativo experimental	189
Guías para experimentos	190
Descripción general	192
Modelos Físicos	192
Resultados por instrumentos	195
Línea base	195
Información básica	195
Validación para tipo de distribución	198
Validación para homogeneidad	199
Caracterización diagnóstica	200
Test por conocimientos	201
Test de entrada	201
Evaluación conceptual	202
Evaluación procedimental	203
Test de salida	206
Evaluación conceptual	207
Evaluación procedimental	209
Evaluación integrada conceptual y procedimental	210
Test por actitud	213
Test de actitud de entrada	213
Test de actitud de salida	214
Test por satisfacción	216

Indicadores de rendimiento académico	219
Conceptual y procedimental	219
Actitud.....	220
Satisfacción	220
Indicador integrado, conceptual-procedimental-actitud, creatividad-innovación-investigación y eficiencia técnica	222
Variable modelación física.....	223
Contraste para variable de la operación eficiente	225
Operación eficiente	225
Indicador de sostenibilidad	225
Indicador de factibilidad económica-financiera	226
Evaluación económica.....	226
Evaluación financiera	228
Evaluación financiera. Modelo físico: equilibrio estático de sistema estructural-viga.	229
Evaluación financiera. Modelo físico: Equilibrio estático de sistema estructural-Momento flector.....	231
Evaluación financiera integrada de beneficio-coste.....	233
Contraste para operación eficiente	234

ANEXOS

Tablas, gráficos y estudios de casos
Características de las muestras
Prueba diagnóstica, encuesta y validación del instrumento
Instrumentos conceptual y procedimental, formatos y validación de contenidos
Desarrollo de los equipos: diseño, construcción
Desarrollo de las guías para los experimentos
Línea base registrada de los instrumentos conceptual, procedimental, actitud y satisfacción
Validación de los instrumentos por ajuste a la distribución normal, método de Smirnov-Kolmogorv
Validación de los instrumentos por homogeneidad de la línea base, método de comparación de las medias
Evaluación para caracterización diagnóstica
Evaluación de los test conceptual, procedimental y actitud para la prueba de entrada
Evaluación de los test conceptual, procedimental, actitud y satisfacción para la prueba de salida
Evaluación del rendimiento académico y por operación eficiente

Prólogo

En el texto se establece claramente el aprendizaje de los estudiantes de arquitectura demandando formación teórica y práctica experimental integral; pero, aspectos económicos y talento humano determinan severas limitaciones respecto al equipamiento, incidiendo en el aprendizaje, nivel formativo y competencias del estudiante-profesional. La modelación física con operación eficiente de prototipos de sistemas estructurales y experimentos, mejoró el aprendizaje significativo-experiencial y el equipamiento de laboratorios realizado con pocas inversiones y materiales y tecnología disponible localmente. El impacto significativo se evaluó utilizando el método cuasi experimental, aplicando test de conocimiento, actitud y satisfacción de entrada y salida a la muestra de grupos experimental y control. Los test evaluados determinaron una significación de la hipótesis mayor al 95%, con mayor rendimiento del grupo experimental respecto al de control en 21%. El mejoramiento de los aprendizajes por proceso cognoscitivo se estimó como 51%. Integrando indicadores por conocimiento, creatividad, innovación, investigación y financieros se evaluó el trabajo obteniendo un B/C de 50. Además, integrando los procesos cognitivos, y operación eficiente, el mejoramiento total en el estudiante por el desarrollo de los modelos es de 79%, evidenciando el impacto muy significativo de la investigación desarrollada.

INTRODUCCIÓN

El proceso formativo del profesional de la Arquitectura implica el desarrollo de conocimiento, habilidades, destrezas y competencias en el estudiante fundamentado en componentes académicos de investigación, innovación y creatividad. Para lograr los objetivos formativos se demanda de una coordinación e integración entre la teoría y la práctica experimental integrada.

El reducido nivel de experimentación de los fenómenos físicos que imparten las facultades y carreras de Arquitectura impacta en el deficiente aprendizaje del estudiante no solo por la falta de equipamiento de laboratorios sino, que las prácticas son desarrolladas de forma tradicional y generalmente solo para alcanzar una calificación y no interioriza su aprendizaje o experiencia de manera que le permita ser significativo-experiencial y, abordar y solucionar problemas de la realidad y entorno de competencia pre y post profesional de la arquitectura.

La investigación tuvo enfoque cuasi experimental y cuantitativo, donde el contraste de la hipótesis y la medición académica-económica de la significación del impacto por el aprendizaje se estructuró metodológicamente en cuatro capítulos.

De manera general, se presenta y relaciona el problema identificado con la finalidad de la investigación, justificándola y describe elementos de la investigación a medirse y contrastarse para su evaluación y validación. El marco teórico describiendo antecedentes, bases teóricas y definiciones conceptuales de términos. Desarrolla la parte coyuntural para el planteamiento y alcance de la investigación conociendo el estado del arte directamente relacionado con la problemática identificada. El marco teórico expone tres escenarios, el primero correlacionó el aprendizaje y didáctica con la práctica en laboratorios de ciencias naturales, el segundo analizó trabajos para implementar equipos

para experimentación en asignaturas de enfoque técnico-práctico y el tercer escenario abordó la evaluación financiera, manejando indicadores académicos y económicos para obtener el B/C.

La fase metodológica para el desarrollo de la investigación. Expone la descripción general metodológica, matriz de operacionalización de variables, tipificación de la investigación y proceso para contraste de la hipótesis de la investigación; también aborda dos indicadores básicos metodológicos que son población y muestra e instrumentos de investigación. La muestra describe los grupos experimental y control, mientras que los instrumentos maneja componentes relacionados con diseño, validación, aplicación y procesamiento-análisis para obtener indicadores académicos (conocimiento, creatividad, innovación e investigación), económicos y financieros requeridos para valorar la significación integrada por el mejoramiento del aprendizaje.

Otro aspecto descrito en el capítulo y relacionado con la temática de la investigación es la descripción metodológica para el desarrollo de la modelación física de los prototipos de sistemas estructurales en edificaciones, abordando temas de diseño, construcción, elaboración de guías y experimentación con los equipos implementados.

El documento describe otros aspectos fundamentales de síntesis y escenarios prospectivos para la investigación presentando conclusiones y recomendaciones. Así mismo, fundamenta y valida la investigación describiendo los componentes de referencias bibliográficas y anexos.



Fundamento de la investigación

El desarrollo socioeconómico de la colectividad se basa en procesos socio productivo que son prioritariamente determinados por ciencias técnicas en las cuales se incluyen fundamentalmente áreas del conocimiento relacionadas con la ingeniería, industria y construcción. Parte de esta área incluye la carrera de Arquitectura e Ingeniería Civil que se caracterizan por ser altamente generadoras de empleo y desarrollo sostenible de la comunidad.

Alcanzar el buen vivir de la colectividad para un territorio, implica planes y políticas estatales que involucren diferentes sectores productivos siendo fundamental el marco educativo en los diferentes niveles de estudios pero, en el cual el nivel superior es prioritario por constituir el referente para el desarrollo profesional. Por tanto, el nivel educativo superior en el ámbito de las ciencias técnicas debe ser abordado basado en procesos formativos competitivos, investigativos e innovadores que generen un talento humano profesional que constituya el eje principal del crecimiento sostenible del territorio.

Los planes educativos del nivel profesional en Arquitectura deben abordar, planificar y consolidar programas relacionados con las áreas de proyectos y técnica pero, en base a un equilibrio, y visión holística e integral que genere desarrollo sustentable y sostenible de la colectividad. El desarrollo y aporte del área técnica tiene como referente concienciado y reconocido la parte experimental y experiencial; por tanto, no disponer de equipos y laboratorios para los aprendizajes técnico-experimental representó la problemática objeto de la investigación. Esta problemática no solo genera deficiencias en el proceso formativo del estudiante-profesional sino, incide en el desarrollo territorial-ambiental.

En el contexto general antecedente, las ciencias de la Arquitectura e Ingeniería Civil se identifican de acuerdo al marco legal vigente ecuatoriano como ciencias duras, correspondiéndole por currículum, ámbitos de acción y competencias profesionales,

procesos formativos vinculados entre teoría, práctica y experimentación pero, de manera integral, integrada, equilibrado y sostenibles relacionados con las áreas de proyectos y construcciones.

Los sistemas estructurales son parte curricular básica para las ciencias duras, debido a que la estructura en las edificaciones representa el sustento físico de las diferentes obras arquitectónicas e ingeniería. Es decir, el proceso formativo en el área técnica implica que la ciencia de los sistemas estructurales debe sustentar los planes curriculares pertinentes y el desarrollo del profesional egresado de Arquitectura.

Debe señalarse que, la problemática de la enseñanza-aprendizaje con modelos físicos de prototipos de sistemas estructurales y de forma general de las ciencias físicas debe abordarse a través de diseños curriculares relacionados directamente con la realidad espacial y temporal que rodea al ambiente en el cual se desarrolla el profesional.

Por tanto, las ciencias de la Arquitectura e Ingeniería debe responder a la problemática de los aprendizajes en el área técnica con proyectos formulados, evaluados y contruidos que tenga como principio, procesos cognitivo socio-técnico fundamentados en experiencias experimentales que permitan un conocimiento como lo dice Ausubel: visualizar o el proceso experiencial del fenómeno responde a consolidar la conceptualización y el aprendizaje significativo. Para la investigación, el proceso debe responder a diferentes fenómenos físico-estructural inmersos en el amplio campo de las ciencias técnicas de la arquitectura e ingeniería.

Los conflictos de aprendizaje de las ciencias físicas de los estudiantes de la carrera de Arquitectura, se origina por la falta de experimentar y desarrollar equipos o laboratorios relacionados con las ciencias mencionadas; por ejemplo, mecánica de los sistemas estructurales.

Los modelos o dos equipos desarrollados que abordaron la problemática respondieron a tres escenarios: modelación física-operación eficiente, aprendizaje, y beneficio económico.

La didáctica universitaria es parte fundamental para la profesionalización del estudiante en los diferentes ámbitos que desarrollará su profesionalismo representando en el Sujeto una de las etapas con mayor impacto en su vida tanto en conocimiento como en lo económico y social. Por tanto, el mejoramiento de los aprendizajes de tipo técnico, pueden realizarse con estrategias didácticas como, desarrollar modelos físicos para el estudio de ciencias físicas-estructurales; la estrategia aporta al manejo cognoscitivo de lo aprendido por parte del profesional y el "aprender haciendo", permite identificar e impactar positivamente en los aprendizajes del Arquitecto.

La didáctica trata del conjunto de conocimientos para enseñar y determina el proceso, tipo y grado de aprendizaje del estudiante, explica los aportes sobre planeación de procesos educativos para prever y organizar los contenidos, habilidades, destrezas, actitudes, valores que han de "enseñarse y aprenderse" (Ojeda M. Alcalá M. 2007). La didáctica relacionada con las ciencias experimentales debe ser programada para interiorizar en el estudiante el aprendizaje significativo, colaborativo y experiencial formar un profesional con competencias, valores agregados y ambientalmente responsable.

Ser profesional implica ser competente en un campo de saberes teóricos y prácticos especializados que son utilizados o demandados por la sociedad, adquiridos a través de un extenso proceso de aprendizaje que acredita la posesión de ciertas aptitudes (Tenti, E. 2007). Lo señalado por el autor en relación con la investigación, implica que los modelos desarrollados generarán competencias agregadas y saberes teórico-práctico experimental en el profesional en el ámbito de las edificaciones que son objetos principales de estudio de la Arquitectura e Ingeniería.

En el marco de la problemática presentada y orientado a las disciplinas objeto del estudio que es las ciencias física, la formación del estudiante debe planificarse y desarrollarse a través de un currículum pertinente, relacionando no solo a conocimientos teóricos sino, debe incluir procesos prácticos-experimentales que consoliden y visualicen los fenómenos físicos descritos en el campo teórico de las edificaciones a fin de tener un Arquitecto competente y comprometido con el desarrollo de la realidad en la que se desempeña.

Los currículos y obras física finales competentes al Arquitecto e Ingenieros, ofrecen un vasto campo para la modelación física y experimentación de prototipos y la operación eficiente de equipos que consolide la formación teórica y revierta el problema de disponer equipos y laboratorios para el área técnica. Además, los procesos por la modelación generan valores agregados como, despertar la curiosidad y actitud de los estudiantes e introducirlos en el emprendimiento, innovación e investigación formativa y profesional.

Los problemas de aprendizaje de los sistemas estructurales en edificios se revierten con facilidad si se implementan equipos diseñados ex-profeso y flexibles pero, en el marco de costos bajos, materiales y tecnología provenientes del entorno local y que deben ser parte de los currículos de las carreras de arquitectura e ingeniería.

Los modelos físicos que abordaron la problemática de los aprendizajes se configuraron de forma flexible a fin de dar facilidades para incorporar otros componentes para analizar una amplia cobertura temática o alternativas, evitando innecesarias repeticiones de materiales y equipos de medición para experimentos con temas semejantes; estas facilidades regulan eficazmente la cantidad de equipos y optimizan los espacios disponibles.

Es imprescindible abordar la temática de la práctica experimental con modelos físicos tanto por aspectos económicos como por el grado de impacto que tiene en el aprendizaje significativo del estudiante al evidenciar comportamientos fenomenológicos semejantes a los producidos en la práctica profesional. El tipo de equipo y equipamiento a implementarse se fundamenta en el perfil y currículo académico, disponibilidades físicas y económicas institucionales y del medio que rodea a los actores.

El impacto en los aprendizajes por el desarrollo de los modelos físicos responde a una estrategia de la didáctica específica orientada a la ciencia física experimental. Esta didáctica en base de modelos físicos de prototipos responde a enseñanza-aprendizaje caracterizada por ser participativa, experiencial, colaborativo significativo en el campo experimental de los sistemas estructurales e impacta en el desarrollo cognitivo del estudiante y profesional de la Arquitectura.

El docente universitario mediante la didáctica específica representada por la modelación física, intenta enseñar a los estudiantes, en el sentido que tiene que ponerse en el papel del profesor que intenta aprender, cuya función es enseñar un conjunto de conocimientos específicos que están previstos o que tiene que prever y plasmar él mismo, en un programa de estudios, que es parte de un pensum curricular para formar al discente universitario en el área de la práctica y experimentación.

Para consolidar el proceso formativo en base de la modelación física, el docente recurre a la práctica valorativa de su ejercicio profesional y construir aprendizajes sobre la docencia así como, enfrentar problemas diversos durante su labor docente en el campo práctico, ésta experiencia; será la generadora del sistema estructural físico que construya a fin de clarificar, entender y conceptualizar los diferentes fenómenos que enfrenta las ciencias Arquitectónicas en el campo de la experimentación.

La deficiencia de laboratorios y su equipamiento ha generado que algunas de las actividades propias del laboratorio sean sustituidas y desarrolladas en el aula de clase, pero, siendo consciente que la realización fuera del laboratorio no constituye un sustituto de lo que debe ser ejecutado en el laboratorio y abordado por un prototipo experimental (Pérez, 2008).

Además, los problemas evidenciados en los aprendizajes por deficiencias en infraestructura y equipamiento de laboratorios ha generado que los Instructores desarrollen parte de la práctica formativa con sesiones de clase donde se plantea y resuelve problemas con didáctica casera y temporal, limitando el real proceso experimental sostenible como la modelación física que debe caracterizarla formación y aprendizaje práctico del estudiante-profesional.

Rivero (2004) ubica a la Física como parte de las Ciencias Naturales, señalando que la teoría se explica por las respuestas que proporciona la naturaleza, por tanto, puede ser observado y estudiado a través de experimentos, debiendo los estudiantes utilizar los laboratorios como parte de una estrategia didáctica que involucra la experimentación.

Los laboratorios equipados para el área técnica en las carreras de Arquitectura e Ingeniería y, especialmente para el área de estructuras, se caracterizan por tener relativa o mínima implementación de equipos y debido a tres factores, altas inversiones para adquirirlos, mantenimiento oneroso y vida útil muy limitada. Los tres factores que generan el conflicto en los aprendizajes, se revierten con el estudio y desarrollo de dos modelos físicos y la operación eficiente de estos equipos que impactan y mejora el proceso formativo del estudiante-profesional.

Algunas Instituciones de Educación Superior como el Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, para la carrera de Ingeniería electrónica, programa curricularmente desarrollar como estrategia dinámica equipos didácticos para el uso de los laboratorios de ciencias experimentales y que tiene por objetivo mejorar el aprendizaje experimental (Cervantes M. 2009).

Las carreras de Arquitectura e Ingeniería son conscientes que el proceso formativo debe fundamentarse en el análisis teórico-práctico experimental; sin embargo, aspectos económicos, conocimiento de tecnología y materiales relacionadas con la realidad local y, dedicación docente y estudiantes en el claustro universitario, limita los procesos de enseñanza –aprendizaje, así como, para desarrollo de proyectos de investigación e implementación de equipos y laboratorios para la práctica experimental de sistemas como las estructuras.

Además, la falta de laboratorios y equipamiento de tipo técnico-experimental determina falta de competencias profesionales que impacta negativamente en el desarrollo económico y social del estudiante-profesional, así como, impacta en el desarrollo sostenible de la comunidad. Por tanto, el equipamiento a través de la modelación física, beneficia no solo al estudiante, profesional e institución sino, incidirá directamente en el buen vivir.

La ventaja formativa por el proceso experimental integral, genera un profesional con niveles cognitivos superior a aquellos que no manejan los procesos experienciales y experimentales en el constructo significativo de la investigación, experimentación e innovación. Estas ventajas se reflejan en mejores niveles económicos remunerativos del profesional e incide en el desarrollo social-económico del entorno que rodea al profesional.

La problemática señalada, determina la necesidad de planificar, formular y ejecutar investigaciones innovadoras y creativas que

generen para la Arquitectura e Ingeniería, modelos físicos de prototipos de sistemas estructurales, la operación eficiente, flexible y larga vida útil de los equipos, que mejore el proceso formativo significativo, participativo y experiencial de los estudiantes, pero, en el marco de la práctica común de la realidad profesional.

El conocimiento adquirido y grado de competencia del profesional egresado de la Universidad se fundamenta en el proceso cognitivo que haya conceptualizado y consolidado durante su etapa curricular.

En el contexto del estudio, el desarrollo y experimentación de los modelos físicos y la operación eficiente aporta al mejoramiento formativo del estudiante-profesional, por tanto, la justificación se enfocó en el ámbito denominado, justificación por criterioteórico-práctico.

La investigación abordó una de las principales problemáticas académicas que son los aprendizajes del estudiante en el campo de las ciencias físicas con énfasis en el problema generado por la falta o insuficiencia de experimentación de sistemas estructurales en edificios. La implementación de los dos modelos para experimentar el equilibrio estático en estructuras para edificaciones, aportó al proceso formativo en el ámbito del comportamiento estructural y optimización del edificio proyectado y justifica el estudio realizado.

Curricularmente el proceso formativo del Arquitecto e Ingeniero debe tener un balance entre la teoría y la práctica incluyendo la práctica-experimental, que en la mayoría de los casos consiste en la realización y resolución de problemas y de forma relativa la experimentación; sin embargo, para las ciencias de las estructuras la parte experimental basado en modelos físicos de prototipos es fundamental para entender la estática y comportamiento mecánico del edificio y valida la investigación desarrollada.

Como señala Calero (2004), las ciencias duras como la ingeniería demanda de un proceso formativo que incluya en el currículum la experimentación a fin de garantizar los saberes que debe tener el profesional, que incide no solo en un mejor conocimiento sino, mejorar la calidad de vida de su entorno.

Cervantes M. (2009), señala que en la carrera de Ingeniería Electrónica del Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli tiene entre sus líneas de investigación la implementación, diseño y construcción de equipos didácticos por los estudiantes para su uso en el laboratorio de ciencias experimentales, indica además, que estos equipos permiten que el Sujeto reflexione sobre principios y modelos matemáticos intervinientes en fenómenos naturales, pero sobre todo, permiten que el estudiante ponga en práctica conocimientos integrados para resolver problemas mediante el enfoque experimental cuantitativo.

La problemática descrita en los ítems anteriores, la observación y breve análisis de Centros Universitarios y especialmente de la Unidad objeto de estudio para el área de las Ciencias Duras realizado, evidencia la falta de implementaciones físicas de prototipos que permitan el adecuado desarrollo de la enseñanza-aprendizaje de la práctica experimental que demanda el estudiante y la sociedad para formar un profesional de alta competitividad e impactar en el bienestar de la colectividad.

Debido a la falta de equipos en laboratorios para visualizar los diferentes fenómenos físicos, es necesario implementar estrategias didácticas para la experimentación. Las estrategias desarrolladas fueron dos modelos físicos de prototipos estructurales que se justificaron evaluando los aprendizajes antes y con la investigación que evidenciaron la incidencia en las competencias y valores agregados del profesional egresado de la Universidad.

La investigación en base de evaluar la situación cognitiva-académica actual del estudiante-profesional y el estado del arte en la elaboración de modelos físicos de prototipos sostenibles o diseños experimentales en las ciencias de la Arquitectura, justificó la investigación de forma cuantitativa, como aportó a mejorar el conocimiento y competencia del estudiante, egresado y profesional de la Universidad incluyendo, el impacto económico en el Sujeto por al mejoramiento de los aprendizajes.

La investigación aporta a las teorías didácticas específicas y el nuevo conocimiento en un ámbito totalmente novedoso como, investigación e innovación por la modelación de sistemas estructurales, operación eficiente para los equipos, experimentos cuasi optimizados y desarrollo metodológico para evaluar el beneficio económico del estudiante-profesional por el mejoramiento de los aprendizajes con aplicación a las ciencias duras.

De forma general-matemática, la investigación abordó la problemática de los aprendizajes en el estudiante en la temática experimental en las ciencias estructurales, producto de la deficiencia o inexistencia de equipos y laboratorios, se justificó al plantearse las funciones problema y solución que se enuncian como:

Función Problema

$$Aprendizaje_{técnico} = F(equipos, laboratorios, talento humano, inversión)$$

Función Solución

$$\begin{aligned} &Aprendizaje_{técnico} \\ &= F(modelación física, operación eficiente, investigación, innovación, \\ &\quad creación, costos, materiales, tecnología, ingreso económico) \end{aligned}$$

Alcance

La investigación se orientó a crear, diseñar e implementar modelos físicos, la operación eficiente de prototipos de sistemas estructurales

y evaluar su impacto en el proceso de aprendizaje de los estudiantes de Arquitectura de la Universidad laica Vicente Rocafuerte -ULVR, incluyendo su incidencia en los procesos investigativos, creatividad, innovación, económico y financiero sostenible.

Fundamentado en la problemática que es la deficiencia del aprendizaje de los estudiantes de Arquitectura en el área de los sistemas estructurales y los objetivos del estudio se analizó el estado del conocimiento actual a través de la revisión de documentación pertinente y observación en Centros de Estudio Superior local de la disponibilidad de laboratorios para la enseñanza-aprendizaje de ciencias técnicas.

El análisis documental se enfocó por aspectos intervinientes en el estudio y son:

Académicos:

Aprendizaje-enseñanza de ciencias físicas en laboratorios Desarrollo de modelos físicos de prototipos relacionados con ciencias técnicas

Programación curricular.

Financiero:

Evaluación de costos y beneficios financieros

Operación eficiente/sostenibilidad:

Materiales-equipos-tecnología por implementación de modelos físicos

El análisis se abordó desde la visión curricular, investigativa, innovadora y creativa y considerando el impacto académico-profesional-económico en el estudiante-profesional por la modelación física de prototipos a escala, la operación eficiente y experimentación con los equipos desarrollados.

La revisión crítica documental, determinó que la investigación metodológicamente se enmarque en el desarrollo experiencial y experimental de modelos físicos a escala de prototipos en el área de las estructuras para edificios y aplicada a dos muestras denominadas grupo experimental y grupo de control para validar el mejoramiento académico y económico del estudiante-profesional de las carreras de Arquitectura e Ingeniería Civil.

Los productos del análisis bibliográfico, caracterización formativa y disponibilidad de laboratorios se confrontaron con estrategia didáctica de tipo experimental y sustentable aplicada a la mecánica vectorial de los sistemas estructurales en edificaciones y determinó el alcance, tipo y metodología de la investigación.

El manejo de los resultados de la confrontación determinó, potenciales impacto positivo en el aprendizaje del estudiante debido a la modelización física de prototipos, diseño experiencial y desarrollo experimental con modelos a escala de prototipos; así mismo, evidenció posibilidades de beneficio-costo por desarrollar este tipo de investigaciones aplicadas en el ámbito de los sistemas estructurales de competencia de la Arquitectura e Ingeniería.

En este contexto, el proceso metodológico desarrollado, los resultados, productos y conclusiones tienen validez científica-tecnológica y podrán ser generalizados para otros ambientes educativos semejantes, proporcionando un producto creativo y novedoso que es parte fundamental para la formación en campos de las ciencias duras en otras Unidades de la Universidad y Centros Educativos de nivel Superior.

En base de lo señalado en los párrafos anteriores, la investigación se identifica como:

Por alcance: Explicativa

Tipo: Cuasi-experimental

Cuantitativa

Causal

Metodológicamente de acuerdo a la Hipótesis de la investigación que se formuló, el alcance del estudio identificó tres variables de investigación, dos independientes X_1 y X_2 y la dependiente Y . Adicionalmente se identificó una variable interviniente, ajena o extraña Z , pero sin incidencia para los fines investigativos por no ser objeto del estudio y comportarse de forma semejante para los grupos experimental y de control.

La variable independiente X_1 está relacionada con la creación, diseño, elaboración y puesta en marcha de modelos físicos de prototipos de sistemas estructurales. La segunda variable independiente X_2 , representa la operación eficiente de los modelos físicos; mientras que la variable dependiente Y es el impacto en los aprendizajes en los estudiantes de Arquitectura.

La variable Z , es considerada como variable interviniente, extraña o ajena y representada por actitud-nivel académico de los estudiantes, ambiente físico para desarrollo de clase, otros, pero, por comportarse de forma semejante en los grupos objeto del estudio se consideró no influyente en la investigación.

El manejo y alcance de la investigación permitió relacionar las tres variables y a través de la experimentación con grupos de estudiantes confrontar y probar la hipótesis de la investigación; adicionalmente, los productos del experimento en los grupos de control y experimental se evaluaron, estimándose un valor cuantitativo por el mejoramiento de los aprendizajes, que sirvieron de indicadores para evaluar financieramente la investigación y estimar su beneficio-costos.

Además, la investigación tuvo como alcance la innovación y creatividad para manejar equipos, materiales y tecnologías de bajo costo y provenientes del mercado local, lo cual fundamentó la operación eficiente y sostenibilidad que factibilizó el desarrollo de los dos modelos físicos cumpliendo estándares y objetivos de la investigación y, que pueden y deben ser extrapolados para generar otros modelos físicos y ampliar los escenarios de análisis de fenómenos directamente involucrados en las diferentes aplicaciones de las ciencias físicas a carreras de arquitectura e ingeniería.

Otro aspecto determinado por el alcance de la investigación constituyó la formación a nivel docente, docente y profesional de recursos humanos en un área de importancia académica para los diferentes niveles de estudios y desarrollo curricular que impacta no solo en el claustro universitario sino, es fundamental para las políticas y planes socio productivos tanto de empresas gubernamentales como privadas.

Por tanto, la investigación desarrollada puede ser replicada y desarrollada al interior y exterior de la universidad pero, fundamentalmente su alcance como aporte de la investigación, está dado por desarrollo formativo experimental en el área de las estructuras para edificios y mejoramiento económico del estudiante-profesional; así como, físicamente proveer equipos y facilitar la implementación de laboratorios la operación eficiente en equipos y financieramente rentable.

Limitaciones

En base a los objetivos, alcance y desarrollo de la investigación, las limitaciones están relacionadas de manera macro con recursos, espacio físico y tiempo. Detalladamente las limitaciones están identificadas con aspectos bibliográficos tanto de tipo texto como digital, económicos, Talento humano, metodologías para

evaluaciones, desarrollo tecnológico locales, infraestructura física y tiempo para desarrollar la modelación y experimentación.

Entre las principales limitaciones para llevar adelante la investigación debe señalarse:

Relativa disponibilidad de información a nivel de bibliografía tipo texto y electrónica

Escasísima disponibilidad de documentación y bibliografía escrita de los productos esperados, como son, creación de equipos, operación eficiente y estudios de influencia en el aprendizaje por la implementación de laboratorios

Escasa a ninguna documentación electrónica o escrita relacionada con la evaluación económica-financiera de investigaciones educativas y específicamente en el ámbito de estimar indicadores beneficios por el mejoramiento del aprendizaje debido a la modelación física de prototipos para sistemas estáticos estructurales en edificios.

Falta de talento humano a nivel local con capacidad y orientado a crear equipos en el ámbito de las ciencias duras

Planificación insuficiente en los Centros de Estudios Superiores para infraestructura física para laboratorios y experimentación

Tiempos o lapsos parciales para desarrollar los diferentes componentes y procesos del estudio en relación con el ciclo de estudio

Desconocimiento de las empresas y de profesionales de materiales y equipos del ámbito local que pueden ser utilizados alternativamente para la creación de equipos didáctico y profesional para medición de fenómenos estáticos en los sistemas estructurales y en general en el área de las ciencias duras para la temática técnica.

Inexistencia o poca experiencias a nivel local de desarrollos y equipamiento de laboratorios relacionados con el objeto de la investigación

Inexistencia de experiencias a nivel local de la influencia en el proceso de enseñanza-aprendizaje por la creación, diseños, construcción y puesta en marcha de equipos de laboratorios.

Falta de recursos económicos para desarrollar investigaciones relacionadas con la modelación física para implementar laboratorios técnicos-experimentales.

Disponibilidad y facilitación de manuales de empresas especializadas en el desarrollo de laboratorios.

Publicaciones de empresas especializadas en laboratorios que detallen procesos para implementar equipos y laboratorios para ciencias de arquitectura o ingeniería civil.

Desarrollo escaso de prototipos para la Arquitectura e Ingeniería y generalmente a escala 1:1.

Las limitaciones enunciadas, representaron conflictos que se evaluaron y fundamentaron la planificación, formulación, evaluación, construcción y operación de modelos físicos de prototipos de sistemas estructurales a escala reducida, sustentado en la creatividad, innovación e investigación del estudiante y los requerimientos curriculares e inversión realista de la universidad. Los dos equipos para la experimentación se desarrollaron manejando las limitaciones descritas y generaron como producto final el mejoramiento en los aprendizajes en el área experimental técnica de sistemas estructurales para edificios, así como, demostrar la factibilidad financiera.

La viabilidad de la investigación se conceptualizó por la estimación de indicadores de factibilidad relacionados a diferentes escenarios que se describen a continuación:

Académico que correspondió al mejoramiento de los aprendizajes, Estadístico en función de la confrontación de hipótesis,

Sostenibilidad correlacionados con materiales-equipos-tecnologías del entorno local, operación eficiente y financieros referenciados con beneficios-costos.

El problema descrito anteriormente determinó la necesidad de acometer la investigación de forma científica y cuantitativa, desarrollando estrategias didácticas que mejoren el proceso cognitivo de los aprendizajes de los estudiantes de la Universidad pero, conceptualizados y viabilizados a través de una didáctica específica enfatizada en procesos experimentales que relacionen la teoría con la práctica experimental utilizando y desarrollando equipos de laboratorios para las ciencias físicas.

Las limitaciones originadas por la relativa o ningún equipamiento de prototipos y desarrollo de modelos físicos fue el objetivo de la investigación que se viabilizó con el nuevo estatus de comportamiento del estudiante en su formación académica enfatizándola en procesos de innovación, creación e investigación en la zona del conocimiento significativo-experiencial, adquirido en base a la implementación de experimentos como de los de prototipos auto-elaborados que consolide los procesos cognitivos teórico-práctica experimental e impartida en las etapas de enseñanza-aprendizaje.

La investigación se viabilizó en base a la ejecución de los diferentes escenarios de la investigación como, desarrollo de los dos modelos físicos, operación eficiente y su operación y limitaciones antes señaladas; así como, diseño-construcción, aplicación experimental en la población objetivo y evaluación de la investigación académica y financiera; estos escenarios determinaron mejorar los aprendizajes y obtener indicadores financieros de beneficio-costos que hicieron factible la investigación.

De forma específica, el desarrollo de los modelos físicos se basó en la operación eficiente de los equipos que incluyó diseños y construcción con materiales, equipos y tecnologías de bajo costo y existentes en el entorno local, evidenciando la sostenibilidad de los modelos desarrollados.

El nuevo estatus en el conocimiento del estudiante se viabilizó al confrontar las hipótesis de la investigación y resultante del manejo experimental con la muestra experimental y de control. El indicador cuantitativo de mejoramiento del aprendizaje se confrontó con indicadores económicos de ingresos y egresos que viabilizaron financieramente los modelos físicos desarrollados.

Lo señalado en los párrafos inmediatamente anteriores determinó que la investigación tuvo factibilidad desde la visión técnica, académica, social, económica, ambiental y operativa, redundando en el constructo de los estudiantes y profesionales egresados de la Universidad, impactando positivamente tanto en el nivel cognitivo significativo y calidad de vida. Proveerá mejores remuneraciones económicas al profesionalizarse y, fundamentalmente incidirá en el desarrollo socio-económico del estudiante, institución y la comunidad, evidenciados a través de respectivos indicadores cuantitativos estimados.

Visión Histórica

Los laboratorios de forma informal puede decirse que han existido desde la misma creación de la ciencia, es el caso de las ciencias físicas que inicialmente abordó la naturaleza teniendo a esta misma naturaleza como el prototipo para desarrollar el conocimiento mediante la observación y experimentación.

Fundamentado en las premisas de los espacios tipo natura para enfocar el Laboratorio, se conoce que Aristóteles (384-322 a.C.) y Arquímedes (287-212 a.C.) pueden considerarse precursores del enfoque del laboratorio en base a la observación, aunque, Aristóteles y sus discípulos trataron de explicar las causas de los fenómenos sin considerar la práctica o experimentación sino, solamente en base de observaciones fragmentarias.

Por el contrario Arquímedes investigó la naturaleza caracterizado en el método empírico activo, utilizando un proceso metodológico deductivo y experimental como forma de descubrir y comprobar hipótesis de las ciencias deductivas, por lo cual se lo considera como el iniciador de un nuevo enfoque metodológico para investigar la naturaleza (Cardona, F. 2013).

A fin de conceptualizar los laboratorios objeto de la investigación debe señalarse que, las ciencias naturales, ciencias físico-naturales o ciencias experimentales están relacionadas con la naturaleza y se estudian aplicando el método científico conocido como método experimental analizando solo aspectos físicos y no a aspectos humanos del mundo; abordan principalmente la química, astronomía, geología, física y biología.

Por tanto, las ciencias naturales se relacionan con laboratorios para su estudio (Adúriz B. Et al. (2003), siendo los laboratorios ámbitos físicos para realizar investigaciones, experimentos y trabajos sean técnicos o científicos.

La investigación se relaciona con laboratorios formales o físicos de ciencias naturales que forman parte del área formativa técnica con énfasis en los sistemas estructurales para edificaciones. En este contexto, retrospectivamente los laboratorios de alquimia o conocidos actualmente como laboratorio de química quizás fueron los primeros en desarrollarse ya que numerosos cuadros de los siglos XVI al XIX representan laboratorios Alquímicos propios de la época y que comenzaron a verse con crisoles, matraces, frascos, balanzas, mesas y estantería que son característicos de lugares especializados para la práctica de la química y conocidos como laboratorios.

Muchos de los laboratorios mencionados, responden a entes privados, públicos o mixtos subvencionados o no, se conoce que en el siglo XII muchos fueron subvencionados por reyes y otros nobles, históricamente muchos científicos como Lavoisier, Davy, Berthollet y

Lord Rayleigh aportaron con sus propios recursos los gastos de sus investigaciones que incluyeron laboratorios. Altshuler J. (2006) señala que en los siglos XVIII y XIX era muy común que los propios profesores cubrieran con sus recursos o salarios los equipos y aparatos de laboratorios.

Los laboratorios considerados como formales en el sistema educativo, es decir, como el ámbito para desarrollar por ejemplo trabajos prácticos fue iniciado aproximadamente hace 300 años por John Locke quién propuso a fines del siglo XIX el trabajo práctico en educación ya que esta práctica era parte integral del currículo de ciencias en Inglaterra y Estados Unidos (Arcos, O. García G. 2009), teniéndose desde esa fecha el uso de laboratorios como parte formativa cognitiva de los estudiantes en sus diferentes niveles educativos (Barberá y Valdes 1996). En 1865 se realizaron las primeras prácticas de laboratorio en educación y tenía por finalidad la enseñanza de la química.

En la segunda mitad del siglo XIX Alemania, España y Sajonia aparecen los laboratorios para las ingenierías conceptualizándolos que el recurso básico de la ingeniería tenía que ser la ciencia para formar profesionales especializados de alto nivel. Se estima que la química es la precursora de los laboratorios ya que la Universidad de Giessen graduó los primeros ingenieros químicos bajo el enfoque que el laboratorio era eje central formativo.

Durante el siglo XIX otras disciplinas de carácter técnica como la electrotecnia empezaron a utilizar los laboratorios para desarrollar ensayos e investigaciones y en 1870 se formó la primera generación de profesionales en electrotecnia (Roca, A. 2014)

En los períodos posteriores al siglo XIX los laboratorios de ciencias y sobre todo los de ciencias naturales han logrado situarse como una estrategia didáctica de suma transcendencia para el proceso cognitivo formativo de los estudiantes en sus diferentes niveles,

reconociéndose que a nivel formativo superior es necesarios para el desarrollo preprofesional y profesional de la Arquitectura, Ingeniería u otras ciencias, el proceso del laboratorio es parte curricular para formar Sujetos competentes, investigativos y enmarcados en la realidad ambiente.

En la actualidad los laboratorios ya no son solo parte formativa docente sino, son parte de empresas, industrias y entes que tienen a actividades técnicas y requeridos para impulsar las actividades objeto de la institución, aunque, han habido cambios de contexto desde aquellas épocas en que se iniciaron los laboratorios como espacios físicos limitados.

Históricamente los laboratorios relacionados con las ciencias naturales a nivel Superior y específicamente los laboratorios para ciencias del área técnica como es, materiales, estructuras, física, ambiente, entre otras, han sido impulsadas desde los años 50 y especialmente para las áreas de suelo, comportamiento de materiales, concreto e hidráulica; sin embargo, este impulso se ha caracterizado por la adquisición a empresas extranjeras de este relativo equipamiento y muy poco con desarrollo propio de auto-equipamiento y siempre bajo la premisa de ensayar prototipos del sistema analizado.

Así mismo, en el área de la física-estructural en las Facultades de las Ciencias duras, la disponibilidad de equipos es muy limitada o no existe; la Universidad de Guayaquil hace dos años adquirió ciertos equipos para esta área pero, de origen alemán y caracterizado por la alta inversión, la relativa vida útil y fundamentalmente sin ser parte de un aporte por innovación e investigación que impacte en el estudiante-docente que está en el proceso formativo profesional.

Debe señalarse, que históricamente los laboratorios han tratado de orientarse a la venta de servicios que permita la autogestión, lo cual ha determinado que siempre se invierta en equipos sesgando los

principios básicos de generar equipamiento a través de investigaciones que demuestren la ventaja cognitiva, económica, innovación e investigación que determinen un equipamiento fundamentado en un proceso experiencial y experimental significativo.



Sistematización de las teorías

La revisión y análisis del marco teórico en sus diferentes componentes relacionado con la investigación, representó la parte coyuntural para plantear y desarrollar el estudio en el marco de la novedad científica, innovación, aporte a la colectividad y fundamentalmente aportar a mejorar la enseñanza-aprendizaje en el campo de los sistemas estructurales para edificios a través de la práctica experimental-experiencial y la operación eficiente y factibilidad de los equipos desarrollados.

Las investigaciones realizadas en Instituciones educativas y documentación obtenida de Centros de documentación digital-informática posibilitaron analizar una serie de trabajos que van desde artículos científicos, bibliografía, tesis, textos y otros documentos relacionados con la presente investigación.

Los productos bibliográficos se estudiaron y sintetizaron permitiendo definir el estado de arte actual de la temática investigada y la base teórica que constituyó el aporte del marco teórico a la investigación desarrollada y al nuevo conocimiento generado por el trabajo.

El análisis del marco teórico se desarrolló en base a tres componentes directamente relacionados con el estudio, el primero abordó la enseñanza-aprendizaje en el marco de la práctica experimental con equipos-laboratorios para el área técnica-práctica, el segundo componente trató de la importancia de elaborar equipos o módulos físicos como estrategia didáctica para el proceso formativo en el área técnica-experimental y el tercer componente analizó la evaluación de proyectos con énfasis en indicadores de rentabilidad o factibilidad.

La interrelación y análisis integrado de los tres componentes mencionados fundamentaron el estudio y la postura adoptada, para manejar la problemática, definir alcance y, formular y evaluar

la investigación desarrollada. El análisis del marco teórico en relación con los antecedentes se realizó de referentes bibliográficos descritos a continuación.

Enseñanza-aprendizaje técnica-práctica experimental

El estudio aborda la documentación relacionada con los laboratorios para la enseñanza-aprendizaje en el área de las ciencias técnicas-prácticas. El análisis de la documentación con el alcance de antecedentes, se describe en base de los diferentes autores que aportan a la postura de la investigación a través del desarrollo del marco teórico.

Aprender y enseñar ciencias: del laboratorio al aula y viceversa

Es un documento colaborativo al marco teórico de la investigación presentado por **Golombek, D. (2008)** en IV Foro Latinoamericano de Educación (Aprender y enseñar ciencias, desafíos y oportunidades), denominado, Aprender y enseñar ciencias: del laboratorio al aula y viceversa, publicado por Fundación Santillana, Buenos Aires-Argentina. Diego Golombek A. es doctor en Biología de la Universidad de Buenos Aires y Profesor en la Universidad de Quilmes e Investigador del CONICET y Director del laboratorio de Cronobiología de la Universidad de Quilmes.

Golombek trata sobre dos aspectos fundamentales académicos relacionados con la enseñanza de ciencias y la investigación científica, indicando que haciendo ciencias es la manera de aprender ciencias y que enseñar ciencias demanda la aplicación de un procedimiento, mientras que la investigación requiere de novedad u originalidad.

Indica que el aprendizaje debe separarse de la simple repetición de fórmulas o modelos de cálculo y hacer que el ámbito activo para generar y aprender las ciencias naturales como las involucradas en

procesos de ingeniería y arquitectura debe ser el aula coyunturalmente sustentado en la experimentación e indagación. Hacer ciencia y aprendizaje desde la visión solo metodológica, marginando la parte experimental por falta de equipos en caso extremo la energía eléctrica es negar los resultados que deben obtenerse de la enseñanza-aprendizaje.

Señala el documento que los experimentos no pueden marginarse pero, debe existir un balance y direccionamiento de la actividad experimental con actividades didácticas no-experimentales en base de que esté claro el argumento y objetivos para adquirir el conocimiento científico; conocimiento, que no puede negarse por la intervención de indagación o formulación de preguntas o el diseño de la experiencia por el diseño y/o construcción de un modelo.

Se describe que el proceso de observar y experimentar para avanzar en el conocimiento no demanda compleja operaciones ni repetir aspectos metodológicos sino, abordar el aspecto empírico y experimentarse con lo que nos rodea y esté disponible en el campo de aplicación respectiva pero, basados en que enseñar y aprender ciencias científicas requiere del marco teórico como del marco a través del experimento

Se concluye en el trabajo la correspondencia y manejo integrado de la triada entre ciencia-aula-experimento para la enseñanza-aprendizaje del desarrollo científico y formar un Sujeto apto en los ámbitos investigativo-científico-cognitivo.

Laboratorio didáctico de ciencias: Caminos de Investigación

Barrilla Elisabeth, Laburú Carlos et al. (2010) presentan el trabajo, Laboratorio didáctico de ciencias: Caminos de Investigación en la revista Electrónica de Enseñanzas de las Ciencias volumen 9, No 1, 88-110; Barrolli es docente de la Facultad de Educación de la

Universidade de Campinas, Brasil, mientras que Laború es miembro del Departamento de Física de la Universidad Estadual de Londrina, Brasil.

El trabajo hace referencia a los enfoques existentes para la función que debe cumplir el laboratorio didáctico de ciencias en el ámbito académico como el aprendizaje. Señala que en los cincuenta trabajos analizados la tendencia antes de la década de los 90 es el enfoque de desarrollo metodológico, siguiendo un proceso guiado donde la forma y resultados son las bases para el aprendizaje, posteriormente en la década de los 90 se enfoca al desarrollo de forma más productiva del aprendizaje y orientado hacia la investigación.

Señalan los autores que el aporte de los laboratorios didácticos a la enseñanza de las ciencias siempre será objeto de discusión por la forma como se conceptualiza el aprendizaje, el proceso de construcción del conocimiento y las potencialidades del laboratorio como un espacio físico equipado para adquirir el conocimiento.

En base a la revisión de los documentos, los autores señalan que el análisis de la producción de trabajos centrados en el escenario teórico de la función del laboratorio y la producción fundamentada en las tendencias del razonamiento utilizados por los estudiantes para resolver problemas orientados específicamente a los trabajos prácticos tienen desfase que impactan en el estudiante negativamente.

Los desfases llegan a originar la detención de la problematización planteada y relacionada con la tendencia metodológica; así mismo, dificulta los enfoques de tendencia de estrategias didácticas para apropiamiento del proceso experimental basado en el conocimiento formal.

Docentes en la enseñanza de la física

Crespo, E. Álvarez, T. et. al. (2008), de la Universidad del Pinar del Río, Cuba, son los autores del artículo científico denominado, Docentes en la enseñanza de la física. Crespo Elio Jesús es Doctor en Ciencias Pedagógicas desde el 2005.

El trabajo que representa la segunda versión, aborda la temática de las prácticas del laboratorio y la relación enseñanza-aprendizaje de las ciencias experimentales a fin de mejorar el proceso formativo del estudiante, fundamentándose en la deficiencia de documentos especializados que trate el tema desde la metodología y epistemología de la práctica-enseñanza de la ciencia.

Los autores indican que la ciencia moderna basa el desarrollo de la ciencia en la observación y experimentación, siendo la práctica de Laboratorio un proceso de enseñanza-aprendizaje en la cual el docente es el facilitador temporal y espacial para desarrollar el conocimiento aprendido; sin embargo, la actuación del profesor debe ser reflexiva, suficiente de manera que los objetivos de la práctica de Laboratorio transforme la práctica en un valor cognitivo formativo que beneficie al que aprende.

El artículo plantea y trata paradigmas que se relacionan directamente con la práctica de Laboratorio como son:

Trasmisión-recepción identificada por habilidades operativas y medición.

El descubrimiento que se caracteriza por limitar el proceso autónomo de aprendizaje del estudiante ya que este no le permite al estudiante explorar y descubrir una problemática que desarrolle de forma científica el aprendizaje

El Enfoque del proceso señalando que las prácticas de laboratorio bajo este esquema pueden conducir que el estudiante alcance un rendimiento adecuado pero que posteriormente las habilidades y estrategias es incapaz de integrarlas al contexto de la realidad que significa la investigación científica.

Posteriormente en la década de los años 80 a los 90 surge el paradigma Constructivista, indicando que una práctica de laboratorio bajo este enfoque es altamente productiva utilizando los procedimientos y métodos adecuados que asegure la calidad del proceso enseñanza-aprendizaje ya que integra la realidad e interacciona docente-estudiante y el medio para facilitar el aprendizaje.

Se sostiene que la Teoría Constructivista del Conocimiento queda representada actualmente por la Escuela Nueva, Escuela Cognitiva y Escuela Tecnológica Educativa, representando la base de la práctica del laboratorio que aproxima el Sujeto a la realidad para interpretarla, resuelva problemas, tome decisiones y sobre todo sea el máximo responsable de su proceso formativo.

Uno de los aspectos que aborda el artículo es relacionado con la función de una práctica de laboratorios en el proceso formativo del estudiante señala que debe ser analizado desde la visión académica-laboral-investigativa relacionada con procesos de enseñanza aprendizaje, instructiva y educativa.

Concluye el trabajo que, enseñar y aprender ciencias y la práctica en laboratorios debe fundamentarse en el constructivismo cognitivo respondiendo en los usos del laboratorio y propiciando la calidad académica de los niveles de educación superior.

La enseñanza en el laboratorio. ¿qué podemos aprender en términos de conocimiento práctico y de actitudes hacia la ciencia?

Sére, M. (2002), de la Universidad de París presenta su trabajo denominado: La enseñanza en el laboratorio. ¿qué podemos aprender en términos de conocimiento práctico y de actitudes hacia la ciencia?, representa un aporte al marco teórico de la

investigación y tiene por objetivo analizar como la actividad experimental y los trabajos prácticos constituyen un excelente medio para el aprendizaje de las teorías de las ciencias en base de un aprendizaje de “hacer” y de “aprender a hacer”, es decir como la teoría se consolida con la práctica.

Señala el artículo que una de las mayores complejidades para la enseñanza de las ciencias por parte del docente es el “experimentación”, analizando esta experimentación a través de las sesiones en las que participa el estudiante y que lo llama trabajo práctico. Indica que los resultados del aprendizaje de las ciencias que se esperan pueden analizarse desde los siguientes aspectos: comprender los conceptos, leyes, modelos, otros conceptos, aprender toda la teoría, aprender a rehacer, aprender procedimientos, realizar experiencias.

Usar adecuadamente la teoría; indica que los trabajos prácticos enseñan a comprender y que la teoría basada en conocimientos conceptuales colabora en el aprendizaje de la ciencia; sin embargo, algunas veces la práctica se la utiliza como complemento de la teoría ya que el trabajo práctico está dirigido a comprobar leyes o encontrar leyes que están perfectamente ya conocidas; así mismo, los conocimientos procedimentales que engloban saberes prácticos que se relacionan con los experimentos y muy poco reconocidos por el estudiante por la forma como lo aprende.

A través de un ejemplo que es la medición de la velocidad de la luz el autor ejemplifica una serie de alternativas y equipos para medirla pero señalando las ventajas y desventajas y haciendo encuestas con los estudiantes para averiguar la percepción del experimento en las diferentes alternativas, los resultados de las encuestas son sorprendentes ya que algunas veces los resultados presentados en la teoría no responden a lo ocurrido en la práctica y que es criticado por los mismos encuestados.

El trabajo concluye, los objetivos conceptuales, procedimentales y epistemológico no se deben separar sino, que ellos están interactuando y respaldan y dificulta el objetivo de los trabajos prácticos, señalando que debe hacerse que la didáctica de los trabajos prácticos represente innovaciones que utilicen la pedagogía de proyectos para el proceso de educación tanto de científicos como de los ciudadanos.

Práctica de laboratorio en ingeniería. Una estrategia efectiva de aprendizaje

Montes, W. (2004), de la Universidad de Ibagué publica su trabajo señalando que la práctica de laboratorio en ingeniería que es equivalente al desarrollo de talleres en otras ciencias representa una estrategia de aprendizaje con enfoque constructivista de aprendizaje significativo-alternativo presentando un experimento desarrollado en el Programa de Ingeniería electrónica en la Universidad.

El autor considera a la práctica de laboratorio una estrategia grupal metodológica que permite logros bajo el principio de "aprender haciendo" que tiene un nivel superior al de solo aprender conceptos sino, permite integrar e interactuar dinámicamente la teoría y práctica basado en dos premisas que son: enseñar a pensar y aprender haciendo.

Señala Montes que, por mucho tiempo ha sido la perspectiva conductista la base del aprendizaje del estudiante y que es necesario modificar este método de enseñanza por una estrategia de aprendizaje basado al constructivismo con aprendizaje significativo, caracterizado porque el estudiante es el centro del todo y resuelva problemas reales aprendiendo a pensar.

Plantea el autor que de acuerdo a la disciplina de ingeniería electrónica que se desarrolla en la universidad y su finalidad, las prácticas de laboratorio puede agruparlos en cuatro formas,

La práctica convencional o de comprobación fundamentado en comprobar el funcionamiento de circuitos e decir es un proceso repetitivo

La práctica del diseño que integra la realidad del entorno y problemáticas electrónica de poca y mediana intensidad, es decir, se diferencia de la convencional por el aporte en base a resolver problemas de una realidad de competencia del ingeniero

La práctica por proyecto que suma conocimientos no solo de la asignatura estudiada sino, abarca otras disciplinas de la misma

La cuarta práctica es la integradora que involucra conocimientos de diferentes áreas de la carrera.

En su rol social-laboral el estudiante enfrenta una realidad que se enmarca en las dos últimas prácticas analizadas debiendo acometerlas pero, con la visión del diseño y el conocimiento orientado a la realidad significativa con destrezas y habilidades, desplegando estrategias que se enmarquen en el “como” y el “porque las cosas” se comportan y se desarrollan como lo hacen.

Otro aspecto que enfoca el autor es el rol del docente en la práctica de laboratorio, resumiéndolo en que el profesor debe ser un líder no solo de saber lo que enseña sino tener claro “como y para que” lo enseña, concluyendo que la práctica de laboratorio es un aprendizaje grupal responsable compartido y cooperativo que continuamente provoque el mejoramiento superando sus límites cognitivos y motivado por el interés de mejorar su conocimiento que es parte de su proceso formativo.

El mejoramiento depende del compromiso entre los logros esperados y la infraestructura y recursos que tenga el programa de práctica de laboratorio incidiendo en prácticas de mayor o menor complejidad a desarrollarse y la estrategia de aprendizaje a implementarse.

Importancia de usar tecnología en el desarrollo de prácticas de laboratorio de física mecánica

Cruz, J. (2011) de la Universidad de San Buenaventura, Cali Colombia, reflexiona fundamentado en investigaciones bibliográficas sobre la dinámica de los laboratorios de física mecánica, proponiendo estrategias que incentiven el interés del estudiante para estudiar la física, reconociendo que esta área es indispensable en el proceso formativo y adquisición de competencias en ciencias del profesional en comunicaciones y electrónica. La estrategia consiste en construir un laboratorio de física implementando tecnologías como instrumentación electrónica pero, adicionando como estrategia como, pensar, comprender y competencia en las ciencias técnicas.

El trabajo observa que la deserción y el poco interés mostrado por el estudiante por las ciencias físicas es producto de la forma como se plantea el proceso formativo y no es propio solo de países latinos sino también de países anglosajones y de la Europa.

Reflexiona Cruz sobre los diferentes componentes de la problemática analizada y se responde en base al método propuesto que es el análisis bibliográfico, en este marco la primera interrogante y reflexión planteada está relacionada con: ¿El problema de la comprensión de la física se centra en el laboratorio?, señalando que la comprensión debe ser producto de un enfoque integral interdisciplinario donde se debe priorizar el procedimiento por la habilidad de modelar y experimentar el objeto ligado al fenómeno físico estudiado.

Un segundo cuestionamiento se relaciona con, ¿Las tecnologías de informática y comunicación son las que permiten la apropiación del conocimiento o constituyen simplemente herramientas didácticas en el proceso enseñanza-aprendizaje?, respondiendo que las TIC son nuevos ambientes equipados que permiten presentar un procedimiento para adquirir conocimiento incluyente con la

realidad y en los cuales debe considerarse el nativo digital y el inmigrante digital, entendiéndose que las TIC per se no constituyen como aporte a la enseñanza sino que debe plantearse estrategias integradas entre la didáctica y el equipamiento TIC.

Otra interrogante que plantea el trabajo es, ¿Sin las TIC es posible la apropiación del conocimiento?, el autor reflexiona señalando que el aprendizaje responde a lo que el Sujeto es capaz de reconstruir de lo receptado por transmisión del que enseña, concluyendo que el aprendizaje más efectivo es el que se basa en el aprender haciendo y no en la simple transmisión de conocimiento.

Adicionalmente reflexiona sobre varios aspectos como el impacto por la entrega de guías en el laboratorio, la apropiación significativa del conocimiento, la apatía de los estudiantes por la falta de estaciones de trabajo para la física, la forma como se lleva actualmente las prácticas del laboratorio que genera deficiencia en las competencias y que no se apropia el estudiante; además, analiza las diferencias de competencias alcanzadas entre los profesionales graduados antes y después de la implementación de la estación de trabajo + modelo didáctico.

Señala de forma concluyente el autor que la Tecnología de las TIC son solamente herramientas que fortalecen el aprendizaje e individual y grupal de los estudiantes, las cuales relacionadas con la discusión y la postura crítica determinen el conocimiento aprehendido y den valor significativo a los desarrollos propuestos por la temática analizada y que la tecnología no debe ser separada de la parte social, de la parte humana y del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Las prácticas de laboratorio de física en la formación de Ingenieros en la Universidad Distrital. Una mirada desde sus actores

Arcos, F. García, G. et al. (2009), de la Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”, Bogotá, presenta su trabajo denominado: Las

prácticas de laboratorio de física en la formación de Ingenieros en la Universidad Distrital. Una mirada desde sus actores.

El documento describe el significado que tienen las prácticas de laboratorio de física para los dos actores principales que tiene el laboratorio de la carrera de Ingeniería en la Universidad Distrital que son, Instructor/es y el estudiante. El trabajo aplica varios instrumentos de investigación para confrontar que las prácticas de laboratorio son correlacionales con concepciones de la física y gestión enseñanza-aprendizaje que se relacionan con modelos pedagógicos y didácticos.

Señalan los autores que las prácticas de laboratorio enfocadas como trabajo práctico que es una mezcla de resolución de ejercicios prácticos, investigaciones y experimentos en laboratorio no han dado resultados sino, solamente han aportado como demostración de la teoría sin lograr los objetivos de entendimiento de la teoría por parte del Sujeto.

Indica el trabajo que la Universidad Distrital al igual que universidades que enseñan ciencias técnicas dispone de laboratorios de Física en el cual el estudiante desarrolla actividades como observación de fenómenos, coteja variables, mide, entre otros, sustentado en la teoría y que la finalidad de estos laboratorios es para la enseñanza, investigación, tecnología, certificación de industrias.

Sin embargo se señala, que actualmente se requiere que el profesional utilizando las tecnologías existente como la de los laboratorios diseñe nuevas herramientas, se involucren en las obras de competencia profesional y dirigidas al bienestar de la humanidad, teniendo como partida los programas curriculares y uso de nuevas tecnologías en las prácticas de laboratorios de acuerdo a estas nuevas exigencias.

Estas estrategias le permitirán superar la enseñanza tradicional en los laboratorios de ciencias física-electrónica, mediante la enseñanza constructivista y sobre todo lo que denomina como clase alternativa que relaciona el Sujeto y su experiencia previa con clase dinámica y explicaciones para comprender.

Los autores del análisis de los resultados concluyen, desde la visión curricular, la concepción de la física proviene de lo presentado en libros principalmente de textos, mientras que desde la visión del docente-instructor el conocimiento físico se da por una traducción de los fenómenos y que el estudiante asume una postura pasiva solo de aprender lo necesario para una calificación suficiente que le permita ser promovido en la asignatura; así mismo, se indica que la situación de las prácticas de laboratorio se agravan por los horizontes de obsolescencia de los instrumentos y equipos y por las inversiones a realizarse.

Aprendizaje Experimental vs Aprendizaje Experiencial

Yturalde E. (2013), en su trabajo Aprendizaje Experimental vs Aprendizaje Experiencial señala que lo primero es diferenciar entre los dos tipos de aprendizaje, que son dos tipos de metodologías diferentes, aunque el experiencial puede contener al experimental. El aprendizaje experimental está relacionado directamente con el laboratorio de ciencia, tecnología, ambiente del Centro, mientras que el aprendizaje experiencial es un método constructivista relacionado directamente con los procesos cognitivos en las vivencias, experiencias del Sujeto y fundamentado en los fenómenos de experimentación en laboratorio de causa-efecto.

Se indica que el aprendizaje experimental es propio del desarrollo controlado de un fenómeno conocido total o parcialmente por el Sujeto permitiéndole formular hipótesis y desarrollos experimentales y comparaciones para el desarrollo del aprendizaje, mientras que el aprendizaje experiencial se enfoca en lo sinérgico, sistemático, competencia y liderazgo en el proceso formativo del Sujeto e

involucrando el medio y la sociedad, incluyendo valores y responsabilidades.

Metodológicamente se describe que el aprendizaje experiencial a diferencia del experimental determina espacios significativos en base de la interexploración y experimentos producto de la observación y experiencia.

Señala el trabajo que, el aprendizaje experiencial se relaciona con lo constructivista significativo que permite desarrollar cognitivamente al Sujeto bajo el principio, diciendo y haciendo constituyéndose aproximadamente el 90% de aprendizaje significativo, mientras que si se asume que el experimental se fundamenta en el principio, que hacemos, representa un 70% del aprendizaje significativo.

La Importancia de los Laboratorios

Lugo, G. (2006), presenta un documento interesante por la importancia de fundamentar el aprendizaje y los servicios profesionales como parte del desarrollo de laboratorios y especialmente orientados a las ciencias de la ingeniería, determinando que la práctica y competencias profesionales se fortalecen por la presencia del laboratorio.

Describe el trabajo que el laboratorio es un ámbito de enseñanza para la experimentación de la ciencia e investigación y descubrimiento que cuestiona el paradigma del resultado correcto al aplicar solamente la información señalada en los libros, pero, requiriéndose de un espacio temporal adicional para el proceso de aprendizaje en base de la experimentación utilizando el equipamiento e instrumentos de medición.

Señala el autor que el laboratorio significa oportunidades para desarrollar no solo conocimiento sino, comunicación, liderazgo y cooperación y los laboratorios orientados al aprendizaje de fenómenos básicos de las ciencias demanda de inversiones menos costosas que aquellos orientados a simulaciones para calibraciones de modelos; sin embargo, indican que el proceso actual de la ingeniería demanda de disponer de estos equipamientos a fin de alcanzar competencias de la práctica profesional.

Menciona el trabajo, la utilidad e importancia de los laboratorios NEES en los Estados Unidos, los cuales por su equipamiento son fundamentales en la temáticas de suelos, estructuras, sismos e infraestructura para el desarrollo y aplicación de la ingeniería en la mitigación de riesgos pero, que fundamentalmente estos laboratorios son parte del proceso formativo de nuevos ingenieros competentes técnicamente y con responsabilidades como ciudadanos. Además, indica que el aprendizaje por la experimentación en el laboratorio representa un apoyo a las conclusiones y observaciones experimentales que se relacionan con los ejercicios prácticos y predicción de enunciados teóricos del fenómeno estudiado.

El Laboratorio en la enseñanza de las ciencias: Una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje

Flores J. Concesa M. et. al (2009), presentan el trabajo denominado, El Laboratorio en la enseñanza de las ciencias: Una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje.

Presenta una revisión bibliográfica sobre la problemática de la enseñanza-aprendizaje en el laboratorio de ciencias utilizado en la temática de la química, señalando que tradicionalmente el enfoque en la enseñanza de las ciencias como la química se ha utilizado de manera teórica y práctica debido a las características experimental que forma parte de las asignaturas, pero, que trabajos en las últimas décadas relacionados con el aporte del laboratorio a la enseñanza permiten conocer mejor los conflictos negativos sobre

las dudas del aporte del laboratorio a las ciencias y que solucionar totalmente estos conflictos no es factible en un corto período de tiempo.

Señalan los autores que el laboratorio representa un ambiente de aprendizaje de enseñanza integral conceptual con lo metodológico práctico y que no debe ser analizado en un marco académico simple sino, que debe estudiarse desde un enfoque integral de la relación enseñanza-aprendizaje que determine el potencial didáctico del ambiente laboratorio.

Los autores para desarrollar su trabajo se cuestionaron en seis aspectos relacionados con la representatividad del laboratorio de ciencia en el conocimiento que debe desarrollar el Sujeto que aprende, los cuestionamientos fueron:

¿Cómo se ha enseñado la Química en el laboratorio hasta nuestros días?

¿Qué resultados ha brindado la enseñanza tradicional del laboratorio de ciencias?

¿Cuáles son los objetivos del laboratorio?

¿Qué estilos o enfoques didácticos del laboratorio favorecen un aprendizaje significativo de la ciencia?

¿Cómo contribuye la enseñanza del laboratorio a comprender la naturaleza de la ciencia?

¿Cómo abordar la enseñanza del laboratorio con una visión constructivista del aprendizaje?

El análisis a los seis cuestionamientos y orientado al laboratorio de química, determinó que el laboratorio generalmente usa la práctica con enfoque tradicional limitando la fortaleza del laboratorio por no considerar lo que es la naturaleza de la ciencia química. Señala el trabajo que el laboratorio es un ambiente que debe integrar con

enfoque alternativo lo conceptual, procedimental y epistemológico, es decir orientado al método constructivista pero, incluyendo la resolución de problemas con la experiencia de los procesos propios de la ciencia, dándole al laboratorio el espacio que debe tener para el aprendizaje de la ciencia.

El laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales: ¿Plato fuerte o plato de segunda mesa?

Alonzo, C. y Rodríguez, G. (1990), generaron el trabajo denominado, El laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales: ¿Plato fuerte o plato de segunda mesa?, describe parte del análisis filosófico y metodológico y, conceptualiza el método instruccional utilizado en el laboratorio en base al trabajo práctico para la enseñanza de las ciencias naturales.

Plantea el trabajo los conflictos negativos generados al relacionar tres aspectos que son, contenidos de la asignatura-avance científico-método de enseñanza en el laboratorio, pero, describe que es necesario implementar un enfoque de instrucción en el laboratorio que se relacione directamente con la realidad socioeconómica de su entorno.

Metodológicamente los autores presentan como primer aspecto, el análisis breve del desarrollo de los laboratorios de ciencias naturales abordando lo señalado por Pestalozzi y Roseeau, la filosofía enunciada por ambos filósofos y llevados a la práctica modificaron la forma de tratar los contenidos y métodos usados en el aprendizaje en las escuelas elementales.

Como segundo aspecto analiza para la discusión lo relacionado con conceptos como la definición de laboratorio señalando que no solo debe circunscribirse a las ciencias naturales sino, que debe ser generalizado a todas las ciencias incluyendo las sociales y definiendo al laboratorio como el espacio para instrucción de

conocimientos por experiencia real o experimentos de fenómenos, causas y efectos.

Los dos últimos aspectos analizados se relacionan con discusiones con la aportación, comprensión, operabilidad y valoración del método del laboratorio en relación con el trabajo práctico en el laboratorio.

El documento indica, que se está utilizando el método del laboratorio cuando se manejan objetos reales para fortalecer la instrucción, se está relacionado con experiencias concretas, observaciones y participaciones del Sujeto de forma directa, haciendo que el método tenga mayor impacto positivo que cualquier otro método utilizado para los fines trazados para el conocimiento generado por el laboratorio.

El trabajo concluye que el aprendizaje del estudiante es deficiente cuando no utiliza y manipula objetos o materiales reales, ya que no comprenderá con claridad conceptos abstractos o complejos intervinientes en los fenómenos, señalando, que la vivencia en el laboratorio proporcionará el espíritu científico y habilidades que demanda el conocimiento del trabajo práctico en el laboratorio.

Las prácticas de laboratorio como estrategia didáctica

Cardona, F. (2013) en su trabajo: Las prácticas de laboratorio como estrategia didáctica, describe en base a su experiencia, el proceso de lograr una enseñanza-aprendizaje utilizando el laboratorio como estrategia didáctica, enfatizando el contraste de los enfoques entre la enseñanza tradicional llamada tipo receta y una propuesta alternativa para enseñar la práctica experimental en el laboratorio denominada como enseñar con enfoque más significativo.

Señala la autora que ha observado en el desarrollo de su docencia aspectos negativos como el deficiente conocimiento del estudiante conceptual, procedimental y actitud, falta de espacios y equipamiento adecuados de laboratorio, estándares curriculares oficiales inadecuados para el laboratorio disponible y tiempos asignados tanto al docente como al estudiante para el desarrollo experimental.

El trabajo toma una postura crítica de una enseñanza-aprendizaje deficiente cuando se utiliza el método tradicional para la enseñanza en el laboratorio, señalando que el objetivo del laboratorio del método tradicional es complementar la formación verbal, desarrollando habilidades pero, solamente por manejos y medición con instrumentos y verificación de fenómenos e interpretación de los resultados, denominando este proceso de laboratorio como: modelo de enseñanza por trasmisión y recepción, describiéndolo como método de enseñanza inductiva y de enfoque tradicional pedagógica y didáctico de la ciencia.

El método tradicional, considera al estudiante como un lienzo donde se va a pintar conocimiento sin considerar la forma de aprender y comportamiento del estudiante para que realmente pueda aprender y desarrollar de forma integral lo aprendido.

Respecto a la propuesta de enseñanza más significativa con la estrategia de laboratorio éste, está fundamentada en que la actitud del Sujeto que aprende es activa y participativa en su aprendizaje, que debe ser orientada desde el Sujeto que enseña, desarrollando habilidades científicas que observa, explora y experimenta, analiza con el método científico, evaluando los métodos y compartiendo los resultados, que permita un aprendizaje más significativo.

La ingeniería y el laboratorio. 100 años de historia en Barcelona

ROCA, A. (2014), en su trabajo: La ingeniería y el laboratorio. 100 años de historia en Barcelona, aborda de manera general el tema histórico del desarrollo del laboratorio para Ingeniería enfatizándolo para España.

Inicia la temática con la analogía de la medicina de laboratorios implementada en las áreas de fisiología y microbiología en la segunda mitad de siglo XIX y los laboratorios para ingeniería señalando que la ingeniería académica por sus objetivos obligaba a la formación de profesionales especializados de alto nivel y, teniendo la ingeniería como objetivo ser una actividad principalmente práctica para obtener artefactos o procesos para crear o mejorar un proceso productivo o de comunicación.

Fundamentado en la conceptualización de lo que es ingeniería y que el recurso básico debía ser la ciencia, indica que en el siglo XVIII en Europa se crearon escuelas formadoras de ingenieros que debían egresar profesionales de alto nivel. Se organizaron escuelas en Francia, Sajonia; España caracterizados por la implementación de laboratorios con finalidad docente, debiéndose mencionar como una de las principales el laboratorio químico de la Universidad de Giessen cerca de Frankfurt Alemania y generadora de las primeras generaciones de ingenieros químicos, por lo mencionado se considera a la química como la primera ciencia en que el laboratorio se convirtió en el escenario central formativo de profesionales.

El documento indica que durante el siglo XIX otras disciplinas de carácter técnica como la electrotecnia empezaron a utilizar los laboratorios para desarrollar ensayos e investigaciones generando en 1870 la primera generación de profesionales en electrotecnia; señala que en la actualidad los laboratorios ya no son solo parte formativa docente sino, son parte de empresas, industrias y entes

que tienen a actividades técnicas y requeridos para impulsar las actividades objeto de la institución, aunque, han habido cambios de contexto desde aquellas épocas en que se iniciaron los laboratorios como espacios físicos limitados.

Desarrollo de equipos/módulos para el área técnica-experimental

El segundo componente macro de aporte del marco teórico a la investigación se fundamentó en los módulos, modelos o equipos desarrollados y experimentados por diversos autores para el proceso formativo del estudiante de las ciencias duras y su crítica o discusión para adoptar la postura de la investigación y fundamentar los modelos físicos desarrollados. A continuación a nivel de antecedente se describen y analizan de forma resumida los trabajos objetos de la discusión.

Impacto de un compendio de experimentos físicos escolares para los estudiantes de la Escuela Militar "Camilo Cienfuegos" de Ciego de Ávila, es un aporte a la experimentación de la Física realizado por Landa, R. y Rodríguez, E. (2013), para su titulación en el cuarto nivel.

El trabajo se orienta desde la visión pedagógica incluyendo la evaluación para determinar el impacto cognitivo en el estudiante. Desarrolla tres equipos orientados al aprovechamiento por la transformación de energía, evidenciando la energía potencial, cinética y mecánica y se enmarca en la enseñanza experimental de la Física a nivel medio y fundamentado en que la Física es una ciencia teórica-experimental.

Los equipos se caracterizan por ser de bajo costo, utilizar materiales como papel, cartón, lata para bebida gaseosa, pequeños tubos metálicos-plásticos-CD, entre otros, pero, todos de uso común para otras funciones. Estos equipos tienden a solucionar una problemática que es, falta de experimentos para la enseñanza-

aprendizaje de la física, debido a los costos de equipos para este tipo de estrategia didáctica.

La experiencia desarrollada es validada a través de un proceso experimental, para lo cual, para un grupo o muestra mediante encuesta se lo evalúa en aspectos cognitivos sobre la temática y posteriormente luego del experimento se determina la situación para la muestra tomada; por tanto, se determina que existe una variación positiva en el orden del 5% al 25% de acuerdo a indicadores como, diseño y construcción de experimentos y gestión de mediciones.

Diseño y construcción de equipo sencillo para la enseñanza de la física. La implementación de prototipos para la enseñanza de las Ciencias Física como enfoque metodológico es abordada por Holguín, C. (2011). El artículo aborda la descripción de la metodología para desarrollar prototipos relacionado con la experimentación incluyendo los laboratorios para la ejecución de los experimentos

Señala que en el mercado existen diferentes empresas especializadas dedicadas a comercializar equipamiento y laboratorios a lo cual recurren muchas instituciones educativas para la enseñanza de la Física.

Indica el documento que la humanidad no cuestiona la importancia de la experimentación pero, cuando no se dispone de los equipos, sostiene que debe diseñarse y construirse equipos sencillos para cumplir las mismas funciones, ya que son los equipos y laboratorios especialmente los de servicios a Ciencias de tipo Técnico los sitios de importancia estructural para relacionar la teoría con la práctica en el aprendizaje.

En muchas situaciones y debido a aspectos económicos la estructuración teoría-práctica se ve afectada por el estado de los equipos sea por estar dañados y no tener los elementos de repuestos, cumplieron su vida útil o porque no están adaptados a la tecnología vigente, pero, señala que en general los problemas se deben a los costos que demandan la adquisición de equipos para la experimentación.

El conflicto por no disponer de equipos y laboratorios idóneos para la formación del estudiante, conlleva a que el docente no realice prácticas experimentales en laboratorios y simplemente asuma como tarea realizar la tarea práctica mediante la resolución de problemas. Esta actitud, implica que el docente no asuma la solución de una realidad y desarrolle creativamente estrategias didácticas como la elaboración de equipos que cubran la deficiencia pedagógica y consolide el proceso formativo.

El desarrollo de un equipo o laboratorio debe ser producto de una clara conciencia de lo que se quiere, se tiene y se puede hacer y en el cual intervienen todos los actores de la cátedra, de forma que no sea el resultado de una práctica común o la oportunidad de obtener una buena calificación en este marco, debe seguirse metodológicamente una serie de procesos a fin de cumplir con los objetivos del curso.

El proceso se inicia con el análisis de necesidades académicas que demanda el estudiante en relación con la experimentación física a fin de consolidar el conocimiento de un fenómeno, destrezas y habilidades que debe tener el estudiante. Esta demanda es satisfecha en base del conocimiento, experiencia y facilidades que tenga la cátedra y constituye la fase principal para seleccionar el equipo a elaborarse y el grado de involucramiento que se demanda del estudiante.

El segundo proceso está determinado por el nivel del conocimiento que debe tener el docente del fenómeno en la parte teórica-

conceptual, a fin de que en el tercer proceso el Instructor pueda analizar el mercado y determinar la existencia del prototipo o modelo más idóneo que permita cumplir con los objetivos del aprendizaje que debe aportar la experimentación.

El análisis enfatiza que la práctica no debe situarse en el marco del cumplimiento académico sino, debe ser concienciado por el estudiante y participe del proceso de desarrollo del equipo. El estudiante debe reconocer la importancia de analizar el fenómeno de forma experimental y elaborar su propio constructo que consolide el aprendizaje en base del método científico y pasos que requiere su desarrollo cognitivo.

Para cumplir con los objetivos formativos, el equipo desarrollado debe validarse a través de experimentos que determine información cuantitativa y cualitativa que evalúen el comportamiento y manejo del prototipo que factibilice la posibilidad de reforzar, mejorar o modificar este equipo para su mejor funcionamiento y consolidación de los logros planificados.

Alcances y perspectivas del diseño y construcción de prototipos didácticos realizados por estudiantes de ingeniería para su uso en el laboratorio de ciencias experimentales El análisis del marco teórico aborda el trabajo de Cervantes, M. et al. (2009). El prototipo se desarrolla para la carrera de ingeniería electrónica y para el laboratorio de ciencias básicas para Química y Física, se diseña, elabora y ensaya un prototipo para estudiar el fenómeno físico que interviene en la caída libre de los cuerpos.

Señala el autor, la necesidad de la experimentación como una representatividad para estudiar los fenómenos físicos de las ciencias naturales que motivará e incentivará aptitudes en el estudiante que conlleven a obtener logros en base de recursos experimentales. Sin embargo, indica que muchas veces la experimentación puede ser realizada en la misma aula donde desarrolla las teorías

conceptuales pero, que no debe confundirse lo que se realiza en el aula como una sustitución de la experimentación que debe realizarse en el laboratorio.

Algunas veces las diferentes variables técnicas, humanas y económicas involucradas no pueden ser satisfechas para desarrollar equipos y laboratorios para las ciencias naturales, haciendo que el docente asuma una actitud de preocupación pero, sin realizar ninguna gestión didáctica y estratégica que permita por lo menos mitigar el proceso formativo del estudiante por la falta de equipos y laboratorios para la realización de experimentos que evidencien el comportamiento de los fenómenos de las ciencias naturales.

El artículo describe que el proceso experimental no implica finalizarlo solamente con el diseño y construcción del equipo sino, involucra realizar una serie de etapas posteriores que permita validez y sostener el proceso implementado, en este contexto, deben realizarse actividades relacionadas con la elaboración de guías, confrontar mediciones experimentales y modelos y aplicaciones de validaciones a través de docentes conocedores de la temática y sobre todo de interpretar el impacto didáctico del equipo implementado.

El trabajo analizado señala como problemática la deficiencia en el proceso formativo que debe caracterizar al estudiante de ingeniería y que se debe a la falta de experimentos en las ciencias naturales por no disponer de equipamientos adecuados ya sea por no tenerlos, no están operativos o por que resultan caros para la Institución. En este contexto, desarrollar equipos y laboratorios son componentes de un proceso que necesita ser implementado pero basado en la disponibilidad de recursos que se tenga en el entorno inmediato.

El desarrollo de equipos destaca el documento, debe enmarcarse en la teoría constructivista y debe ser validado por los diferentes

actores que intervienen en dicho desarrollo y que respondan a conceptualizaciones y componentes de la realidad socioeducativa y económica institucional, es decir, se involucren y relacionen los diferentes componentes del equipo con la disponibilidad de recursos que puedan manejarse para la elaboración de los equipos.

Los equipos, metodológicamente debe responder a tres fases. La primera está relacionada con el diseño y construcción del prototipo basada en la participación y responsabilidad de los estudiantes y el docente, así como, la selección de materiales y forma constructiva de fácil acceso y bajos costos, en esta etapa se seleccionan los constructos que debe alcanzar el estudiante y que permiten la selección del prototipo. La segunda fase, implica validar el modelo a través de elaborar una guía y la opinión de expertos. La tercera etapa está determinada por poner en marcha el equipo.

Todo el proceso debe estar determinado por actividades relacionadas con las tres fases antes enunciadas y producto del análisis cualitativo y cuantitativo del equipo didáctico y su evaluación a fin de posibilitar la implementación de modificaciones o mejoras que permitan cumplir de forma idónea con los objetivos propuestos y en equipo que cumpla con los productos formativos que se han seleccionado y sobre todo sea solo inicio de un proceso de equipamiento que debe continuarse para disponer de equipamiento para el laboratorio orientado a las ciencias naturales.

El trabajo se enmarca en un proceso colaborativo para la enseñanza-aprendizaje de los fenómenos físicos a través de experimentos en laboratorios con estrategias didácticas de bajo costo, aportando por tanto, en los aspectos pedagógicos y pertinente a la experimentación de las ciencias naturales, donde el estudiante desarrolle destrezas y habilidades que le permitan consolidar su nivel de aprendizaje.

Diseño y construcción de un prototipo autónomo para la práctica experimental de laboratorios de física. El trabajo presentado por Bohórquez, L. Martínez, S. Gallegos, H. (2012), abarcan el desarrollo de una estructura prototipo para integrar tres prácticas de laboratorio en un solo módulo o superestructura, permitiendo optimizar espacios e infraestructura que redundan en el mejor aprovechamiento de equipos para la práctica experimental de fenómenos físicos en carreras tecnológicas de nivel superior.

El prototipo se caracteriza por ser de tipo didáctico, consta de una superestructura de soporte al cual se le adapta componentes electrónicos e informáticos como microcontroladores, hardware, software, motor, pantalla, teclados, entre otros, para evaluar fenómenos físicos relacionados con la conservación de la energía, péndulo simple y caída libre pero, con características medibles semejantes, permitiendo optimizar el uso de componentes al utilizarlos para varios experimentos objeto del estudio.

El trabajo no es parte de un nuevo equipo para analizar un nuevo fenómeno sino, mediante una estructura vuelve eficiente equipos contruidos. Tampoco se desarrolla directamente entre el estudiante y la cátedra sino, es producto de un proceso de intermediación para el aprendizaje entre un grupo que tiene como función el diseño y construcción de prototipos para experimentos de demostración que aborda DICOPED (2012), que tiene injerencia en la factibilidad del módulo construido para mejorar o hacer eficiente la operatividad de los equipos del laboratorio e impacta en el uso de los equipos e infraestructura requerida por cada equipo.

El proyecto desarrollado tiene como objetivo facilitar el aprendizaje a través de mejorar las ayudas didácticas existentes en el laboratorio, implementando el módulo y caracterizado por tener bajo costo aportando a la física experimental que demandan las carreras orientadas a las ciencias técnicas.

Prototipo didáctico de un proceso para la enseñanza de la Mecatrónica. Aborda la deficiencia en el aprendizaje de la mecatrónica, desarrollado por Rodríguez, G. et al (2009) de la Universidad Tecnológica de Huejotzingo y paralelamente de manera independiente por la Universidad Politécnica de Tlaxcala. La problemática se debe a la falta de equipamientos y software para el proceso de enseñanza-aprendizaje de la mecatrónica a nivel superior.

El proyecto consiste en diseñar y construir un prototipo de tipo didáctico para el manejo, operación y control de sistemas como motores, control eléctrico, simuladores, entre otros que son de práctica experimentales didácticas en los laboratorios relacionados con la mecatrónica. Este prototipo se caracteriza por tener diferentes componentes que se adquieren por separados y se los integra para utilizarlos en la práctica, lo cual permite ampliar la visión y procesos cognitivos para diseñar y elaborar prototipos adaptados a la realidad de las instituciones educativas.

La estrategia didáctica, armada e integrada bajo procesos participativos y provenientes de los actores directo de los laboratorios y con componentes del medio local, permite realizar prototipos y prácticas experimentales de bajo costo y sobre todo impacta en el proceso de enseñanza-aprendizaje para los estudiantes que curricularmente deben abordar temas relacionados con procesos y sistemas industriales de corte mecánico-electrónico.

El desarrollo del prototipo según los autores permite aplicar conocimientos previos y lograr aprendizajes para desarrollar procesos formativos participativos orientados a la mecatrónica experimental, beneficiando a la academia y la preparación de los estudiantes. La estrategia didáctica utilizada por el trabajo permite diseñar y construir prototipos adaptadas y adoptados a las necesidades académicas y la función que deben cumplir el equipo en el contexto de procesos de control y seguimiento automatizados y que son característicos de la carrera.

El proyecto se desarrolla metodológicamente en cuatro fases: la primera fue la investigación bibliográfica de prototipos didácticos de equipos disponibles en el mercado especializado que solucionen de mejor manera la problemática evidenciada. La segunda fase fueron las actividades relacionadas con el diseño y la observación e interpretación del prototipo mediante la informática. La tercera fase constituyó el desarrollo físico del prototipo y en la cuarta fase se integraron, calibraron y validaron los componentes mecánicos y electrónicos del prototipo para poner en marcha el prototipo desarrollado.

Una de las principales características del equipo desarrollado, es que este se origina por necesidades académicas didácticas y producto que laboratorios completos para experimentar en el área de la mecatrónica tienen elevado costo económico y vida de uso aplicativo relativamente corto por tener alto componentes de tecnología de punta y electrónica.

Otra característica del proyecto apunta a confrontar equipamientos con empresas extranjeras y abastecedora de equipos especializados, las cuales representan inversiones elevadas y tecnología cerradas y específicas al fenómeno que se quiere y debe analizarse.

Diseño y construcción de un giroscopio didáctico realizado por estudiantes de mecánica para uso en el laboratorio de física. El trabajo implementa el prototipo de un giroscopio, desarrollado por Meléndez, J. et al. (2010). Fue un trabajo de fin de carrera para estudiar el movimiento de rotación de la tierra.

El prototipo se fundamenta en el principio de confrontar lo aprendido por el estudiante desde la visión teórica o problemas resueltos de forma magistral durante las sesiones de clases con una

problemática de la realidad. La problemática en el presente caso lo representaba el movimiento de rotación de la tierra y la realización del prototipo es el producto de un proceso continuo y compleja experimentación en la que el estudiante pone a prueba sus conocimientos básicos a fin de lograr un aprendizaje significativo al desarrollar el prototipo.

Habilidades y conocimientos adquiridos por el estudiante durante la carrera son manejados y relacionados para desarrollar el prototipo y abordar y solucionar un problema que lo conceptualiza y entiende desde la teoría conceptual pero, que a través de la experimentación fortalecerá el conocimiento desde la práctica experimental a través de implementar el prototipo.

El prototipo se caracteriza por el tipo de material empleado que es de bajo costo y disponible en el entorno inmediato; así mismo, su construcción es flexible y fácil de realizarla, requiriendo herramientas comunes y disponibles en talleres artesanales o en los talleres que se encuentran en los laboratorios. Por tanto, la realización y operación del prototipo aborda una problemática que es parte fundamental de movimiento no lineales descritos por la Física y cuya experimentación es necesario para entender el fenómeno.

Estas facilidades de costo, elaboración, y proceso formativos teóricos, sustentan el desarrollo del equipo en el cual la creatividad del estudiante es el elemento básico para el prototipo desarrollado y su experimentación para comprender en pequeña escala uno de los movimientos de la tierra que se enmarca en el movimiento angular de los sólidos que debe analizarse en el campo de la física experimental.

Prototipo mecatrónica para la enseñanza y el aprendizaje del movimiento armónico simple. Bermúdez, H. et al. (2011), desarrolla su trabajo en la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad Tecnológica de Pereira y en coordinación con la DICOPED, Diseño y

construcción de prototipos para experimentos de demostración que es un ente que colabora en el desarrollo de módulos y es adscrito a la Maestría en Instrumentación Física en la Universidad.

El trabajo se fundamenta en un proceso pedagógico de cuarto nivel de estudio, que aporta al desarrollo de la didáctica en el área de elaboración de prototipos para la enseñanza de la Física. El proyecto desarrolla un prototipo con fines didácticos para la enseñanza y aprendizaje del movimiento armónico simple –MAS, que es parte curricular de la Física básica para carreras técnicas. El proyecto es una respuesta a la constante preocupación de docentes del área de la Física de realizar prácticas experimentales como un componente para el aprendizaje y enseñanza de la Física.

El proyecto parte de varios principios, siendo uno de ellos la necesidad de experimentar en la asignatura de la Física a través del diseño y construcción de prototipos pero, de bajo costo, materiales disponibles localmente y facilidades operativas. El segundo principio es, el estudiante debe manejar el fenómeno físico y entender y analizar los parámetros relacionados con el fenómeno estudiado. Un tercer principio responde a que el docente es un gestor de metodologías y estrategias didácticas que motiven al estudiante en el desarrollo de competencias científicas y orientador de recursos experimentales.

Otro aspecto que destaca el documento es la importancia del equipo en el contexto académico, señalando que las prácticas en laboratorios con prototipos experimentales permiten al estudiante el manejo de datos e interpretación del comportamiento del fenómeno físico observado. El proceso de desarrollar de manera participativa el prototipo, acerca al estudiante a la experimentación e integrar a su conocimiento el manejo y avance de recursos tecnológicos como la mecatrónica representados por la electrónica y la mecánica.

El objetivo del proyecto es superar el paradigma de la enseñanza tradicional y fundamentar la pedagogía en el principio de aprender haciendo, así como, dejar la práctica mecánica o costumbrista por una práctica consciente que involucre los procesos cognitivos de forma sistemática e integre las diferentes operaciones del pensamiento para tener los logros requeridos por desarrollar prototipos y la práctica experimental.

El trabajo señala el aporte del prototipo elaborado para mejorar la enseñanza y aprendizaje del estudiante y los recursos didácticos que demanda el estudiante de ciencias técnicas; así como, para desarrollar competencias adicionales en la mecatrónica y procesos cognitivos por la observación y cuantificación de fenómenos que son parte de su campo programático académico.

Diseño de prototipos experimentales orientados al aprendizaje de la óptica. Pérez, L. y Falcón, N. (2009), en la Universidad de Carabobo, Venezuela presentaron el trabajo orientado al proceso formativo en los niveles superior y medio para el área de la Física. El trabajo analiza alrededor de 25 prototipos realizados y los valida y, de ser pertinente presenta sugerencias para que cumplan de manera eficiente los propósitos académicos curriculares.

Entre los prototipos elaborados y analizados pueden señalarse, Cámara de orificio, Espejos Angulares, Efecto Tyndall, Fabricación de Lentes Convergentes, Estroboscopio, Telémetro óptico, Microscopio simple, Efectos visuales, Polarización, entre otros. Todos los equipos se basaron en el principio de realización participativa estudiante-docente, generando una representación de la actividad docente en relación con desarrollar prototipos con ciertas características que aporten al desarrollo formal académico del estudiante de Física.

Se señala que desde la década de los sesenta, a nivel institucional, docente, estudiante y organizaciones nacionales e internacionales han mostrado interés por integrar la experimentación al campo de

las ciencias naturales para lo cual, han presentado metodologías y estrategias que incentiven a los actores de la cátedra docente-estudiante para elaborar prototipos con características de factibilidad y eficacia para estudiar diferentes fenómenos de ámbito de la Física.

Los autores señalan que la experimentación en la Física no implica entrar en conflicto con la teoría de la asignatura, sino, posibilita facilitar la interpretación y observación del fenómeno para formar y consolidar el conocimiento desde el enfoque de aprender-hacer-medir diferentes eventos que se presentan en las ciencias naturales, debiéndose concluir que las actividades teoría-práctica experimental se corresponden y son parte coyuntural de un proceso de aprendizaje.

El trabajo hace referencia a la utilización del aula de clases teóricas para integrar experimentos pero, especifica que esto, no representará sustituir el laboratorio de física para la práctica experimental sino un complemento necesario por situaciones económicas e infraestructura. Así mismo, indica que el laboratorio se constituye en gran potencial cognitivo, cuando el estudiante sin un conocimiento previo del fenómeno observa y realiza la experimentación.

Los prototipos permiten al estudiante entender e interpretar que la Física responde a procesos innatos del comportamiento de la naturaleza, por tanto, debe observarse este comportamiento para determinar y sistematizar los resultados de la óptica a través de la física experimental. Estos prototipos tienen pertinencia por los aspectos económicos y formativos académicos que caracterizan a estos equipamientos y laboratorios, produciendo limitaciones que deben ser superadas mediante estrategias didácticas de acceso institucional y de la cátedra.

Una actividad señalada por el análisis de los prototipos está en correspondencia con la validez de los prototipos elaborados, los

autores evalúan la validez en base del instrumento de la encuesta aplicada a profesionales conocedores de la temática tratada en relación con los resultados orientados por fundamentos teóricos y determinados con el equipo, incluyendo su facilidad operativa.

Los resultados estimados de la aplicación de la encuesta, validan los procesos del desarrollo, la parte física del equipo y sugieren modificaciones o actividades post equipo para asegurar el funcionamiento didáctico adecuado del prototipo. Por ejemplo uno de los principales conflictos que observaron los participantes durante la reunión para el análisis de los 25 equipos elaborados, fue la falta de complementar el equipo con un documento tipo guía o manual que describa el equipo, forma de operarlo y mediciones que permita reproducir el experimento con Sujetos que no participaron en su desarrollo.

Un acercamiento al concepto de polarización de la luz en la educación media. El profesor Higuita, C. (2011), de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, realizó un trabajo relacionado con el comportamiento de la luz, como paso previo para obtener un título de cuarto nivel en el área de las ciencias exactas y naturales.

El trabajo aborda la problemática pedagógica, justifica la inserción experimental y pertinencia del equipo y valida a través de una prueba escrita los resultados del experimento que inciden en el rendimiento académico. El experimento lo realiza con una muestra promedio entre antes y después de 44 estudiantes de una Unidad educativa de nivel medio que trata curricularmente del tema de la polarización de la luz. Debe señalarse que el equipo fue construido por los mismos estudiantes y que se caracterizó por manejar materiales de bajo costo y locales.

El proyecto caracteriza el reto pedagógico del docente a no comportarse como un ente que imparte o trasmite solo

conocimientos teórico-práctico magistral sino, que enfrentado a necesidades y demanda, se transforme en un Sujeto con capacidad creativa de estrategias y metodologías que permita la experimentación con equipos desarrollados en el aula y de forma que la dupla estudiante-docente sea la generadora de solucionar los conflictos académicos que se le presentan por falta o caducidad de equipos para el manejo de fenómenos de las ciencias naturales.

El trabajo pretende que el estudiante conceptualmente maneje la polarización de la luz a través de observar su comportamiento con un prototipo sencillo que consiste en quitar el retardador de unas lentes para 3D mediante el agua y exponer este prototipo a diferentes emisiones de luz.

De acuerdo al tipo de emisiones se originan patrones de ondas que permita modelarlas y estudiarlas en su comportamiento utilizando gráficos de ondas. Estos patrones se cotejaron con lo aprendido en la parte teórica permitiendo que el estudiante interprete conceptualmente el efecto de la polarización de la luz de acuerdo a las fuentes generadoras.

El desarrollo del prototipo abordó desde la los aspectos teóricos del fenómeno para seleccionar el equipo más conveniente y los materiales que potencialmente pueden emplearse para el prototipo, incluyéndose en esta parte la encuesta inicial para diagnosticar el concepto de polarización de la luz. Posteriormente, se desarrolló los procesos de construcción, realización del experimento y la evaluación posterior a la experimentación y en la cual se incluyó una pregunta de la percepción por satisfacción del estudiante con la estrategia didáctica implementada.

La evaluación final realizada a la muestra se fundamentó en determinar ganancia o pérdida en el rendimiento académico del estudiante a través de las preguntas, las respuestas a las preguntas

formuladas evidenciaron de forma general aspectos positivos en el rendimiento académico.

El trabajo describe importantes conclusiones como:

Los objetivos académicos se cumplieron e impactaron positivamente en el proceso de aprendizaje de los estudiantes

Necesidad de abordar la problemática de la deficiencia del aprendizaje por falta de equipos desarrollando prototipos de bajo costo y fáciles de implementar

Los resultados de la percepción de satisfacción del estudiante fueron positivas ratificando el comportamiento del estudiante ante la implementación de estrategias que relacionen el fenómeno físico con la práctica experimental y la implementación de sus propios prototipos para análisis y experimentación permitiéndole mejorar su rendimiento académico.

Equipamiento para el aprendizaje de los fundamentos de transferencia de cantidad de movimiento, de energía y de materia.

Albizzati, E. et al. (1998), de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Litoral de Argentina, resalta que los equipos son producto del trabajo con un grupo de estudiantes de la carrera de Ingeniería Química. El equipo se desarrolló en la cátedra, Fundamentos de la Ingeniería Química en la parte curricular de trabajos prácticos grupales.

El trabajo caracteriza su desarrollo por etapas, correspondiéndole a cada grupo una parte temática para ejecutar el prototipo que aborda la experimentación de procesos de transferencia de sustancias en el ámbito de la dinámica. Fundamentalmente la problemática se la enfoca en obtener ciertos procesos del pensamiento y del aprendizaje en el estudiante en base al estudio de un fenómeno físico relacionado con su currículo académico.

Uno de los aspectos que destacan los autores está relacionado con el aporte al estudiante que aprende producto del trabajo socio-grupal, así como, concienciar e incentivar desde los primeros ciclos al estudiante la importancia de aprender haciendo para construir un proceso formativo basado en el aprendizaje participativo y significativo. El proyecto profundiza el aprendizaje en base del pensamiento crítico y desarrollo científico en la parte inicial de la carrera a fin que el Sujeto pueda valorarlo y utilizarlo durante el resto de su formación curricular, así como en su desarrollo profesional.

Pedagógicamente el proyecto no responde al aprendizaje tradicional por contenidos, sino, pretende que el estudiante aprenda creativamente y críticamente aspectos teóricos y práctico experimental pero, desarrollándole capacidades y aptitudes que caracterizan a métodos alternativos de enseñanza y aprendizaje en base de estrategias didácticas orientadas a la práctica experimental significativa e interiorizada.

Diseño y construcción de un equipo experimental didáctico de estructuras modelo tipo armadura y pórtico para el laboratorio de Resistencia de Materiales de la FIME. Garcés, R. Izurieta, P. (2007), en la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Superior del Ejército, ESPE, desarrolla el equipo que tiene fines pedagógicos para acceder a un título Superior en la Facultad de Ingeniería Mecánica.

El objetivo es diseñar y construir para el laboratorio de la FIME un equipo didáctico de modelo de estructuras. El trabajo se fundamenta en las deficiencias del laboratorio de resistencia de materiales de la Facultad, donde existen equipos tipo armadura y pórticos pero, que solo permiten observar características geométricas y formas tipos y luego mediante cálculo en gabinete estimar valores para cargas supuestas; es decir, los equipos no disponen de aparatos para medir los esfuerzos que se desarrollan debido a cargas activas durante un experimento.

El equipo se caracteriza por tener como fundamento que todos los materiales e instrumentos se encuentran en el mercado local. Los materiales de la estructura modelo está principalmente compuesta por aluminio para la estructura metálica y bastidor tipo pórtico son tubos de acero, así mismo, mediante galgas extensiométricas que son sensores digitales mide los esfuerzos que se producen en la estructura. La estructura en el bastidor tiene como dimensiones netas de 1,35 metros de ancho por 1,84 metros de altura mientras que la cercha metálica es de 60 cms. x 60 cms.

El modelo del prototipo es para prácticas experimentales y utiliza sensores tipo OMEGA DMD-22, 10 CHANNEL que permiten medir deformaciones unitarias y que son distribuidas por casas especializadas en equipo electrónicos para laboratorios; además, se utilizó un software especializado como el RISE 2 para comparar los resultados experimentales del laboratorio con los obtenidos aplicando los modelos teóricos de cálculo.

El proyecto no solo desarrolla físicamente el equipo sino, que evalúa su impacto económico financiero en un horizonte de planificación. Los costos estimados fueron de \$3596 pero evaluado el proyecto genera un valor actual neto VAN de\$ 3629 proyectado a 10 años, mientras que se estima un TIR del 35% para un período de 2 años con lo cual justifican el proyecto.

El equipo fue probado para varios sistemas de cargas y comprobados con el programa computacional determinándose, que la diferencia entre los valores medidos durante la práctica experimental y los determinados en gabinete mediante el programa computacional no excede el 10% lo cual permite concluir la aceptabilidad y validez del equipo desarrollado.

Finanzas

El tercer componente de análisis de los antecedentes del marco teórico son los referentes bibliográficos relacionados con temas que tratan: escalas para modelación física, modelo matemático-estática para estructuras e incluye materiales y equipos; así como, la evaluación de proyectos con énfasis en la evaluación financiera. Los referentes bibliográficos se abordaron por las temáticas que demanda el conocimiento respecto a modelos y evaluación.

Metodología para realizar modelos de concreto reforzado a escala reducida. Vides, D. (2006) de la Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil. Bucaramanga-Colombia, aborda la problemática de la modelación de elementos de concreto reforzado a escala, señala que, generalmente los modelos de prototipos de estructuras responden a una escala 1:1 e indica ventajas y desventajas de estos modelos. El trabajo elabora y ensaya el modelo en base a escala reducida para observar los esfuerzos que se desarrollan por las cargas actuantes, incluyendo el efecto de carga crítica para producir la falla parcial o total de la estructura

Entre las ventajas señaladas por la reducción de escala, el Autor indica que los costos económicos, tiempos y condiciones mecánicas-operativas del modelo son fáciles de manejar en el modelo a escala reducida. Además, describe de acuerdo con el parámetro mecánico de interés a estimarse la deducción de las escalas respectivas.

Mecánica Vectorial para Ingenieros, parte I. Beer, P. y Johnston, R. (2013), en el texto mencionado analiza la mecánica de equilibrio o estática de los cuerpos rígidos fundamentado en el desarrollo teórico y problemas. Se aborda desde la física-mecánica de la partícula hasta los cuerpos en los cuales se desarrollan esfuerzos en cerchas y procesos de trabajo, energía, otros.

El texto trata también de los elementos como apoyos que conforman estructuras tipo vigas y las ecuaciones que gobiernan la estática, que son componentes pertinentes al estudio desarrollado.

.

Otros textos analizados son, **Análisis elemental de estructuras** Norris, Ch. Wilbur, J. (2012), **Análisis estructural** McCorman, J. (2013) y **Mecánica de materiales** Hibbeler, R. (2011). Los libros consultados están relacionados con el análisis de estructuras y utilizados comúnmente en las carreras de Arquitectura e Ingeniería Civil para el área de la Ingeniería estructural y específicamente para el análisis estructural. Los textos responden al análisis de causas y efectos por cargas, momentos y deformaciones que estiman el equilibrio y estabilidad para estructuras estática o hiperestática determinadas, incluyendo los principales materiales utilizados en las edificaciones como el hormigón y el acero.

El objetivo principal de esta bibliografía es analizar los parámetros básicos para el diseño estructural que son fuerzas, momentos y deformaciones resultantes por esfuerzos actuantes. Así mismo, los textos describen y plantean las ecuaciones que gobiernan la estabilidad de las estructuras analizados para elementos horizontales y verticales como son, vigas y marcos; pero, sin acometer el manejo de la resolución con modelos físicos de prototipos a escala reducida.

Los textos bibliográficos desarrollan el análisis teórico de la ingeniería del análisis de estructuras y plantean problemas pero, relacionados con los diferentes elementos que componen los sistemas estructurales para edificaciones, pero, siempre en el marco del prototipo; sin embargo, el desarrollo teórico es pertinente para fundamentar aspectos teóricos de los prototipos y validar los modelos físicos desarrollados.

Para el análisis financiero, los indicadores de rentabilidad o factibilidad se consultaron de los criterios expuestos en los textos bibliográficos, **Proyectos. Formulación, Evaluación y Control**,

Arboleda, V. (2009), **Formulación y Evaluación de Proyectos**, Córdoba, P. (2006), **Evaluación de Proyectos para Ingenieros**, Rojas, L. (2008) y **Matemáticas Financieras**, Ayres, F. (1997),

Los textos de Arboleda y Córdoba describen contenidos relacionados con cuatro temas. El primero trata de las generalidades que orientan los aspectos básicos para proyectar los proyectos, el segundo tema es la formulación de proyectos que va desde necesidades, mercados e ingeniería hasta la programación, costos e inversión, el tercer tema relacionado con la evaluación de proyectos que describe las evaluaciones financiera-social-ambiental incluyendo los indicadores de factibilidad y el cuarto tema es el tema control de proyectos.

El texto presentado por Rojas, aborda solamente de forma general y como generalidades los temas de antecedentes, formulación y control del proyecto y se enfoca específicamente al componente de evaluación con todos los subtemas que definen la evaluación.

El aporte principal a la investigación por las tres bibliografías revisadas, analizada y mencionadas está relacionado con el tercer tema que describe metodologías y modelos para evaluar proyectos y estimar indicadores de rentabilidad y factibilidad que es uno de los objetivos del estudio por la modelación desarrollada.

La cuarta referencia bibliográfica cuyo autor es Ayres, es un texto que trata específicamente de las matemáticas financieras, analizando desde los principios básicos de las matemáticas financieras hasta las demostraciones y aplicaciones de las ecuaciones aplicadas a problemas financieros con énfasis en el indicador de valor presente y valor futuro. Por tanto, los indicadores descritos en el texto como VP o VF representan el marco analizado y relacionado con la postura asumida en la investigación en relación con la rentabilidad y factibilidad estimada.



Modelación física

Desarrollo de prototipos y módulos físicos para ciencias físicas

El desarrollo de prototipos y módulos físicos de laboratorios para ciencias del área técnica fundamentó el marco teórico del conocimiento en el área de la modelación física.

El estado del arte en relación con el desarrollo de modelos y prototipos para las ciencias técnicas representa uno de los componentes estructurales de la investigación, los principales trabajos desarrollados se analizaron de forma metodológica, relacionándolos con la realidad, ambiente y conocimiento en los escenarios espacial y temporal tanto interno como externo al país y fundamentaron la postura y teoría del autor para el tema investigado.

La educación en las carreras de Arquitectura e Ingenierías de los diferentes IES en el país tiene como principio, la formación integral del estudiante y fundamentalmente para aquellas áreas que se relacionan directamente con las ciencias técnicas.

Los Centros tratan continuamente de incrementar y mejorar la calidad de enseñanza-aprendizaje que demanda el proceso formativo en todas las asignaturas aunque, para la arquitectura e ingeniería con mayor énfasis en las ciencias físicas. Sí, el estudiante logra disponer de los medios idóneos para entender y apropiarse significativamente de los conceptos propios de los fenómenos físicos incidirá en el aprendizaje de las distintas áreas técnicas que involucra las carreras mencionadas como son, los sistemas estructurales, ambientales, constructivos, otros.

Los trabajos realizados en las ciencias Pedagógicas y Psicológicas han demostrado que el desarrollo cognitivo y de valores demanda utilizar métodos y recursos activos basados en la novedad, innovación e investigación que desarrollen un aprendizaje

significativo y colaborativo que impacte positivamente en el desarrollo profesional del estudiante y representen incentivos en el medio social-económico en el cual participa el egresado-profesional formado.

La aprehensión cognitiva de los fenómenos físicos representa una oportunidad para la física de los sistemas estructurales, que debe abordar tanto la teoría como la práctica pero, fundamentalmente debe sustentarse en el trabajo práctico pero, no solo con la resolución de problemas teorizados, sino, con el desarrollo de la modelación física y experimentación del comportamiento de componentes de estructura de edificaciones que representan parte principal del proceso formativo técnico y amplia competencia del Arquitecto e Ingeniero.

El desarrollo de la modelación física y experimentación constituye una estrategia pedagógica en la cual participan activamente Instructor-Estudiantes que permitirá cubrir la deficiencia que siempre ha existido en las carreras de carácter técnico al no disponer de equipos e instrumentos actualizados de acuerdo al veloz y continuo desarrollo tecnológico que demanda onerosas inversiones y que los Centros de Arquitectura e Ingeniería normalmente no disponen siendo muy crítico en las universidades de nuestro país y que se agrava por la falta de coordinación con los entes públicos y privados por los servicios que pueden brindar las Universidades.

Por tanto, los prototipos y módulos físicos que se han desarrollado en los diferentes centros de estudios para fortalecer el conocimiento y entender los diferentes fenómenos que aborda las ciencias técnicas constituyó uno de los aspectos fundamentales que se abordó a través del marco teórico y en el cual se analizaron trabajos relacionados con la implementación de estos elementos físicos.

El desarrollo de la investigación en esta fase, permitió analizar el estado del arte actual y orientó la investigación para validar su

aporte y novedad científica pero, fundamentalmente constituyó un aporte creativo y novedoso al aprendizaje de los sistemas vectoriales estructurales a través de la modelación física y experimentación en el marco participativo Instructor-Estudiante con operación eficiente para el desarrollo cognitivo significativo y experiencial del estudiante, generándole valores y competencias agregados que son determinados y evaluados a través del método científico.

El amplio análisis bibliográfico realizado y la observación y vivencia en los diferentes Centros que profesionalizan en Arquitectura e Ingeniería Civil y de competencia de los sistemas estructurales, evidenciaron de forma general dos limitaciones directamente relacionadas, la primera relacionada con la infraestructura para la experimentación y la segunda con el proceso de enseñanza-aprendizaje en la interacción Instructor-estudiante, ambas limitaciones impactan en el proceso formativo y desarrollo profesional del estudiante de Arquitectura e Ingeniería.

La primera limitación se relaciona con la deficiente infraestructura física y disponibilidad de equipos e instrumentos para realizar prácticas experimentales de los diferentes fenómenos físicos y comportamiento de los sistemas mecánicos y materiales de las ciencias duras. Esta limitación de medios físicos depende de varios factores argumentándose como crítico principal, aspectos económicos, lo cual puede ser relativamente cierto, sin embargo, en la actualidad los procesos tecnológicos y de innovación en la cual participen todos los actores de la enseñanza-aprendizaje están al alcance de la academia y pueden de forma general generar los medios necesarios que demanda la experimentación.

Como lo señala Landa, R. y su Tutor Rodríguez, L. (2013), la realización del experimento físico escolar con instrumentos caseros es una de las principales limitaciones en el proceso formativo del estudiante

La segunda limitación relacionada con la didáctica se fundamenta en que la enseñanza-aprendizaje de la física de los sistemas

estructurales es insuficiente en la aplicación y concienciación del sistema de conocimientos que debe desarrollarse con una actividad experimental, limitando en el estudiante el desarrollo de habilidades y conceptualizaciones de los diferentes fenómenos físicos que la didáctica determina debe enfocarse con una postura crítica de laboratorio experimental. Además, esta limitación genera la desmotivación del aprendizaje del estudiante y sesga su competitividad en la formación y desarrollo profesional.

El estudio realizado evidencia que la formación del Arquitecto y de Ingenieros se ha orientado a trabajos prácticos enfatizados en la resolución de problemas de origen bibliográfico y relativa práctica experimental que se orienta principalmente al ensayo de materiales y no a entender el comportamiento mecánico de los sistemas estructurales sometidos a fuerzas que intervienen en la edificación, lo cual limita los procesos de enseñanza-aprendizaje y evidencia la falta de implementar procesos didácticos y pedagógicos que redunden en una formación significativa-experiencial del estudiante.

Cervantes, M. et al (2011), señala que la experimentación no debe separar la teoría y las actividades del laboratorio sino, debe evidenciar la estrecha relación que existe entre ambas. Lo expuesto por Cervantes es avalado por otros autores analizados y es ratificada por la postura de la presente investigación, señalando que la problematización para desarrollar la elaboración de prototipos/módulos para la experimentación y con énfasis en los sistemas estructurales que impacta en el proceso formativo y competencias del estudiante-profesional está limitada por aspectos relacionados con infraestructura y académica que pueden enunciarse detalladamente en factores como:

Deficiencia de trabajos desarrollados e implementados para laboratorios en el área técnica de los sistemas estructurales para edificaciones

Visión de desarrollo de prototipos con fines solo de demostraciones transitorias o temporales, sin visualizar su aporte estable a laboratorios de las ciencias físicas

Ningún aporte a trabajos relacionados con sistemas estructurales para la mecánica vectorial aplicada a edificaciones a través de la modelación física

Escasa realización de trabajos relacionados con el comportamiento de estructuras y que se caracterizan por prototipos prácticamente uno a uno, lo cual impacta severamente en los costos de inversión aún para el desarrollo de trabajos de Grado profesionalizante o de investigación de cuarto nivel

Recurso humano que desarrolla la asignatura con enfoque teórico y trabajos prácticos basado en la resolución de problemas teorizados, limitando los procesos experimentales argumentando la no disponibilidad o deficiente equipamiento

Limitado desarrollo de asignaturas o investigaciones con enfoque holístico que permita formular, elaborar y experimentar con equipos caracterizados por la operación eficiente y la disponibilidad en el mercado local

Visión institucional y académica para concienciar y superar la problemática del desarrollo de equipos e instrumentos enmarcándolos en la realidad económica y conocimiento de tecnologías y materiales sostenibles de bajo costo y localizados en el entorno territorial inmediato.

Uno de los trabajos analizados es el realizado por Landa C. y Rodríguez L. (2013), que abordaron la problemática de la enseñanza-aprendizaje por la deficiencia en la experimentación en la asignatura física, fundamentado en la insuficiente utilización de medios y elementos propios del medio y de la vida cotidiana que pueden ser aplicados para el desarrollo de equipos para la experimentación en algunos temas de las ciencias físicas.

Los autores desarrollaron varios equipos como; turbina a vapor, auto de energía potencial y la lata que transforma para la enseñanza de la Física a nivel medio en la Escuela Militar Cien Fuego de Cuba.

El trabajo se direcciona a desarrollar las habilidades experimentales del estudiante en el área de la física básica relacionada con el aprovechamiento de energía para realizar trabajo mecánico, a través de equipos elaborados y provenientes del medio cotidiano que rodea al estudiante. Estas habilidades se incorporan al proceso cognitivo a través del diseño y construcción de los equipos su experimentación incluyendo aspectos teóricos como manejo de la teoría del error y procesamientos que determinen resolver un problema de forma experimental.

El equipo denominado “turbina de vapor” tiene por objetivo observar el movimiento de una turbina movida por vapor de agua. Los materiales utilizados para desarrollar el equipo denominado fueron, dos latas de refrescos llenas, papel aluminio, cartón corrugado, mechero, mecha de algodón, lata de metal para medicina, tubos provenientes de envases para lapiceros, alcohol, esparadrapo, entre otros. Introduciendo agua en los tubos y prendiendo el mechero a la temperatura de cambio de estado del agua se produce el movimiento del rotor o turbina generando la transformación de energía calorífica en mecánica.

El “auto de energía potencial” constituyó el segundo equipo desarrollado por la Cátedra, tiene por objetivo demostrar el movimiento de un cuerpo al transformar la energía potencial en energía cinética a través del desplazamiento de un móvil o carrito que se origina a partir de la posición confinada de un tensor o cuerda que se desenrolla al liberar el confinamiento y poner en movimiento el móvil.

Los materiales utilizados para construir el equipo fueron, una trampa para ratones, tres CD, dos ejes de diámetro que pueda introducirse

en los CD, tablas de maderas que conformen el móvil, clavos, carrito de hilo, entre otros. Armado el carrito y tensor respectivo, el funcionamiento se produce al liberar el tensor confinado por la trampa de ratones, lo cual al desenrollarse pone en movimiento el carrito al hacer girar los ejes formados por los CD; específicamente se demuestra cómo puede generarse movimiento transformando una energía potencial elástica en energía cinética.

El tercer equipo desarrollado lo denomina "la lata que transforma" y el experimento tiene por objetivo observar como la energía potencial elástica transformada en energía cinética permite desplazar un cuerpo o lata y luego que regrese a su estado inicial al transformar inversamente la energía. Los materiales utilizados son, una lata con tapa en uno de sus extremos, dos ligas elásticas, tuerca, alambre, entre otros.

Armado el equipo, y tensado las ligas se le da un pequeño impulso a la lata la cual se desplaza y luego se regresa a la posición original al transformarse la energía cinética en energía potencial debido al estado de las ligas.

El proceso de los experimentos realizados permitieron medir el estado del conocimiento de dos muestras con y sin la aplicación del experimento en el nivel medio escolar, evidenciando u obteniendo mejoras por los experimentos realizados en una magnitud media estimada de mejora de aprobación del curso en 14% e indicadores académicos específicos que varía del 5% al 25%..

El estudio realizado evidencia el interés de mejorar el aprendizaje de los estudiantes a nivel medio en la asignatura de física, conceptualmente se propone elaborar equipos para un experimento puntual y no para implementarlo y utilizarlo como parte de un laboratorio, es decir, se desarrollan para hacer demostraciones de fenómenos de transformación de energía mediante equipos transitorios, caseros y artesanal elementales que

no pueden ser comprobados debido que no se puede regresar completamente a su estado original ni medidos o cuantificados totalmente; específicamente los equipos permiten cualificar un fenómeno físico para un momento y condición dada que de acuerdo a su desarrollo y nivel de estudio no tiene aplicación directa con los diferentes temas de la arquitectura o ingeniería de los sistemas estructurales que debe acometer el profesional en su ámbito y de práctica cotidiana.

Así mismo, el equipo no permite situar diferentes problemáticas del mismo tema, que le permita al estudiante observar, cualificar y cuantificar el comportamiento y manejo del fenómeno en diferentes situaciones de la realidad en que se desarrollan la temática en el entorno ambiente.

Sin embargo, debe señalarse que el proceso formativo del estudiante y desarrollo de ciertas habilidades se lo impacta positivamente al observar y consolidar un fenómeno que permite aprender bajo imagen-práctica-postearía y no de forma teorizante-modelo matemático del fenómeno.

Esta ventaja en el aprendizaje está demostrado y fundamentado para las ciencias técnicas, en el principio persé que los fenómenos físicos y la física es y nace de la observación y del comportamiento práctico-ambiente de dicho fenómeno; por tanto, la imagen del comportamiento fenomenológico es lo que genera, investigar, experimentar y comprender un fenómeno que luego se enmarca en el modelo matemático respectivo.

Adicionalmente, el fenómeno observado y analizado cualitativamente es importante por hacer uso de materiales y elementos de tipo casero de bajo costo que impacta y concientiza cognitivamente, económicamente y socialmente en el estudiante la flexibilidad de un aprendizaje de fenómenos físicos en base de equipos simples, funcional y económicos que discrepa de equipos que podrían adquirirse en el mercado pero, con de alto costo y

perdiendo la esencia misma del aprendizaje y enseñanza que es, aprender haciendo y enseñar haciendo.

La problemática, importancia y necesidad de estrategias didácticas para desarrollar equipos para la experimentación en la física es corroborada por Holguín, C. (2011), relacionado con la existencia de casas proveedoras de equipamiento del laboratorios para la física pero demandando altas inversiones y en la mayoría de las veces imposible o difícil de adquisición por las IES.

No se cuestiona la importancia y necesidad cognitiva de los experimentos sino, que los equipos cuando se los utilizan son obsoletos o no están totalmente en condiciones de infraestructura adecuada sacrificando la parte experimental de la enseñanza-aprendizaje, siendo necesario desarrollar equipos sencillos que cumplan las mismas funciones objeto del fenómeno a analizarse pero, con costos accesibles y adaptados a nuestra realidad y objetivos del proceso formativo.

Metodológicamente el autor señala que los pasos para el desarrollo de los equipos se inicia cuando el docente basado en su conocimiento y experiencia decide que conocimientos y habilidades debe aprender el estudiante en base a experimentos y prácticas en laboratorios, posteriormente debe manejar los aspectos conceptuales correspondientes y desarrollar el algoritmo correspondiente incluyendo materiales, accesorios en el entorno inmediato, finalizando con la construcción y experimentación con el equipo elaborado.

Se reconoce que la práctica por sí mismo, no representa un aporte real al conocimiento, sino, que debe actuarse sobre la parte conceptual-interiorizada del estudiante a fin que el proceso cumpla con su función en el proceso formativo.

Debe criticarse que el aporte del autor es el orden metodológico, destacando la importancia de elaborar equipos para el experimento en la física, lo cual, representa una realidad incuestionable sobre todo para países como Ecuador, pero, debe indicarse, que lo que debe hacerse como equipo, no solo debe originarse del pensamiento del docente, sino, debe fundamentarse en lo que académicamente demanda las ciencias físicas actuales en los programas o Syllabus de las ciencias duras, es decir, que sea el resultado de un pensamiento colectivo y planificación del desarrollo socio-productivo y, que tenga ventajas competitivas como la realidad e intervención del estudiante y profesional en el ámbito del desarrollo arquitectónico o de la ingeniería.

Un aporte analizado es el presentado por Cervantes, M. Vargas. C. y Meléndez J. (2011), quién desarrollo con los estudiantes en un Centro a nivel Superior un equipo para estudiar la caída libre de los cuerpos.

El equipo consta de dos partes principales, un armazón que sostiene mediante el principio electromagnético el cuerpo para la caída libre que se relaciona con resortes para la caída instantánea y un dispositivo para el corte de energía y cese de la fuerza electromagnética y un segundo componente es el medidor de tiempo realizado a través de sensores electrónicos. El equipo permite la repetición del experimento pero, no puede manejar el efecto de fricción del aire y materiales que no sean compatibles con el electromagnetismo.

El experimento que es parte de lo programado en la planificación curricular tiene por objetivos, reflexionar sobre los principios básicos y modelos que interactúan en la caída libre de los cuerpos, básicamente tiene fines pedagógicos, cuantificando la experiencia y practicando principios teóricos adquiridos.

El desarrollo del equipo se basa en tres pasos que son, diseño tanto del equipo como de los manuales del docente y de operar el equipo, el segundo paso es la elaboración del equipo y su validación que se realiza con la opinión de especialistas en la temática y el tercer paso que es la aplicación o experimentación

El proceso metodológico, desarrollo y aplicación del equipo está dirigido a mejorar el proceso formativo pero, tiene limitaciones en su manejo aplicativo, estos dos aspectos pueden concluirse en dos componentes, el primero es relacionado con el mejoramiento en la enseñanza-aprendizaje y basado en mejorar habilidades y desarrollo cognitivo de los procesos básicos al cuestionarse sobre el impacto por la conceptualización para diseñar el equipo por parte del estudiante permitiendo adoptar y adaptar novedosamente procesos para desarrollar el equipo.

El segundo aspecto relacionado con limitaciones del equipo, que se evidencia por un proceso tecnológico digital pero, con deficiencia en evidenciar y medir la variable de efecto de la fuerza de fricción que intervienen en el fenómeno y sobre todo en cuerpos que tengan poco peso.

El trabajo analizado es parte de la programación curricular del Centro de Estudios Superiores de Ingeniería, su inclusión curricular pone en evidencia que desde las dos décadas que incluyen la actual, se están realizando esfuerzos concientizados para cubrir una gran deficiencia en el proceso formativo del estudiante de ingeniería, pero, con un objetivo específico sin la flexibilidad que puede tener la creación de un equipo flexible, fácilmente manipulable para analizar comportamientos fenomenológicos semejantes y de aplicación a una realidad con visión profesional, más allá del fin didáctico/pedagógico para analizar un fenómeno.

Otro aspecto positivo del trabajo responde a la metodología y desarrollo del equipo, que está dirigido a mejorar procesos

formativos de habilidades en el estudiante a través de diseños, elaboración, validación y experimentación con equipos dirigidos principalmente desde la cátedra; estos aspectos determinan un aporte pero, limitan al estudiante en su proceso novedoso y creativo que puede tener el estudiante para que de forma concienciada, práctica y sobre todo con una visión de la realidad en que debe desenvolverse discutir sobre equipos que tengan una transcendencia desde la visión profesional ambiental.

El trabajo desarrollado indica la implementación del equipo en base de tecnología e instrumentos electrónicos, sin señalar si los aspectos económicos y disponibilidad de materiales en el mercado local son variables que inciden en los fines del equipo elaborado. Los dos aspectos tienen importancia cuando se conceptualiza el desarrollo de equipos fundamentado en operación eficiente y sostenible ya que son indicadores de aprendizaje significativo y experiencial en el estudiante, así como, de ventajas competitivas en el orden de creación, investigación y novedad para el desarrollo cognitivo del estudiante de ciencias duras.

Un aspecto que evidencia el desarrollo del equipo está relacionado con argumentar la necesidad del equipo para el proceso formativo, pero, basado en lo señalado en una programación curricular y no en la postura crítica que debe tener el estudiante y el docente para implementar equipamiento que trasciendan la obligación de obtener una calificación.

Así mismo, una debilidad o conflicto que evidencia el trabajo desarrollado y que sustenta lo mencionado en el párrafo anterior es que no se menciona una evaluación del impacto o mejoramiento del proceso para desarrollar el equipo, aunque se menciona de acuerdo a trabajos precedentes y posturas de pedagogos la incidencia positiva que se debe tener por el proceso formativo producto del equipo desarrollado.

En conclusión y relacionando el artículo descrito con la postura en la tesis planteada debe mencionarse, el trabajo está orientado a las carrera de ingeniería electrónica, se enmarca en una necesidad académica que se la programa como parte de una planificación, desarrollada, que indica un conflicto en lo que es la obligatoriedad de aprobar una asignatura y no concienciar el análisis de un fenómeno que represente parte de lo que requiere el estudiante.

Así mismo, el trabajo es orientado y dirigida bajo criterios del docente y no hace partícipe de las decisiones a todos los actores del aprendizaje, sesgando la innovación, creación e investigación que demanda este tipo de tarea que debe estar dirigida a desarrollar en el estudiante competencia y productos agregados académicos que sean permanente y de servicio continuo del profesional en su ámbito.

Tampoco el trabajo evidencia considerar aspectos de operación eficiente y sustentable, lo cual limita el objetivo fundamental de la tarea académica que está representado por un aprendizaje basado en un proceso significativo y experiencial que cubra tanto aspectos académicos como de impactar en el desarrollo cognitivo que debe ser parte de los objetivos que debe desarrollar y tener el estudiante para involucrase en la vida profesional y formular y evaluar alternativas que debe tomar el estudiante-profesional de la ingeniería.

Otro equipo desarrollado es el de los autores, Bohórquez, L. Martínez, S. y Gallegos, H. (2012), quienes en base de la problemática de la deficiencia de aprendizaje en el área de Física en la carrera de química en la Universidad Tecnológica de Pereira intermediaron con una Institución financiadora para mejorar el aprendizaje universitario, desarrollaron una estructura autónoma soportante y facilitadora en las cuales pueden incorporarse tres equipos, uno relacionado con experimento para la conservación de la energía, el segundo es para caída libre y el tercero que el péndulo simple.

La estructura a más de servir como base o soporte único para los tres equipos, dispone de controladores automáticos, instrumentos de medición de tipo electrónico y principalmente incluye un Hardware para el cálculo con modelos teóricos que permite comparar resultados. El objetivo del equipo desarrollado es facilitar y automatizar los ensayos de tipo didáctico que pueden ser realizados con los tres equipos ya desarrollados, de los cuales no se determina si están relacionados con la economía y el desarrollo en base de materiales y tecnología local.

Los equipo desarrollado según los autores tiene características de ser autónomos, confiables y bajo costo, pero, permiten que el estudiante se involucre en el desarrollo de equipos para física con impacto en el contexto para mejoras del aprendizaje no solo en el ámbito local, sino, regional y nacional. Así mismo, el equipo tiene por objetivo consolidar el aprendizaje teórico en base de un aporte tecnológico para la asignatura de Física, que incide en el estudiante universitario y lo involucra en un desarrollo a nivel externo universitario.

Como postura al trabajo analizado debe señalarse que aporta al marco teórico de la investigación ratificando la promocionada problemática en la enseñanza-aprendizaje del estudiante por la falta de experimentar con equipos para la enseñanza de la Física debido a los costos que demandan este tipo de equipamiento. También, justifica que la problemática debe ser abordada en base de equipos de bajo costo con tecnología fácil y en los cuales exista participación e incentivo por parte del ente universitario.

Sin embargo, el desarrollo se inscribe en un proyecto desarrollado por una oficina de investigadores que debe tener límites en orden temporal y económico y no responde estrictamente al desarrollo que puede y debe hacerse desde la programación de la carrera, Syllabus y la Cátedra que es la que generará un aprendizaje significativo y aprendizaje no solo experimental sino, experiencial

con productos agregados como son competencias adicionales formativas en el área de la investigación e innovación.

Otro aspecto que no se evidencia es elaborar la estructura con algún equipo adicional/es para la enseñanza-aprendizaje sino, implementa una estructura que facilita infraestructura para experimentar con tres equipos contruidos y con aplicación directamente didáctica, limitando el potencial que puede tenerse al tener facilidades técnicas, profesionales y económicas aunque sea relativa.

El equipo construido no consolida un nuevo conocimiento a través de nuevos equipos para analizar otros fenómenos, lo cual señala la necesidad de que el desarrollo de equipos con base local demanda un conocimiento técnico especializado de tipo integral e involucrando distintos actores que van desde el conocimiento teórico-práctico del fenómeno hasta los aspectos que demanda mediciones de tipo electrónico, pero, siempre basado en la eficiencia operativa.

Además, en base del equipamiento descrito, se evidencia costos de relativa importancia en el marco de la disponibilidad que puede tener y financiar los estudiantes de la asignatura en coordinación con la Cátedra a través de proyectos abúlicos, se percibe que el equipo es posible desarrollarlo por el financiamiento que tiene desde la oficina y a través de un presupuesto general. Debe señalarse que el costo del equipo es evidentemente muchísimo menor que si se lo adquiriera de empresas especializadas en la venta de equipos didácticos para laboratorios de Física.

Es decir, la problemática descrita representa un conflicto pero, a su vez proporciona una oportunidad para incentivar procesos estratégicos de aprendizaje en el cual los directivos y docentes son actores fundamentales que involucrando a los estudiantes determinen un aprendizaje teórico-práctico experiencial que no solo, aporte a la consolidación académica del fenómeno físico, sino, propenda a profundos cambios en la forma

de consolidar y aprovechar el conocimiento del Sujeto objeto que incida en el desarrollo profesional del egresado de las ciencias duras.

Como aporte al marco teórico de la investigación debe considerarse el trabajo desarrollado por Rodríguez, G., Cruz, S. et al (2009). El equipo desarrollado es un aporte para la enseñanza de la mecatrónica en carreras de ingeniería electrónica, señalando que existen conflictos en el aprendizaje de asignaturas de ámbito electrónico relacionados con la sistematización de procesos industriales.

La problemática identificada se relaciona con la deficiencia en el aprendizaje de la mecatrónica debido a la falta de equipamiento y software para el proceso educativo Superior. La falta de equipamiento se relaciona específicamente con la necesidad de disponer de laboratorios equipados con entrenadores que integren sistemas de control eléctrico, electrónicos, mecánicos y software para el proceso formativo de la mecatrónica en los estudiantes.

El objetivo del equipo desarrollado para una de las asignaturas de la carrera de ingeniería electrónica fue diseñar y construir un prototipo de proceso didáctico que integre gradualmente diferentes sistemas mecatrónica para la realización de prácticas en laboratorios. El proceso de elaboración del equipo, se inicia con el diseño y construcción de envasado o del proceso a analizarse, posteriormente se eligen los sensores y actuadores relacionados con el proceso y que se integran al prototipo, posteriormente se diseña, simula y realiza los sistemas de control con lógica cableada, tanto mecánica como electrónicos y por última se prueba y se pone en marcha.

El prototipo que es de tipo didáctico permite experimentar en laboratorios relacionados con el control y automatización de sistemas mecatrónicos relacionados con el diseño de mecanismos, control de motores eléctricos, instrumentación para procesos

industriales, programación entre otros aspectos relacionados con la electrónica aplicada a los sistemas industriales.

Las prácticas de tipo didáctico con el módulo desarrollado permiten afianzar un conocimiento local en una de las áreas de la electrónica tendente al mejoramiento de los diseños y elaboración de sistemas de control automatizados que revierta lo que tradicionalmente ha sido realizado con la intervención del mercado extranjero y que incida en el proceso formativo del estudiante.

El trabajo aporta a la investigación ya que trata de la problemática de la deficiencia en la enseñanza-aprendizaje en las carreras de ingeniería electrónica debido a la falta de experimentos didácticos en el área de las asignaturas técnicas que demandan equipos y laboratorios para abordar el estudio de la mecatrónica que es la ciencia relacionada con los sistemas de control, automatización y programación de procesos industriales.

Así mismo, el trabajo desarrolla un módulo destinado para un fenómeno utilizando sensores, software, automatizadores y PLC que mejoren los diseños que son tradicionalmente realizados y contruidos directamente, el equipo permitirá, el manejo del fenómeno y como puede hacerse eficiente los componentes del sistema de manera que incida principalmente en los aspectos técnicos y económicos y, adicionalmente tenga valores agregados de fortalecer el proceso cognitivo del estudiante.

Debe señalarse que el equipo se orienta a la ingeniería electrónica con disponibilidad de equipos y material local y costos relativos, pero, que análogamente tienen el mismo principio académico de necesidades comunes para las ciencias de la Arquitectura; sin embargo, el aporte es para un área que puede evidenciarse a nivel de prototipo y no como una réplica de tipo modelo que sea flexible, eficiente y con eficiencia y fundamentalmente de ser desarrollado a nivel áulico y basado en la participación estudiante-Instructor con

visión prospectiva de ser permanente para implementar un laboratorio.

El prototipo desarrollado es con elementos componentes como si fuese una estructura 1:1 lo cual facilita el desarrollo del equipo pero, influye en la variedad y dimensiones de prototipos que pueden elaborarse y principalmente puede estar limitado por la infraestructura física disponible para la construcción y puesta en marcha.

Como parte fundamental de la postura crítica de la tesis y diferencia entre el trabajo analizado y los objetivos para la modelación de los sistemas estructurales, es que los fenómenos que se analizan en la investigación de modelar los sistemas estructurales de la Arquitectura e Ingeniería Civil es que estos, se producen en estructuras de grandes dimensiones que de manera general no pueden ser desarrollados de igual similitud geométrica.

Por tanto, la investigación analizada en el área de la mecatrónica no se fundamenta directamente con la innovación, creatividad e investigación relacionada con materiales, instrumentos y tecnología local de bajo costo y sustentable; aunque para la modelación física de los sistemas estructurales son elementos directamente considerados y fundamentan la modelación de componentes de estructuras de edificaciones que representan el objetivo de la investigación desarrollada.

Además, como aporte principal del sistema prototipo mecatrónica implementado se tiene el mejoramiento en el diseño de sistemas controladores y automatizados, que deben impactar en el comportamiento profesional del estudiante-egresado, sin embargo, dada la naturaleza del objetivo planteado, el equipo no permite analizar el comportamiento para diferentes estados de diseño del proceso, lo cual, si es parte de la investigación en la modelación de sistema estructurales permitiéndole al estudiante manejar el

comportamiento mecánico de la estructura antes diferentes situaciones de diseño y de cargas actuantes tanto por magnitud como por ubicación.

El desarrollo y comportamiento del prototipo mecatrónica y la modelación y análisis en el modelo estructural, determinan productos agregados de mayor beneficio positivo para el estudiante de Arquitectura o Ingeniería Civil, debido a los componentes que influyen en el tipo de proceso formativo y que de forma general son demandados por el trabajo práctico realizado en laboratorios o con equipos.

La modelación física, no solo tiende a un mejoramiento de los diseños estructurales sino, producen un proceso cognitivo adicional en la parte significativa, experiencial y experimental que, basado en diferentes situaciones estructurales optimizan los diseños y estabilidad de la edificación incidiendo directamente y positivamente en los costos económicos y la programación de la estructura.

Diseño y construcción de un Giroscopio didáctico realizado por estudiantes de mecánica para el uso en Laboratorios de Física fue el trabajo realizado por, Meléndez, J., Arias, R., et al. (2010) en el Centro Tecnológico Industrial y de Servicios N0. 50.

El trabajo se analiza debido que trata de la modelación del movimiento de rotación de la tierra utilizando componentes caseros como dos masas de dimensiones pequeñas que están sujetas a una estructura soporte en forma de T y unida a una rótula que permite el giro del soporte siguiendo cualquiera de los ejes. Adicionalmente el modelar la rotación de la tierra mediante el giroscopio desarrollado por los estudiantes como trabajo de fin de bachillerato puede ser aplicado como indicador direccional o brújula.

Metodológicamente el equipo es el resultado de fases como caracterización, diseño, elaboración y experimentación que se sustenta en todos los conocimientos adquiridos por el estudiante durante toda la carrera, representó un reto a los estudiantes para su desarrollo cognitivo y fue producto de una serie de experimentaciones previas a fin de alcanzar los objetivos que fue la construcción y puesta en marcha del giroscopio.

El equipo representa la modelación del fenómeno físico del movimiento rotacional de la tierra a una escala reducida, elaborado con materiales y recursos locales con costos bajos pero, por su forma de obtenerlo representa un proceso creativo que aporta en el proceso formativo cognitivo significativo del estudiante.

Además, el equipo constituye un aporte al nivel de significación en el proceso terminal del aprendizaje y desarrolla habilidades y conocimientos adquiridos durante toda la carrera del estudiante y que están fundamentados por la base teórica formativa recibida por los estudiantes. Esta base teórica formativa y entendida fue manejada por el estudiante, combinándola con conocimientos adicionales agregados que determinaron el desarrollo del equipo.

El trabajo presentado tiene pertinencia con el marco teórico de la investigación ya que presenta a escala pequeña un fenómeno físico enmarcado en la ciencia básica técnica; así mismo, constituye un proceso de innovación al modelar un fenómeno físico relacionada con la rotación de la tierra en base de conocimientos teóricos formativos adquiridos durante la carrera.

Debe señalarse que el trabajo y equipo desarrollado, es el proceso terminal de la carrera y modela un fenómeno de la física básica que evidentemente consolida un proceso cognitivo pero, de relativa o limitada aplicación en la práctica post bachillerato tecnológico del estudiante. Esta característica formativa representa innovación pero, se desarrolla en la etapa final de la carrera, limitando al

estudiante en su proceso cognitivo durante su etapa formativa de los diferentes cursos que comprende la carrera.

Por tanto, el trabajo desarrollado, debe formar parte curricular continuo de la carrera a fin de consolidar los diferentes conocimientos que son obtenidas por el estudiante en el proceso formativo continuo para determinar un aprendizaje experiencial y significativo en el estudiante.

Además, el desarrollo de equipos desde las diferentes cátedras aportará al equipamiento de los laboratorios técnicos enmarcándose en la visión de trabajos que evidencie aportes fundamentales al desarrollo de la carrera y post-egreso pero, con costos bajos, recursos y tecnologías que sean parte del mercado local.

En la Universidad Tecnológica de Pereira Colombia, en la carrera de Electrónica, Bermúdez, H., Gallegos, B. y Bermúdez, H. F. (2011), desarrollaron con la participación de los estudiantes el equipo denominado, Prototipo mecatrónica para la enseñanza y el aprendizaje del movimiento armónico simple. El equipo, aborda una temática de la física básica, relacionando en su elaboración componentes mecánicos y electrónicos como, controladores, sensores y software.

El prototipo tiene por objetivo mejorar la enseñanza-aprendizaje a través de la elaboración y experimentación de un equipo de bajo costo y simple operación que permita al estudiante analizar el movimiento armónico simple. El trabajo señala que la problemática de la deficiencia en la tarea práctica que deben cumplir los laboratorios de ciencias técnicas se produce por la falta de desarrollo de equipos didácticos para la experimentación en la Física, generando desmotivación y falta de desarrollo de competencias y habilidades en el estudiante.

El trabajo pretende que el equipo desarrollado fortalezca el conocimiento para que no exista diferencia entre la teoría y la práctica que debe tener el estudiante en su proceso formativo. El prototipo es de tipo didáctico constituyendo una herramienta pedagógica desarrollada por estudiantes y docente, siendo el Instructor el orientador del proceso, mientras que el estudiante maneja datos e interpreta como opera el fenómeno y los principios físicos involucrados en el experimento.

El proceso de desarrollo, experimentación y valoración experimental del fenómeno se ha constituido en una ventaja para el docente y el desarrollo cognitivo en el estudiante debido a la fuerte relación que existe entre la Física y el desarrollo tecnológico pasando de las clases magistrales y la práctica en base de ejercicios a la clase tipo experimental, en la cual el estudiante pasa de la teoría al principio metodológico de aprender haciendo y, basado no en la práctica de laboratorio tipo mecánica que solo pretenda cumplir con obtener una calificación, sino, una práctica que involucre diferentes procesos y operaciones del pensamiento.

La implementación del equipo, sigue un proceso metodológico que evidencia participación e integración de conocimientos entre los actores, abordando actividades relacionadas a: identifica el problema pedagógico y conceptualiza el fenómeno físico, resuelve la problemática mediante la estrategia didáctica (equipo), determina los distintos Sujetos intervinientes y como participan y se beneficia cada uno en base a los objetivos respectivos declarados, se socializa con los estudiantes las conceptualizaciones pertinentes de manera que estos manejen el fenómeno en el campo aplicado.

Así mismo, el trabajo maneja de forma interactuada aspectos técnico-pedagógico-económico-social, en los cuales involucra equipo de bajo costo, aprendizaje colaborativo, desarrollo de la curiosidad-habilidad-motivación para desarrollar el equipo, desarrolla sistematizar una experimentación a través de la guía experimental, construcción con técnica local y aplicaciones de la

informática y estudiantes realizando una tarea en coordinación con Instructores.

El trabajo analizado es de importante aporte a los fines de la investigación debido a las consideraciones pedagógicas, académicas, participativa-colaborativa, experiencia y operación en la elaboración del equipo. La consideración de estas variables integradas señala que son parte para superar una problemática que es la necesidad de mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje, aprovechando las tareas propias y pertinentes a un laboratorio o equipo orientado al análisis de fenómenos relacionados con la física básica.

Debe señalarse, que el trabajo indica actividades que deben seguirse para realizar un proceso característico de implementar un prototipo en base al método científico; sin embargo, quizás debido al alcance del trabajo, no se evaluó el impacto cognitivo por el proceso desarrollado, dejando el informe en el producto desde la visión de la infraestructura física o equipo y no con evidencias documentadas de tipo cognitivas que demuestre los objetivos logrados.

Otro aspecto que debe considerarse como comentario perceptivo, es que el trabajo tiene fines didácticos y no evidencia la concienciación o empoderamiento del estudiante para una continua creación-innovación, debido posiblemente a que el desarrollo del equipo es direccionado-financiado por una parte de la Institución relacionada con el denominado Centro de Desarrollo de Prototipos, lo cual es beneficioso por el impulso al desarrollo de este tipo de experiencia pero, limita la originalidad y conciencia que debe tener el estudiante de la cátedra de Física y la creatividad continua del docente para desarrollar prototipos, en los cuales el ensayo-error puede ser una característica para la operación eficiente.

Un aspecto que valida y fortalece la temática desarrollada en la tesis en relación con el marco del trabajo analizado y producto de los alcances de las investigaciones es el proceso evaluativo que documente y evidencie el impacto del desarrollo experiencial y experimental en los niveles de los aprendizajes de los estudiantes, lo cual es importante y relevante porque va de lo posiblemente alcanzado y escrito a lo realmente alcanzado y documentado.

Evidencia el trabajo el desarrollo de un equipo con características, mecánica y mecatrónicas, sin señalar la cuantificación de las inversiones realizadas, lo que representa ventajas y flexibilidades para ser manejadas desde una carrera relacionada con la electrónica y posiblemente con recursos previamente programados/disponibles, además, los componentes electrónicos del equipo deben ser observados en detalle en la posibilidad de variar los escenarios al modificar o ampliar alcances del equipo en su utilidad o fenómenos que pueden ser incorporados al análisis.

Lo indicado en el párrafo inmediatamente anterior permite tomar postura al momento de desarrollar equipos para las Ciencias de la Arquitectura o Ingeniería Civil en el ámbito técnico, ya que, las características y aplicación de la mecatrónica deben usarse e incluirse de ser necesario en el desarrollo del equipo pero, debe tenerse presente que estos componente electrónicos, pueden tener limitaciones propias de sus características de fabricación para flexibilizar la variación o modificación de la operación y versatilidad del prototipo físico.

La limitación del uso de la mecatrónica enunciada para las dos ciencias antes mencionadas responde a que estas, centran su desarrollo fundamentalmente en la conceptualización, comportamiento y manejo de infraestructura física soportante o de servicio, representando la electrónica en la programación académica y proceso formativo del Arquitecto o Ingeniero Civil relativo aporte cognitivo profesional debido al campo de desarrollo profesionalizante.

Debe señalarse como postura y comentario adicional al trabajo analizado, que el equipo desarrollado por aspectos económicos, recursos humanos, tecnología y logros para competencias agregadas, debe situarse prioritariamente en la formación básica que optimicen e incentiven el desarrollo cognitivo del Sujeto y de la realidad ambiental, pero, observado su aplicación directa al diseño, comportamiento e interpretación de estructuras propias del ámbito profesional como son los casos de los sistemas estructurales.

Un aporte pertinente e importante al marco teórico de la tesis, es el trabajo "Diseño de prototipos experimentales orientados para la enseñanza de la óptica" realizado por Pérez, L. Falcón, N. (2009). El trabajo tuvo por objetivo socializar, presentar, discutir, validar y mejorar 25 prototipos elaborados en la universidad, caracterizados por ser de tipo simple-casero relacionado con la experimentación, diseño y construcción en la temática de la óptica en física, elaborados por docentes y estudiantes.

Estos prototipos analizados se caracterizan por su funcionalidad, bajo costo con materiales de adquisición en el mercado del entorno y en los cuales participaron estudiantes y docentes para su elaboración como parte de cursos regulares en la Institución universitaria.

El trabajo parte de la premisa relacionada con la necesidad que la enseñanza-aprendizaje de las ciencias físicas se relacione con la experimentación a través de estrategias didácticas que se caractericen por relativas inversiones y funcionalidad de acceso a los actores principales del centro educativo.

Las estrategias desarrolladas se basan en constructos participativos en base de métodos como el de descubrimiento y en el cual la inclusión del estudiante como elemento de la experiencia es

fundamental para el aprendizaje formativo y complementario de las clases tradicionales impartidas por los Instructores en la parte teórica o de trabajo práctico a través de problemas.

Uno de los aspectos considerados y que deben objetivarse, son el reconocimiento que la enseñanza en el laboratorio con equipos representa una parte del proceso formativo del estudiante pero no sustituye el aprendizaje de dicho estudiante en base de los constructos teóricos que demanda la asignatura de la física mediante clases magistrales o de corte teórico.

Así mismo, se indica que algunas veces, este proceso formativo puede ser realizado en el aula de clase sin necesidad del ínsito laboratorio, pero, sin lograr en algunas ocasiones la funcionalidad y objetivo total debido a conflictos como por ejemplo, errores en las mediciones por el tipo de equipo y forma de ensayarlo fuera de un entorno más adecuado.

La enseñanza en el aula mediante equipos sencillos-caseros como algunos de los propuestos se ve principalmente fortalecida cuando en el estudiante no se ha desarrollado enseñanzas teóricas del fenómeno, por tanto, la aplicación de este tipo de estrategia para la observación y manejo del fenómeno desde la parte experimental resultará una ventaja para el aprendizaje de la física ya que le permitirá al estudiante interpretar y observar cómo opera el fenómeno, Pérez, (2008).

Lo presentado en el párrafo anterior es corroborado favorablemente por Rivero, (2004), expresando que los experimentos son necesarios ya que la Física responde a las Ciencias Naturales y que las repuestas deben estar determinadas por lo que se obtenga de los experimentos que deben realizarse. Además, adicionalmente indica que en este tipo de desarrollo debe considerarse componentes como inversiones e infraestructura física-talento que han hecho que los Docentes no afiancen el aprendizaje en el estudiante o

desarrollen su enseñanza en base de equipos desarrollados desde la Cátedra, sea manejados y experimentados en el aula de clase normal o ser expuestos y operados en laboratorios adecuados.

Los autores coinciden en señalar que los trabajos experimentales en el aula no sustituyen totalmente lo que debe realizarse en los laboratorios, determinando que la falta de equipos totalmente idóneos determine limitaciones en los objetivos, capacidades, habilidades y competencias agregadas que deben caracterizar al estudiante-docente durante el proceso formativo del estudiante y enseñanza docente.

Falcón, N. et al. (2005), señala la importancia de la enseñanza por descubrimiento y fortalecida por desarrollos de prototipos de baja inversión y eficientes, por tanto, indica que en caso de que la Institución de Educación Superior no cuente con laboratorios bien equipados para la enseñanza de la Física, es conveniente el desarrollo de equipos entre la Cátedra y los estudiantes a fin de realizar algunos experimentos y alcanzar relativos logros que deben ser parte de un proceso formativo en la Física.

El último autor señalado, especifica que el desarrollo de equipos de forma participativa, generará en el estudiante incentivos adicionales para elaborar nuevos prototipos que aporten a la didáctica y a procesos cognitivos en el aprendizaje de la Física experimental.

Es importante comentar que trabajos presentados Szigety, E. et al. (2009), Carreras, C. (2007), Marín, E. (2008), para desarrollar equipos en el área de la didáctica para óptica, pueden presentar conflictos debido a la dificultad de repetirlos con Instructores que no participaron en el desarrollo. Estas dificultades pueden ser debido a que no existe una guía o la falta de validación del equipo desarrollado, limitando algunas veces a procesos temporales los equipos y al comportamiento del proceso formativo investigado.

Un aspecto que aborda el trabajo es señalar que los 26 trabajos desarrollados se enmarcan en una metodología que abarca diseño del prototipo incluyendo la guía del profesor, validación de la guía y respuesta operativa del prototipo en el aula, para lo cual, los fundamentos académicos son basados en el constructivismo, la experiencia previa del Instructor en la realización de estos trabajos semejantes y direccionar obligaciones y tareas que generen productos creativos por el estudiante y su formación adecuada en los aprendizajes de los fenómenos físicos relacionados con la óptica.

Un aporte importante al marco teórico investigado, está relacionado con la metodología implementada para proponer y formular mejoras y validar los prototipos desarrollados. La evaluación se realizó a través de un taller en la que participaron docentes a nivel medio y superior e investigadores relacionados con la temática y equipos desarrollados.

Metodológicamente la evaluación se realizó a través de cuestionarios en los cuales a través de escalas cualitativa y cuantitativa se investigó sobre la operatividad y facilidades relacionadas directamente con el equipo desarrollado y, la guía elaborada. Los resultados manifestados por los encuestados se resumen en la aceptabilidad y validez de los equipos desarrollados en más del 80%, lo que permite determinar a través de la opinión de especialistas y experto la necesidad de plantear el desarrollo de equipos para la experimentación en la Física como un logro académico para fortalecer la enseñanza-aprendizaje.

El trabajo presentado por los dos autores evidencia la preocupación existente en las dos últimas décadas pasadas para incentivar la práctica experimental como un componente fundamental para el proceso formativo en la enseñanza de la Física. Sin embargo, se reconoce que la mayoría de los Centros de Estudios tiene como limitaciones para la experimentación la disponibilidad de equipos e

infraestructura debido a las inversiones que deben realizar para contar con equipos para analizar los diferentes fenómenos.

Al factor económico mencionado como limitante, debe adicionarse para el desarrollo de laboratorios de Ciencias Físicas el recurso humano que maneje no solo la parte conceptual y acometimiento teórico para resolver una problemática sino, que sea capaz de desarrollar un proceso cognitivo integral y participativo de investigación para crear y fomentar equipos para la experimentación de las Ciencias Técnicas pero, bajo el principio de la eficiencia, manejo de escala, bajo costo, flexibilidad, experiencial y sustentabilidad.

Uno de los aspectos señalado por el trabajo, tiene relación con la posibilidad de poder realizar algunas de las prácticas con equipos pero en la misma aula y reconoce que si el tema objeto del experimento no ha sido tratado desde la clase teórica, el experimento aportará en el estudiante conocimientos al interpretar y manejar el fenómeno físico, constituyéndose como un componente importante para el aprendizaje.

Lo señalado en el párrafo inmediato anterior, no cuestiona la pertinencia y necesidad de la experimentación en el campo de la Física sino, pretende facilitar y mitigar una problemática principalmente originada por factores económicos, soslayando uno de las principales razones de ser de la Universidad que es la investigación formativa-productiva en la cual, el proceso de enseñanza-aprendizaje por descubrimiento, integral y holístico, debe ser sustentable, determinando la necesidad de desarrollar equipos con la suficiente tecnología y materiales provenientes del mercado local, a fin de impactar positivamente en costos y formación de recurso profesional para desarrollar la experiencia y experimentación en las Ciencias Técnicas.

La evaluación para mejorar y validar los prototipos desarrollados a través de la realización y exposiciones en un Taller, representa un aporte en el cual participan profesionales y responden de forma semejante al método de validación por especialistas o expertos a través de intercambio de opiniones e instrumentos como el formulario, lo cual científicamente es válido. El contexto evaluativo cuantitativo y cualitativo responde a la opinión analítica de una parte de los actores del proceso estratégico didáctico implementado pero, no evidencia el impacto en el aprendizaje y niveles de satisfacción en el Sujeto directamente beneficiario del desarrollo de prototipos.

Así mismo, el marco analizado y que aporta a la Tesis desarrollada, es la contrastación de que el desarrollo de prototipos o equipos para la experimentación física puede realizarse solo cuando existe la disponibilidad de inversiones o recursos financieros, lo cual es relativamente inaceptable cuando se reconoce la realidad de nuestro medio y la necesidad de implementar estrategias didácticas a través de investigaciones creativas que aporten a sustentar un proceso formativo técnico experimental y reconocido para la enseñanza-aprendizaje de la Física.

La mejora del aprendizaje por el desarrollo de prototipos debe implicar fundamentalmente un principio creativo-investigativo que incluya bajas inversiones o costos, participativo estudiantes-docente y materiales y tecnologías que caractericen el trabajo. El desarrollo debe implicar un proceso constructivista experiencial-experimental significativo holístico de mayor impacto en el proceso cognitivo y no solo formativo curricular del estudiante, sino, debe ser profundamente impactante, concienciado e interiorizado en el estudiante que sirva de aporte en el desarrollo profesional y revertido en aspectos económicos-sociales a través de incentivar y conocer nuevas oportunidades y ventajas competitivas.

El trabajo analizado aporta a la postura para desarrollar la Tesis, determinando que metodológicamente el desarrollo debe

responder a un proceso justificado a través de un diagnóstico y avanzar en el proceso de forma participativa entre la cátedra y los estudiantes en la cual los diseños responden a un proceso creativo, innovador, investigativo e interiorizado, adoptándose-adoptándose a la disponibilidad del mercado local que permita experiencialmente la experimentación y validación del equipo.

Además, la construcción y puesta en marcha del prototipo implementado debe responder a un proceso de eficiencia-mejora que debe realizarse de forma continua y fundamentalmente responderá a una actualización y ampliación del alcance experimental, facilitada por los materiales, mano de obra y tecnología utilizados y disponibles de forma local e Institucional.

Es importante señalar que los 25 prototipos desarrollados y validados en el Taller por 25 docentes están orientados en su mayoría para aplicarlos en el nivel medio educativo, aunque son desarrollados como trabajos a nivel Superior previo a la obtención de un título generalmente de cuarto nivel. Sin embargo, los trabajos se caracterizan por ser de tipo temporal o puntual para el ciclo educativo desarrollado y tienen la particularidad de ser tipo artesanal y no se conceptualizan para ser sostenible en el marco espacial y temporal.

Los equipos desarrollados y su experimentación señalados en el trabajo, constituye sin duda un aporte al proceso de los aprendizajes de la física y los métodos estratégicos para conseguir objetivos formativos mejorados, sin embargo, la temporalidad y el producto de tipo artesanal obtenido, pone de manifiesto limitaciones para procesos formativos sostenible en el estudiante y sesgan una mejora continua del prototipo y creación de nuevos prototipos que aporten al análisis de otros fenómenos físicos.

Por tanto, basado en el análisis del trabajo, la premisa para el desarrollo de la Tesis fue obtener productos de la modelación que representen un aporte sustentado en equipos sostenibles espacial y

temporal, permitiendo que los procesos cognitivos se continúen en diferentes ciclos y provean el espacio para mejorar, modificar y crear modelos que aporten de forma actual y prospectiva a los procesos formativos de los estudiantes.

El proceso metodológico adoptados en la Tesis y producto relativo del marco teórico analizado, no solo implica que los equipos creados y operados sean factibles de amplia flexibilidad y fácil operatividad y mantenimiento sino, generarán un continuo aprendizaje docente-estudiante y cumplimiento de objetivos Institucionales. Este desarrollo cognitivo, determinará que los prototipos sean continuamente optimizados y factibilice la creación y experimentación de otros equipos para analizar cada vez fenómenos físicos más complejos.

El análisis para experimentar con fenómenos físicos de mayor complejidad producto del continuo avance cognitivo experiencial significativo, beneficiará continuamente a los aprendizajes de los estudiantes y proporcionará mayor rentabilidad económica al Claustro al elaborar prototipos que en el mercado especializado y abastecedor de equipos de laboratorios tienen mayor costo pero, que alternativamente pueden ser obtenidos con bajas inversiones y operación eficiente.

Una parte importante adoptada en la Tesis es la validación del equipo desarrollado y elaboración de un protocolo para la experimentación. En este contexto, el trabajo analizado se sustenta en la validación de especialistas o expertos en el área y aportes para mejorar estos equipos. Sin embargo, la postura de la Tesis fue abordar la validez no solo del equipo sino, validar el proceso integral formativo cognitivo, investigativo, experiencial y creativo incluyendo, el beneficio económico en el profesional participante de la investigación.

El análisis del trabajo pone de manifiesto una forma expos de validación y mejora, lo cual permite que la postura de la investigación realizada en la Tesis se orientara a tener una validación

más fundamentada y concretada a través de la experimentación como principio científico.

Para cumplir con la validación propuesta en la Tesis, metodológicamente se desarrolló experimentando con dos grupos de estudiantes controlados, denominados Grupo Control y Grupo Experimental. Los grupos evalúan los aprendizajes por componentes conceptuales, procedimentales, actitud y satisfacción en dos etapas relacionadas con y sin el desarrollo de equipos.

Una aportación a la postura científica que orienta la Tesis, constituye el trabajo presentado por Higueta, C. (2011), denominado, Un acercamiento al concepto de polarización de la luz en la educación media y desarrollada en la Universidad Nacional de Colombia. El trabajo tuvo por objetivo elaborar un equipo por grupo de estudiantes para estudiar de forma experimental la polarización de la luz.

El autor fundamenta su aporte en el aprendizaje significativo y concuerda con lo señalado por Moreira, M. (2011) respecto a que el aprendizaje significativo difiere del aprendizaje mecánico como lo estimulaba Skinner. Además, como lo señala Ruíz, O. (2007), el docente para resolver una problemática debe primero interiorizarla y posteriormente solucionarla, basado en que el docente es el Sujeto quien tiene que estar concienciado en el cambio o renovación de la enseñanza de la ciencia y en lo cual se incluye la experimentación.

La problemática que aborda el autor es el deficiente aprendizaje de los conceptos de la mecánica de la luz en la Física, señalando que muchas veces el costo de los equipos limita los aprendizajes de tipo significativo y

hace incapaz al docente para abordar temas experimentales que son necesarias en la Física a través de la innovación.

Metodológicamente la experiencia consistió en aprovechar y modificar gafas para 3D generalmente utilizadas en los cines, las cuales se introdujeron en agua aproximadamente por un día para separar los componentes de polarización y retardo. Posteriormente los estudiantes observaron diferentes fuentes de luz y a través de las gafas polarizadas y las observaciones permitieron elaborar los modelos gráficos respectivos de las ondas polarizadas para las diferentes fuentes expuestas.

El estudio de las ondas y producto final del experimento se realizó manejando espacialmente y temporalmente los prototipos de ondas, determinando el comportamiento de la polarización de la luz al ser expuestas para diferentes fuentes.

Una parte importante del trabajo analizado y pertinente a la investigación, está relacionada con la forma de evaluar el aprendizaje del estudiante por el experimento realizado. El método implementado para la evaluación fue la experimentación con un grupo de estudiante de cursos superiores del nivel medio y que toman la asignatura de Física.

El grupo se observó antes y posterior del experimento; para evaluar el nivel de conocimiento a la entrada o diagnóstica se utilizó un documento proveniente de la herramienta googledocs, que presenta un cuestionario con aspectos conceptuales y procedimentales relacionados con principios básicos de la polarización de la luz.

Elaborado el equipo por modificación de los elementos que componen las gafas 3D y con los resultados obtenidos por análisis de los modelos gráficos de las ondas producto de la exposición ante diferentes fuentes, se volvió a evaluar al grupo de estudiantes o evaluación de salida, mediante un cuestionario elaborado por los

autores del trabajo determinando de forma cuantitativa y cualitativa el aprendizaje de los estudiantes a la salida del experimento.

El instrumento de salida abordó algunas preguntas realizadas en la prueba de entrada y pertinentes al experimento pero, en el marco conceptual-procedimental. La evaluación de salida determinó un mejoramiento conceptual en el aprendizaje relacionado con la polarización de la luz, pero, no se cuantifica de forma total este mejoramiento.

Debe señalarse que el aporte del trabajo no tiene relevancia en la creación de prototipos físicos ya que elabora el equipo en el marco de usar un elemento que tiene un uso y por contacto con otro elemento se lo descompone químicamente para ser utilizado en la observación del fenómeno físico analizado, por tanto no puede sostenerse un principio de creatividad y novedad por el desarrollo físico de prototipos, lo cual contrasta con uno de los principios fundamentales de la Tesis.

Otro aspecto del trabajo está relacionada con el equipo para la experimentación y que se infiere fueron hechos casi de forma personal, lo cual aportan a un proceso formativo pero, que señalan una temporalidad del equipo que limita un proceso de sostenibilidad y mejoramiento del equipo experimentado, generando que el interés del experimento principalmente se relaciona con la calificación y aprobación curricular.

La evaluación implementada son un aporte importante para determinar el estado del conocimiento antes y después del experimento; sin embargo, la selección de un mismo grupo a pesar de estar disponibles grupos semejantes, pone en conflicto la evaluación por limitar la muestra y el comportamiento cognitivo en un mismo Sujeto evaluado y, se agrava cuando algunas preguntas en las pruebas de entrada y salida son iguales, generando

facilidades para ciertas repuestas y que no son producto principal propio del experimento.

El trabajo señala que en clase se realizó una especie de conversatorio docente-estudiantes a fin que estos estudiantes manifestaran aspectos relacionados con actitud y satisfacción por el experimento realizado y, que se resume en que la mayoría manifiesta aceptabilidad e impacto positivo por el experimento.

La evaluación señalada en el párrafo inmediato anterior, está relacionada con el alcance del trabajo; sin embargo, el producto verbal tiene sesgo en el resultado ya que no se sustenta en un instrumento de investigación, limitando la validez de los logros y del método para medir cuál es el impacto por el proceso integrado del aprendizaje y que sustentará nuevas investigaciones experimentales para la Física.

El trabajo representa pertinencia y aporte de ser considerado para la postura que define la Tesis; sin embargo, la investigación de la modelación de prototipos de sistemas estructurales adiciona la novedad científica por la creatividad en el desarrollo de modelos de operación eficiente, lo cual mejora y aporta con nuevos conocimientos al marco teórico expuesto por el autor del artículo.

Específicamente la tesis aborda indicadores científicos como: procesos de creación y novedad científica por el desarrollo de modelación de prototipos; los equipos tienen visión prospectiva de sostenibilidad y flexibilidad para ser ampliados en sus funciones o modificados para realizar experimentaciones de otros fenómenos.

La evaluación se fundamenta en los resultados al experimentar con dos grupos semejantes denominados control y experimental y que difiere del método señalado en el trabajo. La tesis aborda pruebas no solo cognitivas

de tipo conceptual y procedimental sino, aborda la percepción del estudiante por su aprendizaje actitudinal y de satisfacción que son cuantificadas representando un indicador importante del impacto en el aprendizaje del estudiante.

El marco teórico del artículo analizado es pertinente y se ha considerado para la postura de la Tesis desarrollada pero, en un marco de nueva novedad científica y metodológicamente enmarcada en el método científico y sobre todo de aporte científico al colectivo y válido a una realidad sostenible y sustentable, incluyéndose el impacto socio-económico en el Sujeto objeto del aprendizaje.

El trabajo de Albizzati, A. et al. (1998), denominado, Equipamiento para el Aprendizaje de los Fundamentos de Transferencia de Cantidad de Movimiento, de Energía y de Materia destaca la preocupación que había desde las dos últimas décadas pasadas en el proceso formativo experimental del estudiante de ciencias de la ingeniería como la Química y específicamente en asignaturas como, Fundamentos de la Ingeniería Química.

Se aborda con el trabajo una estrategia didáctica para solucionar la problemática de la deficiencia formativa del estudiante de Ingeniería Química formulando un proyecto o trabajo práctico que involucra, fundamentación teórica, diseño, construcción, experimentación, informe y mejoramiento físico y para mediciones del equipo

Los prototipos o trabajo práctico incide en las teorías en que se sustenta la Tesis, ya que constituye un aporte a la experimentación física; sin embargo, el trabajo está relacionado directamente con un programa académico y no evidencia una visión integral y holística validada científicamente que determine el impacto del trabajo.

El proyecto se enmarca en una programación curricular que pretende cubrir las deficiencias de enseñanza-aprendizaje con los métodos tradicionales y que son producto del acelerado avance tecnológico que deja desactualizado a los equipos disponibles o por los costos que tienen la adquisición de los nuevos equipos.

El trabajo trata la problemática desde la visión pedagógica y profesional. Pedagógicamente señala que los Modelos Tradicionales no incluyen la actitud y aptitud del Sujeto para el aprendizaje.

El conflicto profesional se produce debido a que las prácticas en laboratorio generalmente siguen una secuencia formativa curricular haciendo que en los primeros ciclos no se evidencie claramente la importancia en relación con la profesión y que se agrava cuando el docente no es capaz de introducir aspectos y estrategias propias de la profesión en correspondencia con la tarea experimentada en el laboratorio

Tratar la problemática desde la visión pedagógica y profesional es conveniente, para investigaciones que persiguen objetivos semejantes; sin embargo, siendo un conflicto que involucra integridad comunidad-ambiente, en la problemática debe adicionarse variables económicas por inversión y rentabilidad como también variables relacionadas con la parte socio-ambiental.

Los prototipos se implementan como un trabajo práctico extra aula de clase, en la cual participan docentes y estudiantes sin evidenciar costos económicos pero, siendo parte de un proyecto curricular se estima es de inversión reducida; además, el desarrollo del equipo es por parte y por grupo, en el cual un determinado grupo de dos a tres estudiantes realizan una determinada parte del equipo y secuencialmente se avanza con el equipo y los grupos. Estos equipos son revisados en el próximo período lectivo y con el mismo ciclo y se plantea otras actividades para complementar el tema analizado.

El método para el desarrollo de los equipos resulta de interés analizarlo para adoptar una postura en la tesis. La parte significativo en el cual descansa el análisis teórico del trabajo, se ve afectado en sus logros integrales, debido a que existe una interiorización y formación parcial por el desarrollo por etapas del equipo y adaptación al fenómeno; aunque posteriormente existe un experimento, resultados e informes con el equipo completo pero, para el Sujeto que aprende y su forma de apropiarse de la experiencia se sesga al no tener un proceso continuo e integrado.

El trabajo práctico, desarrolla los prototipos adoptando y adaptando equipos anteriormente realizados, siendo mejorados para los fines del experimento y manejo del fenómeno físico analizado, por tanto, se basa en una investigación bibliográfica, que incide en los proceso de pensamiento crítico y creativo del estudiante pero, que no se evalúan, sesgando la validación de objetivos por innovación y, evidenciar valores agregados y competencias del estudiante-egresado-profesional.

El trabajo práctico se enmarca en lo que se conoce como método de proyecto y equivalente al desarrollo de prototipos, representa un referente para el enfoque constructivista significativo, sin embargo, el trabajo es producto de un cambio curricular que toma la experimentación de la química como un proceso de cambio y necesario para el proceso formativo.

El principio pedagógico enunciado en el párrafo anterior con el cual se aborda la problemática de la deficiencia formativa y la problemática profesional evidenciada en el trabajo representan factores a los cuales deben adicionarse problemáticas económicas, ambientales y conocimientos holísticos y experienciales; por tanto, la Tesis asume un enfoque integral que permita innovar, crear e investigar en el orden académico pero, situado, en una realidad del entorno sostenible y operación eficiente.

Un componente que aborda la tesis es evaluar el impacto en el aprendizaje de los estudiantes y que en el trabajo práctico analizado no se realiza, sesgando la validación de la experiencia desarrollada, evidenciando al igual que otros trabajos la realización del estudiante solamente por un requisito curricular.

El equipo didáctico desarrollado y relacionado con sistemas estructurales es el realizado por Garcés, R. Izurieta, P. (2007), denominado: Diseño y construcción de un equipo experimental didáctico de estructuras modelo tipo armadura y pórtico para el laboratorio de Resistencia de Materiales de la FIME y constituye el trabajo previo para obtener el Título de Ingeniero Mecánico en la Escuela Politécnica del Ejército ESPE.

El objetivo del proyecto es diseñar y construir un equipo experimental didáctico de estructuras modelo para el laboratorio de Resistencia de Materiales de la FIME. Justifica su proyecto debido a que la ESPE dispone de equipos para la experimentación en estructuras pero, estos son de observación y análisis cualitativo, ya que no dispone de instrumentación de medición para cuantificar el comportamiento de la estructura.

El trabajo es un requisito para una titulación a nivel superior e involucra de forma general los mismos materiales que conforman el sistema estructural de la práctica común, lo cual genera prácticamente un modelo 1:1. La forma de formular el proyecto y su ejecución no es participativa con grupos de estudiantes, lo cual limita el principio de aprender haciendo y no consolida el proceso formativo de forma continua y de acuerdo al nivel de estudio involucrado y principalmente no existe una interiorización masiva y socializada del aprendizaje.

El proyecto tiene dos fines, el primero, fundamentar el conocimiento teórico-práctico de las clases relacionadas con las estructuras y aplicarlas a una tarea de tipo experimental, el segundo fin es

sustentar los productos experimentales a través de la informática mediante la aplicación de un software y darle validación a los parámetros medidos para el caso analizado.

Los propósitos del proyecto están orientados a un cumplimiento académico y cerrado, sin elaborar una guía que podría hacer sostenible y flexible el proyecto, lo cual se explica por la meta final que es la titulación. El propósito contrasta con la Tesis donde, sostenibilidad, operación eficiente y flexibilidad para manejar y solucionar problemáticas reales con diferentes enfoques, son características básicas para el desarrollo integral de los modelos de prototipos.

El proyecto se basa en reproducir una estructura de cierto nivel de complejidad y utilizada en la vida práctica para facilitar la elaboración, tanto por los materiales como por la forma de unirlos o nodos; así mismo, para las mediciones se utilizaron galgas extensiométricas o medidores especializados para deformaciones y determinar las reacciones debido a las cargas aplicadas.

Reproducir el prototipo de un tipo de armadura fue concepto fundamental del proyecto, pero, constituye una estructura que no es flexible para manejar diferentes situaciones geométricas y de forma que puede darse a la estructura y sobre todo presentarla con diferentes situaciones problemáticas prácticas que generen varias alternativas situacionales que respondan a soluciones cuasi optimizadas

Además, los materiales y equipo de medición incorporados al proyecto, responden a lo que existe en el mercado, lo cual puede ser conflictivo para el desarrollo de trabajos de inversiones limitadas y tipo abúlicos y que deben responder a una tecnología flexible y local y fácil mantenimiento y recambio.

El costo del equipo experimental fue de \$3596 en el año 2007 y en el cual no se incluye costos por mano de obra, logísticas ni de oficina, pero, evaluando los beneficios basado en ingresos económicos conceptuales o no en efectivo generan un TIR del 35% para una recuperación en dos años lo que representa la factibilidad del proyecto.

La inversión que requirió implementar el proyecto representa una onerosa inversión para sus desarrolladores y para la ESPE, sin embargo, para los fines puede resultar factible. Pero, sí el concepto es que el proyecto genere un proceso formativo para diferentes niveles o ciclos, donde, los costos deben ser asumidos principalmente por los grupos de estudiantes matriculados, el costo determinará que el proyecto no tenga factibilidad.

Por tanto, si el proyecto es para un proceso formativo de tipo áulico como es el desarrollado en la Tesis, debe conceptualizarse el desarrollo de la modelación de prototipos en base de materiales y tecnologías de bajo costo, enmarcado en sostenibilidad, flexibilidad, eficiente operación y fundamentalmente ser desarrollado con mano de obra principalmente del estudiante o poca intervención artesanal.

El proyecto de titulación en ingeniería mecánica es importante para estudiar fenómenos de tipo estructural y la incorporación de equipos para la experimentación, representa el desarrollo de un equipo didáctico en el área de las estructuras que se fundamenta en observar y medir cargas por reacciones en un determinado tipo de estructura metálica que es pertinente al marco teórico de la Tesis.

El aporte del proyecto a la tesis es pertinente y enriquece la investigación, sin embargo, la modelación de prototipos estructurales y los aprendizajes que son objetivos de la investigación, contempla e incorpora componentes adicionales como, aprendizaje por niveles cognitivos, bajas inversiones, flexibilidad para analizar otros fenómenos, analizar el comportamiento estructural

ante diferentes situaciones y cuantificarlas, materiales y tecnología del entorno inmediato.

Los componentes enunciados fueron desarrollados de forma integral y holística y evaluados no solo en el aspecto económico incluyendo la inversión sino, cuantificado como aporte a los aprendizajes lo que determina indicadores de novedad y creatividad que factibilizan el desarrollo de la investigación.

El marco teórico estudiado en los dos últimos ítems inmediatamente pasados, se han analizado enfocando dos escenarios. El primero relacionando la didáctica para el aprendizaje y la experimentación práctica en laboratorios o con equipos en las ciencias naturales o física, el segundo escenario estudiado aborda los equipos o prototipos desarrollados por diferentes autores e instituciones y su relación con los fines de la investigación que trata de la modelación física de prototipos de sistemas estructurales y su mejoramiento en los aprendizajes. Los escenarios permitieron argumentaciones y posturas que aportan a fundamentar la investigación desarrollada.

En el primer escenario se plantea de manera crítica los enfoques pedagógicos como el tradicionalista, señalando que los enfoques en los cuales el estudiante elabora su propio constructo representan un aprendizaje de tipo constructivista, significativo y experiencial, siendo válido su aplicación a las ciencias naturales y físicas donde la experimentación es la base fundamental de estudiar y pensar críticamente del comportamiento de los fenómenos que son del ámbito común de las ciencias técnicas.

Por tanto, la propuesta de desarrollar modelos físicos de prototipos que aborde el proceso cognitivo en etapas sistematizadas como, problemática, formulación creativa e innovadora de soluciones, evaluación para factibilidad, construcción y puesta en marcha, así como, la experimentación, validación académica-técnica, evaluación del aprendizaje y operación eficiente, proporcionan y

aseguran un proceso formativo consolidado a nivel de carrera y un profesional con competencias agregadas que tendrá ventajas competitivas para actuar en el medio aportando e impactando positivamente en la colectividad.

El segundo escenario aborda los equipos desarrollados y su relación con la temática de la investigación. De manera general los diferentes trabajos postulan la necesidad de la implementación debido fundamentalmente a la deficiencia en los aprendizajes por la falta o insuficiencia de laboratorios y equipos orientados a la experimentación en las ciencias naturales y física. La deficiencia es producto de altas inversiones que se requiere para disponer de equipos y laboratorios y, uso limitado en el horizonte temporal debido al rápido y continuo cambios tecnológicos, así como, por los diferentes estados de carga, materiales y formas que pueden tener una estructura en el contexto actual.

La problemática presentada en el segundo escenario es compartida por las diferentes Instituciones educativas a nivel nacional e internacional, generando equipos con características de bajo costo y materiales e instrumentos provenientes del mercado local; sin embargo, la mayor parte de estos desarrollos se conceptualizan con un espacio temporal muy limitado y no sostenible sino, direccionado directamente a un aporte puntual en el ciclo académico. Además, los desarrollos analizados de forma general no consideran la operación eficiente y validez académica y financiera.

Otro aspecto que fundamenta la postura de la investigación es que el desarrollo estudiado, generalmente se dirige a carreras de carácter de electrónica-eléctrica-mecatrónica o de ciencias básicas que caracterizan realizar experimentos de la física básica y no en relación con la parte de las ciencias física que aportan de forma cuasiprofesional a la arquitectura o ingeniería civil. Es decir, que a través de la experimentación se analice el comportamiento de fenómenos que fundamentan directamente las obras

arquitectónicas o de ingeniería relacionado con sistemas estructurales que sustentan las edificaciones.

El comportamiento y alcance descrito en el segundo escenario, valida, la postura de la investigación de generar un desarrollo basado en modelos físicos de bajas inversiones, operación eficiente y desarrollo participativo significativo y concienciado que haga sostenible y continuado el ámbito temporal-espacial la modelación física. Sostenibilidad que debe fundamentarse en la investigación, creatividad e innovación, debiendo validarse su impacto en el proceso formativo experiencial y experimental.

Otro aspecto del marco teórico que aporta a validar la investigación, tiene relación a la escasa producción o desarrollo de equipos o prototipos para las carreras de Arquitectura e ingenierías. De forma específica las carreras que curricularmente son parte de las ciencias técnicas, deben plantearse con el principio de la práctica experimental para observar e interpretar fenómenos físicos como el comportamiento de sistemas estructurales, lo cual constituye uno de los ámbitos de la práctica común de las ciencias duras.

Operación eficiente

El desarrollo de las edificaciones y específicamente el comportamiento de los sistemas estructurales se deben en parte a estudios experimentales pero, que han sido realizados en modelos de estructuras de tamaño igual al del prototipo, escala 1:1, es decir, el análisis se realiza a escala real con alto costos para la investigación (Vides D. 2006); sin embargo, si el comportamiento se analizara en un modelo a escala reducida con operación eficiente, las investigaciones podrían ampliarse, reducir costos, tiempos e incrementar y profundizar en el conocimiento producto de los experimentos.

La operación eficiente de los sistemas estructurales modelados se relacionaron con la teoría y leyes que sustentan los prototipos y

modelos de las dos estructuras modeladas, así como, por los materiales e instrumentos utilizados y evaluación financiera, aportando al desarrollo de los modelos y factibilizaron la implementación en el marco de la operación eficiente, mejoramiento en los aprendizajes y sostenibilidad.

académica-física-estática: fundación académica

Las carreras como arquitectura e ingeniería civil curricularmente tienen como uno de sus componentes principales los proyectos relacionados con los diseños y construcción de edificaciones en las cuales, los sistemas estructurales representan el sustento físico de la obra proyectada. Los currículos de las dos carreras mencionadas tratan en forma general de dos procesos temáticos formativos que son la técnica y lo social.

El área técnica aborda el desarrollo de proyectos tanto en la fase del diseño como construcción. Esta área técnica representa entre el 70% al 80% del currículo, mientras que las estructuras constituyen aproximadamente entre el 35% al 40% del área técnica. Los Syllabus de las carreras de arquitectura e ingeniería civil, abordan el estudio de los proyectos de edificaciones para el área de las estructura por etapas cognitivas y en base de asignaturas como: física, estática, dinámica, resistencia de materiales, análisis estructural y diseño estructural.

Los diseños y sistemas constructivos demandan curricularmente conocer el comportamiento de las estructuras para optimizarlos, por tanto, para interpretar este comportamiento, es necesario analizar críticamente indicadores estructurales como, forma, cargas, dimensiones, esfuerzos de reacción y sustentación, deformaciones, equilibrio y estabilidad de los sistemas estructurales. Los indicadores del comportamiento estructural responden al análisis de fenómenos físico-mecánico-estructural producidos en la edificación y que deben ser parte de procesos experimentales cómo señalan los mismos currículos.

La investigación abordó la práctica experimental de dos sistemas estructurales relacionados con equilibrio estático, analizando los fenómenos en base de las ciencias físicas y la mecánica de las estructuras.

El marco conceptual curricular para las carreras de arquitectura e ingeniería civil sustentada por el aporte del área técnica al proceso formativo del estudiante con enfoque curricular se describe en la figura 2.1 del anexo 1.

Fundamentación física-estática para edificios

Las estructuras han sido parte de un procesos para satisfacer las necesidades al hombre abordando, planteamientos, proyectando y construyendo edificaciones tan antiguas como el mismo ser humano.

Todo proyecto de estructuras aborda tres fases: planteamiento, proyecto y construcción según Norris, Ch. y Wilbur, J. (2012). La fase de planteamiento es la relacionada con necesidades, demanda y disponibilidad para seleccionar la alternativa estimada más conveniente. El proyecto significa detallar o diseñar a nivel de factibilidad la solución seleccionada y evaluarla en el marco sustentable y la construcción implica la ejecución del proyecto.

La física es una ciencia que trata de la interacción entre materia y energía, caracterizándose por ser una ciencia que basada en la observación y experimentación fundamenta los fenómenos físicos y los describe mediante modelos y leyes. La física clásica o Newtoniana aborda el estudio de la mecánica de los sólidos en la cual se enmarca los sistemas estructurales, definiéndosela como la ciencia que trata del equilibrio relativo y movimiento de los cuerpos sólidos, La mecánica de los sólidos en relación con los sistemas estructuras se describe por la estática, dinámica, resistencia de materiales, análisis y diseño estructural.

La Física aplicada a las estructuras se fundamenta principalmente en la parte curricular denominada como mecánica vectorial. La mecánica vectorial trata de los campos escalares y vectoriales relacionados con fuerzas y momentos aplicados a sólidos y especialmente a elementos como vigas. Esta mecánica analiza la resultante neta, resultante equivalente y momentos de cuerpos sometidos a cargas incluyendo el equilibrio de los sólidos, que es parte de la estática.

La estática constituye uno de los fundamentos principales teórico-práctico de las estructuras para que la edificación sea estable; por tanto, el manejo e interpretación adecuado del fenómeno físico que se presenta en la estructura debido a las cargas activas, será una garantía para optimizar y hacer eficiente la edificación.

Conceptualmente la mecánica se fundamenta en la interacción de espacio-fuerza-tiempo (Ver, P. Johnston, R. 2013). Los dos modelos físicos desarrollados se enmarcan en la investigación técnica-estructural del equilibrio estático de los cuerpos rígidos. La estática se define como parte de la mecánica clásica que estudia el equilibrio relativo o reposos de los cuerpos sólidos. Analíticamente el equilibrio estático ocurre cuando no existe fuerza ni momento flector resultante; este equilibrio, representa el principio básico para la modelación de los sistemas estructurales implementados.

Conceptualmente el marco analítico disciplinar del área técnica-curricular de las carreras de arquitectura e ingeniería civil y en la cual se responde el porqué de la experimentación y modelación desarrollada se describe en el flujograma o figura 2.2 del anexo 1.

Todas las carreras de arquitectura e ingenierías de características técnicas, integran en su currículo asignaturas como Física y Mecánica o Estática; además, las carreras de arquitectura e ingeniería civil de la Universidad laica y de la Universidad Guayaquil, direccionan la enseñanza de la física y de la estática a problemas

que son de la práctica común del ámbito profesional. Por tanto, las dos modelizaciones implementadas se enmarcan en la asignatura de la física correspondiente a la mecánica vectorial del equilibrio estático por carga-momento flector en estructuras tipo viga.

El proyecto de estructuras por dinámica estructural postconstrucción y mantenimiento tiene visión prospectiva, debiendo observar el comportamiento del sistema no solo por los fines proyectados sino, antes eventos que por normas son de carácter extraordinario o por modificación de los servicios proyectados. Por tanto, el análisis con el prototipo o modelo 1:1 es imposible de manejarse en la práctica para las situaciones presentadas; sin embargo, con modelos reducidos como los dos elaborados puede experimentarse e interpretar el comportamiento de la estructura ante las situaciones descritas y garantizar la estabilidad, comportamiento mecánico y alcances del sistema estructural proyectado.

La investigación se orientó a estudiar experimentalmente en el modelo de una viga el equilibrio estático bajo esfuerzos activos representados por fuerzas y momentos. Fuerza o carga es la acción de un cuerpo sobre otro, puede ser de origen externo o por su propia masa. Las cargas pueden ser concentradas o distribuidas según el área de contacto y generalmente se representa por $\vec{F}$. El equilibrio por momento flector ocurre si su resultante es igual a cero y se define como momento flector de una fuerza es la capacidad de la fuerza para generar un movimiento de rotación de la estructura alrededor del eje longitudinal de la viga. Generalmente se representa como $\hat{M}$.

La figura 2.3 del anexo 1, ejemplifica los tipos de carga y momento flector.

Equilibrio estático de los sistemas estructurales rígidos

Un sistema estructural rígido se lo define como aquel que prácticamente no se deforma y estará en equilibrio estático cuando

la suma de las fuerzas externas que actúan en el forman un sistema de fuerzas equivalente o que la resultante de las fuerzas externas es cero y no existe un par de fuerzas. Los modelos son:

$$\sum F = 0; \sum M_o = \sum r \times F = 0 \quad (2.1)$$

En función de las componentes de la fuerza y momento, los modelos son:

$$\sum F_x = 0; \sum F_y = 0; \sum F_z = 0; \quad (2.2)$$

$$\sum M_x = 0; \sum M_y = 0; \sum M_z = 0; \quad (2.3)$$

La ecuación 2.2 expresan que las componentes de las fuerzas en las tres dimensiones es cero; mientras que la ecuación (2.3), indica que las componentes de los momentos en los tres ejes es igual a cero, por tanto, la acción de las fuerzas externas no generan movimientos de traslación ni de rotación al sistema estructural.

Las estructuras se caracterizan por que las fuerzas externas incluyendo el peso propio generan una resultante equivalente conocidas como reacciones que se produce en los apoyos, asegurando el cumplimiento de la ecuación 2.1. Los apoyos son elementos de contacto-soporte de la estructura que reaccionan ante las sollicitaciones externas y peso propio de forma que aseguren el equilibrio estático estable. Los principales tipos de apoyos utilizados en los sistemas estructurales y de práctica común son tres, articulación simple, articulación doble y empotramiento, que se esquematizan en la figura 2.4 del anexo 1.

El apoyo simple se caracteriza por presentar una sola reacción perpendicular al plano del apoyo, siendo el caso de los modelos elaborados. El apoyo o articulación doble se caracteriza por presentar dos reacciones, la primera perpendicular y la segunda paralela al plano de apoyo. El apoyo tipo empotramiento es el más común en las edificaciones, presenta tres reacciones tanto a los movimientos de traslación como de rotación.

Otro aspecto importante del equilibrio lo constituye, la estabilidad estable e inestable, siendo la estable estáticamente aquella, que proporcionándole un movimiento regresa a su posición original, mientras que la inestable será la que proporcionando un movimiento a la estructura esta, sufre un desplazamiento sin volver a su posición original o falla (Singer 2009).

Un sistema estructural no puede resolverse si tiene más incógnitas producto de los apoyos que el número de ecuaciones disponibles. La estática dispone de dos ecuaciones señalada anteriormente como ecuación 2.1, correspondientes al equilibrio de fuerzas y momentos, por tanto, el número de incógnitas que pueden solucionarse para una estructura no excederá al número de ecuaciones disponibles. Cuando las ecuaciones de la estática resuelven la estructura ésta, es estáticamente determinada; pero, si el número de incógnitas excede a las ecuaciones disponibles, la estructura será estáticamente indeterminada o hiperestática, como se indica en figura 2.5 del anexo 1.

Las vigas se tratan como estructuras largas y prismáticas, clasificándolas de acuerdo al tipo de apoyo que sustenta la estructura, la luz se define como la distancia entre apoyos consecutivos. Para la clasificación se las divide de acuerdo a vigas determinadas e indeterminadas o hiperestáticas (McCorman, 2013). La figura 2.6 del anexo 1 describe la clasificación de las vigas por los apoyos soportantes.

Para determinar el equilibrio estático de un sistema estructural, el método consiste en analizar las características de la estructura relacionadas con la forma, apoyos, cargas y distancias, se relaciona el número de reacciones y ecuaciones disponibles por la estática, debiéndose cumplir con las ecuaciones 2.2 y 2.3.

Para sustentar los modelos generales estimados para aplicación a los dos modelos físicos desarrollados, los estudios de casos 1, caso 2 y caso 3 presentados en el anexo 1, resuelven problemas que son de práctica común en el ámbito de la arquitectura e ingeniería civil y basado en las bibliografías analizadas y sustentadas en las ecuaciones 2.2.

El análisis interpretativo del marco teórico de las estructuras y de los estudios de casos anteriores, fundamentó los modelos de la estática investigados y aplicados a los dos modelos desarrollados determinando que las cargas y distancias actuantes están relacionadas proporcionalmente de forma lineal con la intensidad que deben desarrollar las reacciones.

La reacción proporcional se evidencia en una viga simplemente apoyada con una carga F aplicada en el centro de la viga, cada reacción de los apoyos tomará el 50% de la carga actuante. En caso de tener varias cargas externas, se resuelve por superposición de efectos, considerando el signo por el sentido de la carga externa.

El cálculo de las reacciones utilizando la proporcionalidad se fundamenta en la ecuación de momento modificada en la cual, el momento de cada fuerza externa es el producto de la fuerza por el coeficiente que relaciona la distancia de la carga a la reacción que se está calculando y la distancia total de la estructura. El estudio de caso 3 del anexo 1, detalla el comportamiento proporcional para estimar las reacciones en una viga.

Modelos física-estática-matemáticos para sistemas estructurales en la operación eficiente

Los modelos físicos de prototipos de sistemas estructurales desarrollados están basados en el equilibrio estático y el cumplimiento de las ecuaciones 2.2 y 2.3. Las vigas modeladas están relacionadas con vigas simplemente apoyadas o en voladizo, las

cuales pueden estar sometidas a diferentes tipos de carga sean concentradas o distribuidas actuando en cualquier sección de la viga.

Una de las novedades científicas de la investigación aportada por el análisis crítico y postura adoptada con el estudio del marco teórico está representado por las ecuaciones estática-matemáticas que se desarrollan en base y directamente relacionados con los sistemas modelados pero, de aplicación general para diferentes situaciones semejantes, sean con modelos o en prototipos de la práctica común de las estructuras. Los modelos estática-matemáticos, estimados por el estudio se analizaron para cada uno de los modelos desarrollados.

Modelo para reacciones-Viga simplemente apoyada

El modelo teórico general desarrollado y aplicado al modelo de la viga, permite relacionar y validar los resultados medidos en el modelo durante el experimento. La ecuación final deducida representa un modelo general, posibilitando la resolución de este tipo de estructura a través de programa básicos computacional como Excel.

La función básica que relaciona las reacciones R con el sistema de cargas externas y distancias es:

$$R = \varphi(\text{fuerzas externas actuantes}, \text{distancias}, \text{posición de apoyos})$$

Las ecuaciones generales se describen como 2.4 y 2.5 y se desarrollan en detalle en el anexo 1, como estudio de caso 4 y extensiones caso 4.1, y 4.2 que trata diferentes posiciones de los apoyos.

Ecuaciones generales para vigas simplemente apoyadas en los extremos o en cantiléver

$$R_2 = \frac{\sum_{i=1}^{i=n-2} F_i L_i}{\sum_{i=1}^{i=n-1} L_i} = \frac{F_1 L_1 + F_2 L_2 + F_3 L_3 + F_4 L_4 + \cdots \dots + F_{n-2} L_{n-2}}{L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + \cdots \dots + L_{n-1}}$$

$$R_2 = \sum_{i=1}^{n-1} F_i \frac{L_i}{L_T} = F_1 \frac{L_1}{L_T} + F_2 \frac{L_2}{L_T} + F_3 \frac{L_3}{L_T} + \cdots \dots + F_{n-2} \frac{L_{n-2}}{L_T} \quad (2.4)$$

$$R_1 = \sum_{i=1}^{i=n-1} F_i = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + \cdots \dots + F_{n-1} \quad (2.5)$$

Dónde:

$$L_T = \sum_{i=1}^{i=n-1} L_i = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + \cdots \dots + L_{n-1}$$

i = dado por el número de cargas externas más las reacciones verticales

La carga i es la reacción que se determina con la ecuación. Por tanto,

para el cálculo se considera (i

– 1) fuerzas o distancias por ser una reacción o apoyo el centro de momento,

así como, de n cargas que incluye

las reacciones habrá (i – 1) distancias.

Modelo para momento flector-Viga simplemente apoyada

El momento estructural en un sistema, es el efecto de giro rotacional producida por una carga externa respecto a un eje o centro de momento (Hibbeler, R. 2011).

Los momentos pueden ser flector o torsor, según el eje de giro, esto es, paralelo o perpendicular al eje de la viga. El momento flector que es parte del objeto del estudio, se genera por cargas perpendiculares al eje de la viga, en la cual el eje de giro es normal al eje de la viga. Sin embargo, los apoyos por su naturaleza no generan momentos reaccionantes pero, impiden los movimientos

de traslación y rotación por las fuerzas reaccionantes para establecen el equilibrio estático.

La ecuación que calcula el momento flector es:

$$M_o = F(d)(2.6)$$

Dónde:

M_o , es el momento flector respecto al punto 0

F , es la fuerza actuante en la estructura perpendicular al eje de la viga

d , es la distancia perpendicular a la fuerza medida desde el eje de giro a la carga.

Para el modelo físico desarrollado, que aborda el estudio del momento flector, el momento o giro se produce por la acción de una carga externa, debiendo restablecerse el equilibrio colocando otra carga cuya intensidad depende de la distancia al apoyo o eje de giro.

Analizando la bibliografía disponible y accesible se determina que poco se ha trabajado respecto a la implementación de equipos y laboratorios para la parte técnica en las carreras de Arquitectura e Ingeniería Civil; específicamente para estudiar mediante experimentos el momento flector en vigas, no se evidencia haber desarrollados modelos físicos de prototipos.

Por tanto, partiendo del conocimiento conceptual que representa el momento flector e interpretando el comportamiento del fenómeno en la estructura, así como, los componentes de una edificación y la realidad del entorno, se crea y diseña el modelo físico de un prototipo estructural para estudiar la fenomenología y medir el momento flector basado en la viga simplemente apoyada.

La figura 2. 7 del anexo 1, describe el esquema de una viga simplemente apoyada que puede ser implementada en el laboratorio para evidenciar la acción del momento flector en una estructura debido a cargas, así como, la fuerza y distancias que deben manejarse para recuperar el equilibrio estático. El modelo permite que tanto las fuerzas como las distancias que relacionan el momento flector sean factibles medirse durante el experimento en el laboratorio.

Modelo estático-matemático para calcular/medir el momento flector

En base a la viga presentada en la figura 2.7, las ecuaciones estática-matemática para determinar el momento flector total actuante y equilibrante para el equilibrio estático se describen en las ecuaciones 2.7 y 2.8, mientras que la ecuación 2.9 describe la ecuación generalizada del equilibrio estático para la viga del equipo desarrollado.

Las ecuaciones deducidas permiten medir en laboratorio y con el equipo adecuado el momento flector, sin embargo, el equipo mide los momentos a través de determinar fuerzas y distancias del momento equilibrante.

$$M_0 = \text{Mom. actuante} = \sum_{i=1}^n F_i d_i = F_1 d_1 + F_2 d_2 + F_3 d_3 + \cdots \dots + F_n d_n \quad (2.7)$$

$$M_0 = \text{Mom. equilibrante} = \sum_{i=1}^n P_i e_i = P_1 e_1 + P_2 e_2 + P_3 e_3 + \cdots + P_n e_n \quad (2.8)$$



Momento actuante=Momento equilibrante

$$\sum_{i=1}^n F_i d_i = \sum_{i=1}^n P_i e_i$$

Dónde:

$M_0 = \text{Momento flector}$

F_i = Fuerza actuante

P_i = Fuerza equilibrante

d_i = distancia perpendicular a la fuerza actuante desde el eje de giro

e_i

= distancia perpendicular a la fuerza equilibrante desde el eje de giro

$$\sum_{i=1}^n F_i d_i = \text{Momento total actuante}$$

$$\sum_{i=1}^n P_i e_i = \text{Momento total equilibrante}$$

Sí, el momento flector equilibrante se realiza con una sola fuerza P, el modelo estático modificado para calcular la fuerza P que se requiere para el equilibrio es:

$$P_R = \varphi(F_i, d_i, e_R)$$

$$P_R = \frac{\sum_{i=1}^n F_i d_i}{e_R} = F_1 \frac{d_1}{e_R} + F_2 \frac{d_2}{e_R} + F_3 \frac{d_3}{e_R} + \dots \dots \dots + F_n \frac{d_n}{e_R} \quad (2.9)$$

El manejo y descripción de las variables indicadas en las ecuaciones 2.7 y 2.8 y su generalización se detallan a través del estudio de caso 5 del anexo 1.

Relación de escalas modelo-prototipo para la operación eficiente

El comportamiento del prototipo en relación con cargas y momentos se relaciona con las cargas y momentos que se desarrollan en el equipo desarrollado o modelo a través de la relación de escalas. La relación de escalas permite observar e interpretar las repuestas del modelo y determinar su comportamiento en el prototipo. Esta relación permite estudiar diferentes situaciones de cargas actuantes en el modelo y medirlos directamente y estimar dicho comportamiento en el prototipo.

Para los casos objeto de la investigación pero, generales para estructuras semejantes, la relación de escalas para el equilibrio estático son:

$$L_E = L_d = \frac{L_P}{L_m} = \frac{d_P}{d_m} \quad (2.10)$$

$$F_E = \frac{F_P}{F_m} \quad (2.11)$$

$$M_E = F_E L_E \quad (2.12)$$

Del marco teórico técnico analizado y la postura adoptada por la investigación, la relación de escala que puede manejarse en los equipos desarrollados se sugiere puede variar en los siguientes intervalos:

$$L_E = \frac{1}{5} \text{ a } L_E = \frac{1}{20} ; \text{para la escala de longitudes o distancias}$$

$$P_E = \frac{1}{10} \text{ a } P_E = \frac{1}{50} ; \text{para la escala de cargas o fuerzas}$$

Debe señalarse que los intervalos se enmarcan en uno de los fundamentos de la investigación que es, el modelo físico debe tener flexibilidad para manejar, interpretar y medir el fenómeno físicos-estática-matemático en el ámbito de la práctica profesional y la realidad que se presenta en una edificación.

Las longitudes que se manejan en vigas para una edificación son de 3 metros a 6 metros para materiales como hormigón y madera, mientras que para acero estas longitudes pueden estar alrededor de los 20 metros. Para las cargas, los códigos señalan variaciones en edificaciones entre 200 Kg. /m² a 500 Kg. /m². y en casos especiales como es el uso industrial o comercial puede ser 1250Kg. /m².

Sí, las ecuaciones 2.10 a 2.12 se relacionan con las ecuaciones 2.4 y 2.5 la relación de escala para fuerza o carga, momento o longitud, pueden ser escritas como describen las ecuaciones 2.13 y 2.14.

$$R_{E-2} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n-2} F_{E-i} L_{E-i}}{\sum_{i=1}^{i=n-1} L_{E-i}}$$

$$= \frac{F_{E-1} L_{E-1} + F_{E-2} L_{E-2} + F_{E-3} L_{E-3} + F_{E-4} L_{E-4} + \dots \dots \dots + F_{E-(n-2)} L_{E-(n-2)}}{L_{E-1} + L_{E-2} + L_{E-3} + L_{E-4} + \dots \dots \dots + L_{E-(n-1)}}$$

$$R_{E-2} = F_{E-1} \frac{L_{E-1}}{L_{E-T}} + F_{E-2} \frac{L_{E-2}}{L_{E-T}} + F_{E-3} \frac{L_{E-3}}{L_{E-T}} + \dots \dots \dots + F_{E-(n-1)} \frac{L_{E-(n-1)}}{L_{E-T}} \quad (2.13)$$

$$R_{E-1} = \sum_{i=1}^{i=n-1} F_{E-i} = F_{E-1} + F_{E-2} + F_{E-3} + F_{E-4} + \dots \dots \dots + F_{E-(n-1)} \quad (2.14)$$

Dónde:

$$L_{E-T} = \sum_{i=1}^{i=n-1} L_{E-i} = L_{E-1} + L_{E-2} + L_{E-3} + L_{E-4} + \dots \dots \dots + L_{E-(n-1)}$$

i = dado por el número de cargas externas más las reacciones verticales

La carga i es la reacción que se determina con la ecuación. Por tanto,

para el cálculo se considera (i - 1) fuerzas o distancias por ser una

reacción o apoyo el centro de momento, así como, de n cargas que incluye las

reacciones habrá (i - 1) distancias.

R_{E-2}: es la reacción vertical en el apoyo 2

R_{E-1}: es la reacción vertical en el apoyo 1

F_E y L_E: se definieron en las ecuaciones 2.10 y 2.11

F_{E-i} = $\frac{F_{P-i}}{F_{m-i}}$: es la relación de fuerzas o cargas "i" entre prototipo y modelo

L_{E-i} = $\frac{L_{P-i}}{L_{m-i}}$: es la relación de longitudes o distancias entre prototipo y

modelo.

El manejo, descripción y aplicación de las variables indicadas en las ecuaciones 2.10 a 2.14 y la formulación de las ecuaciones generales se detallan en el anexo 1 a través del estudio de caso 6.

En la práctica profesional de las edificaciones, las características que relacionan las escalas para cargas y momentos son iguales, en este marco la relación de escala para fuerzas y momento es:

$$F_E = L_E \quad (2.15)$$

$$M_E = F_E L_E = (L_E)^2 = (F_E)^2 \quad (2.16)$$

Dónde:

$L_E = L_d = \text{escala de distancias o longitud}$

$L_P = d_P = \text{distancia o longitud en el prototipo}$

$L_m = d_m = \text{distancia o longitud en el modelo}$

$F_E = \text{relacion de escalas para fuerzas o cargas}$

$F_P = \text{fuerza en el prototipo}$

$F_m = \text{fuerza en el modelo}$

$M_E = \text{relación de escalas para momento flector}$

Además las reacciones para escalas de fuerzas y distancias iguales y que son objeto del estudio considerándolo a escala reducida son:

$$R_{E-2} = \sum_{i=1}^{i=n-2} F_{E-i} = F_{E-1} + F_{E-2} + F_{E-3} + \cdots \cdots \cdots + F_{E-(n-2)} \quad (2.17)$$

$$R_{E-1} = \sum_{i=1}^{i=n-1} F_{E-i} = F_{E-1} + F_{E-2} + F_{E-3} + F_{E-4} + \cdots \cdots \cdots + F_{E-(n-1)} \quad (2.18)$$

Dónde:

$$L_{E-T} = \sum_{i=1}^{i=n-1} L_{E-i} = L_{E-1} + L_{E-2} + L_{E-3} + L_{E-4} + \cdots \cdots \cdots + L_{E-(n-1)}$$



Materiales e instrumentos

El desarrollo de edificaciones sustentables, demanda optimizar diseños, construcción y operación de edificios que son de competencia del Arquitecto e Ingeniero Civil. La optimización está relacionada con los diferentes componentes de la obra, en la cual los materiales constituyen un elemento fundamental del costo beneficio.

Históricamente los profesionales y técnicos que estudian las ciencias de los materiales han realizados grandes esfuerzos para obtener los materiales más convenientes para edificaciones, que se comporten de mejor manera antes los esfuerzos externos aplicados y, adicionalmente cumplan funciones de eficiencia ambiental, en los niveles de calor, sonido, energía, tiempo de construcción, otros, pero, considerando que a corto o mediano plazo generen rentabilidad.

Las primeras construcciones dependieron de materiales como madera, piedra, ladrillo y hormigón, aunque, el hierro fue utilizado en construcciones como las pirámides, su uso fue limitado por los procesos para fabricar el hierro, pero, se fortaleció y amplió su utilización con la revolución industrial (Norris, Ch. Willbur, J. 2012). Actualmente, el hormigón, acero, aluminio, madera, arcilla, piedra y plástico, son materiales de amplio uso en las edificaciones o prototipos, por tanto, el uso de estos materiales son representativos para utilizarlos en la modelación de prototipos.

Los objetivos y productos de la investigación está relacionado con estimar las fuerzas o momentos de reacción de la estructura en el marco del equilibrio estático, por tanto, las características del material en el modelo influyen en las limitaciones de carga soportantes, pero, no son elementos con características físicas como deformación, pandeo, tracción-compresión que deben ser modelados; sino, el modelo debe responder a efectos y productos que se reflejan por la respuesta de los apoyos estructurales que aseguren el equilibrio mecánico-estático del sistema estructural.

Los fines de la investigación y el estado actual del conocimiento determina que uno de los materiales más noble para manejar e interpretar la mecánica estática en edificaciones a través de modelos es el aluminio, por tener esfuerzos de resistencia, fluencia, rigidez, deformaciones y flexibilidad y tecnología constructiva que hacen factible su uso en la modelación; así mismo tiene otras ventajas como, costos, disponibilidad local y beneficio ambiental determinando de forma categórica el empleo como principal material para la modelación física de prototipos de vigas de las edificaciones.

Así mismo, si debe implementarse estructuras de soporte de equipos donde se requiere peso y dimensiones para ser estable como es el caso de bastidores, el aluminio no tiene las características para ser utilizado. En este contexto teniendo el hierro un peso específico tres veces el peso específico del aluminio este, constituye el elemento idóneo para ser utilizado como bastidor o marco soportante de la estructura modelada.

De la revisión bibliográfica y como aporte de la investigación se determina que la modelación de un prototipo estructural regido por las leyes de la estática debe responder a materiales con características física-mecánica semejante al aluminio, acero o hierro. El equipo conceptualizado y adaptado a las necesidades de la investigación responderá a una viga de aluminio, bastidor soportante de hierro, pesas con masas de hierro y sensores de acero.

Un aspectos poco analizado en los proyectos de edificaciones, es el comportamiento del fenómeno físico estático por situaciones especiales o poco común pero, factibles de presentarse en la vida útil de la obra, por ejemplo, pasar de uso residencial a uso industrial o comercial. El comportamiento mecánico-estático al modificar el uso proyectado, puede fácilmente evidenciarse en modelo reducido y planificar estrategias para manejar alternativas. Además,

debido a los objetivos de servicio y uso del edificio, este por sí mismo, no representa un prototipo con facilidades para prácticas experimentales o procesos de enseñanza-aprendizaje.

Otro aspecto fundamental que debe considerarse para la modelación de prototipos es la instrumentación para las mediciones y observaciones de fuerzas y momentos que describa el comportamiento estático. De manera general las edificaciones o prototipos no son instrumentadas para estimar esfuerzos en los componentes estructurales, determinando que no pueda adoptarse instrumentaciones semejantes en los modelos de los prototipos.

El control estructural de un edificio debe ser parte de la actividad postconstrucción pero, generalmente el seguimiento se realiza de forma visual o topográfica para analizar asentamientos y afectaciones en la mampostería o estructura; en cualquier caso, la edificación no se instrumenta ni mecánicamente ni electrónicamente para cuantificar conflictos de nivel estructural.

La falta de instrumentación en las edificaciones para estudiar el comportamiento estático, genera que el modelo del prototipo se proyecte en base de instrumentos alternativos para analizar el equilibrio estático estructural. Generalmente estos instrumentos alternativos son de aplicación para mediciones en otras situaciones pero, adaptándolos permite utilizarlos en el modelo para medir parámetros estáticos que caracterizan la estructura.

El principio básico utilizado por los instrumentos para la medición de esfuerzos relacionado con la estática, es la deformación de un cuerpo, comparación de masas o el manejo de corriente en circuitos. Los instrumentos alternativos disponibles en el mercado son de tipo mecánico, mecánico-digital y sensores que se diferencian por la tecnología utilizada y el costo del instrumento.

La inversión por los instrumentos de medición influye en la factibilidad del proyecto y limita el desarrollo de modelos de prototipos. Así mismo, otras características que deben considerarse para seleccionar los instrumentos son el nivel tecnológico para su elaboración y la disponibilidad en el mercado.

La figura 2.8 en el anexo 1, describe los medidores de fuerza mencionados.

La factibilidad de la investigación se fundamenta en el desarrollo de equipos para laboratorios con operación eficiente, en este contexto el instrumento con mayor facilidad de observación, confiabilidad-aproximación en la medición; así como, bajo costo, existencia en el mercado local y sobre todo de fácil adaptación al equipo a desarrollar, son los dinamómetros de tipo digital, que comúnmente son utilizados en la actividad comercial para determinar pesos.

El análisis del marco teórico señalado en el ítem, determina que poco se ha realizado con modelos a escala reducida y por consiguiente en el conocimiento en esta temática, sin embargo, es evidente que trabajar con modelos a escala reducida representa una opción factible, amplia y fundamentalmente que no solo aporte al campo profesional sino al proceso formativo del estudiante de las carreras de Arquitectura e Ingeniería.

Por tanto, modelar prototipos estructurales con operación eficiente es la forma idónea para observar, interpretar y estimar el comportamiento y respuesta a la acción de cargas y momentos a que está sometida la estructura en el campo de la realidad y competencia del Arquitecto o Ingeniero. Pero, fundamentalmente y de acuerdo al principal objetivo de la investigación es generar el aprendizaje del estudiante en un ambiente constructivista participativo experiencial y experimental de forma creativa e innovadora y fundamentada en la investigación científica.

Evaluación financiera

La investigación es una aportación de descubrimiento de algo o un aporte científico al ambiente incluyendo los procesos cognitivos; los resultados en las ciencias sociales pueden ser validados en su significación a través de confrontar las hipótesis planteadas. Sin embargo, en ocasiones para cierto tipo o parte de la investigación y variables intervinientes, la novedad del estudio y validez investigativa, pueden ser determinados relacionando causa y efecto para estimar indicadores académicos de eficiencia o financieros como beneficios y costos. Estos indicadores, deben ser manejados adaptando, modificando y creando procesos que permitan su estimación y pertinencia de novedad aportante del estudio.

El estudio responde a investigación de tipo social que tiene por objetivo el desarrollo del aprendizaje por efecto de dos estrategias, siendo una, el desarrollo de los modelos con operación eficiente; esta variable se valida por sostenibilidad y factibilidad, en este caso para la factibilidad, el beneficio será estimar el incremento económico en el profesional por el mejoramiento de los aprendizajes y el costo será los valores económicos invertidos por la estrategia sean estos por enseñanza, mantenimiento o equipamiento. En este marco, el método fundamentado en la evaluación financiera y económica puede proporcionar indicadores de factibilidad positivo o negativo como producto del aprendizaje-ingreso mejorado.

Una evaluación financiera tiene como objetivo definir la bondad de un proyecto, expresado a través de indicadores monetarios, trata de medir la rentabilidad del proyecto y la cuantía total de utilidades que los inversionista esperan del mismo (Arboleda, V. 2009).

Conceptualmente el beneficio neto de la investigación debe interpretarse como, el costo total por el desarrollo de los modelos, por ejemplo, valor de equipos, Instructor, mantenimiento, entre otros,

y el rendimiento de dicha inversión representada por ejemplo por mejoramiento en aprendizajes que genera un recurso humano mejor formado y económicamente mejor remunerado.

El flujo de beneficios netos o flujo de caja representa el elemento principal de sistematización y operabilidad para establecer la factibilidad de lo analizado; sin embargo, para establecer el flujo debe tenerse en cuenta ciertas consideraciones formales y conceptuales como lo señala Córdoba, P. (2006) que se describen a continuación y que se detallan por representar factores intervinientes en la investigación desarrollada.

Tipos formales:

Ordenación de costos y beneficios: incluye dos aspectos.

El primer aspecto relacionado con período y momento, siendo período el lapso entre un momento inicial y un momento final. El primer aspecto abarca la norma en que el momento se le asigna los costos y beneficios, dónde el costo de inversión es el momento o tiempo cero y los demás como reposiciones en el tiempo o momento que ocurran, mientras que los costos y beneficios son asignados en el momento o tiempo final de cada período.

El segundo aspecto se relaciona con definir el horizonte del proyecto. Los estudios generalmente tienen horizonte entre 5 y 25 años. Para el estudio en base a la vida útil del proyecto y marco laboral se estima 25 años el horizonte del proyecto.

Tipo Conceptual:

Relacionado con la consideración conceptual se le asigna dos aspectos de análisis:

El primero relacionado con los escenarios para beneficio y costo, que generalmente son las situaciones sin proyecto y con proyecto.

El segundo aspecto está relacionado con la forma de manejo de los principales costos y beneficios. Este aspecto considera, costos y beneficios de oportunidad, costos causados, costos contables y supuestos de proyección.

Como lo señala Rojas, L. (2008), la evaluación financiera representa un proceso que genera indicadores para la toma de decisiones, esto es, si se hace o no la inversión o se lo aplaza.

Para la investigación el beneficio en el proceso cognitivo está determinado por el mejoramiento en los aprendizajes del estudiante y lo que se evalúa financieramente es hacer equivalente ese beneficio cognitivo en valores económicos por competencia y desarrollo profesional-laboral del Titulado y, el costo que tiene implementar los medios físicos y recursos humanos para ejecutar y desarrollar dichos medios.

Los criterios de evaluación de manera general son:

B/C –Razón beneficio-costo

TIR –Tasa interna de retorno

VAN -Valor anual o presente neto

VFN –Valor futuro neto

TDO -Tasa de descuento o de oportunidad

CAE –Costo anual equivalente

PRI – Período de recuperación de las inversiones

Los criterios de B/C y TIR son los más utilizados para evaluar proyectos de tipo técnico, sin embargo, en base de las características de la

investigación y los tipos de beneficios y costos, el criterio B/C se aplica para el proceso de evaluación.

El criterio de beneficio-costo llamado también índice de productividad es la razón del valor equivalente de los beneficios respecto al valor equivalente de los costos, el valor equivalente puede ser valor presente VAN o valor futuro VFN, siendo el más utilizado el valor presente. La ecuación para el B/C es:

$$\frac{B}{C} = \sum_{i=1}^n \frac{\text{Beneficios del proyecto en valor presente}}{\text{Costos del proyecto en valor presente}}, \text{ o} \quad 2.16$$

$$\frac{B}{C} = \frac{VP(B)}{I + VP(O\$M + C_{in-momen})} \quad 2.17$$

Dónde:

B: beneficio

C: costo

VP (B): beneficio en valor presente

I: costo inicial o de inversión en el año cero

VP(O\\$M + C_{in-momen}): costo de operación y mantenimiento + todos los costos que ocurren después de la inversión inicial exceptuando O\\$M, a valor presente

El valor actual neto VAN representa la suma de todos los valores intervinientes pero, llevados a un tiempo fijo que es el inicio del proyecto (Ayres, F. 1997).

El indicador de B/C describe un resultado para tomar decisiones y factibilizar el proyecto:

B/C > 1; el proyecto es recomendable

B/C < 1; el proyecto no es recomendable

B/C = 1; no existe rentabilidad, los beneficios son iguales a los costos

Normalmente es aceptable que el B/C no sea inferior a 1,1, lo cual indica que por cada unidad monetaria de inversión se recupera 1,10 unidades monetarias.

Aprendizaje práctico-experimental

El aprendizaje práctico experimental representa la variable independiente de la investigación, analizada en dos contextos, el primero por la caracterización de los laboratorios para el aprendizaje experimental de las ciencias físicas y segundo por el proceso formativo con la práctica experimental.

Caracterización de los laboratorios para el aprendizaje experimental

La caracterización de laboratorios y sus componentes para experimentar sistemas físicos se planteó en términos de conocer el problema, requerimiento de laboratorios y de práctica experimental para las ciencias físicas con énfasis en los sistemas estructurales. Los factores analizados aportan directamente a la postura teórica adoptada para los objetivos de la investigación.

Problemática

En la actualidad la ciencia moderna caracteriza su desarrollo en la aplicación de la observación y experimentación que son métodos de investigación empírica activa, aunque, en la actualidad la experimentación es el método más aplicado debido, a que empleando solamente la observación no es posible cumplir con todas las fase que demanda el conocimiento de las ciencias y especialmente de las ciencias naturales en las cuales se ubican las ciencias físicas y a su vez las ciencias de la ingeniería estructural (Crespo, E. 2008).

Así mismo, partiendo del principio que las Ciencias Físicas son ciencias experimentales y que por principio físico se conceptualiza a

la física sustentada en la observación y experimentación, se concluye que principalmente los métodos de observación, experimentación, deductivo son de aplicación a la enseñanza-aprendizaje que demanda la práctica experimental para el proceso formativo del estudiante de Arquitectura e Ingeniería.

Lo afirmado se fundamenta en lo señalado por Aristóteles quien fue el único pensador de la antigüedad que relación el pensamiento deductivo con la experimentación, al aplicar el proceso experimental como medio coyuntural para descubrir y comprobar las hipótesis de planteadas por las ciencias deductivas y desarrollar el conocimiento como parte básica de la actividad científica. Por tanto, Aristóteles es considerado como el precursor del nuevo enfoque metodológico científico para investigar la física que en aquel tiempo se le atribuía el estudio de la naturaleza.

Así mismo, la aplicación del proceso experimental para la Arquitectura e Ingeniería se sustenta en los desarrolladores del Estudio de las Teorías Materialistas del Conocimiento los cuales señalan que: atribuir un problema como una verdad objetiva al pensamiento humano fuera de la práctica, es clasificarlo como subterfugio filosófico y escolástico para intentar resolver el problema gnoseológico fundamental al margen de la práctica. Sí, la práctica confirma la verdad última y objetiva de la problemática, es determinante que esta práctica es la única que lleva a la verdad objetiva de la ciencia.

La problemática expuesta es conducente que las ciencias experimentales y la verdad objetiva de la teoría de los sistemas estructurales se fundamenten en la práctica experimental a fin de alcanzar los logros para el verdadero aprendizaje de las ciencias estructurales y, que tendrán valores agregados en la medida que la experimentación incluya la modelación física de los equipos a experimentarse para el análisis de los fenómenos físicos que son parte de la práctica común preprofesional y profesional en relación con los sistemas estructurales aplicados a las edificaciones.

Las prácticas de laboratorio representan un desafío constante, tanto en su incorporación idónea en la planificación curricular como, a la didáctica de las ciencias por la forma como debe ser desarrollada para cumplir con objetivos, metas y productos que demanda el currículo institucional docente-académico. Adicionalmente, actualmente es indudable la importancia del laboratorio en plantear soluciones a problemáticas relacionadas con el desarrollo de la industria aportando con facilidades y recursos optimizados para la experimentación, control y descubrimiento (Lugo, G. 2006).

Sin embargo, a pesar de que la comunidad académica está consciente de la problemática relacionada con la práctica experimental, se tiene poca documentación especializada a fin de problematizar y discutir el tema y fundamentalmente presentar opciones validadas que permitan superar el problema, lo cual se agrava cuando se analiza cuántas de estas soluciones se sustentan en la operación eficiente y modelación física en el campo de las teorías de las estructuras.

La problemática por la deficiencia de laboratorios y equipamiento adecuado se tiende a justificar por las inversiones que requieren, así como, por los costos para la operación y mantenimiento, pero, además, aquellas instituciones que disponen de cierto equipamiento, se ven afectados debido a la forma como se adquiere este equipamiento normalmente de empresas especializadas, generando que se limite la vida útil, altos costos por mantenimiento y la flexibilidad para el manejo y la realización de experimentos que puedan realizarse y, fundamentalmente no presentan valores agregados y competencias para el estudiante-profesional.

Demanda de laboratorios para las ciencias física

Para la ciencia moderna, una de sus características fundamentales es la manera, mecanismo y estrategias para la transmisión de

conocimientos y la profesionalización que debe fundamentarse en la investigación científica (López, G. Et al. 2009).

Para cumplir con la demanda de la ciencia de la física debe señalarse que el laboratorio y equipamiento representa una estrategia didáctica fundamental como se estableció en la segunda mitad del siglo XIX en las escuelas de ingenierías en la cual aparece el laboratorio como eje central formativo del profesional.

Retrospectivamente la práctica experimental formal en ámbitos tipo laboratorio se originó con las ciencias médicas y biológicas como una respuesta a la importancia de aprender y fortalecer mediante la práctica las características y el comportamiento de los componentes del principal actor de la naturaleza, posteriormente se hizo necesarios desde algunos enfoques complementar la enseñanza teórica con la práctica experimental, dando surgimiento de manera formal los laboratorios para las ciencias naturales e incluyendo las ciencias físicas.

La concepción y demanda del laboratorio y la práctica experimental se relaciona directamente con la necesidad del servicio académico que demanda el proceso formativo del estudiante, investigación o venta de servicios, lo cual determina el equipamiento y recursos humanos que demanda el laboratorio; sin embargo, a pesar de estar claramente definido que el tipo de equipamiento y del laboratorio depende del fenómeno a analizarse, el desarrollo de estos laboratorios se realizan instrumentándolos y equipándolos con productos provenientes de la adquisición o compra a empresas especializadas, limitando procesos cognitivos de creación e innovación.

El laboratorio es un ámbito físico como un aula o dependencia de un centro público, privado o mixto, para realizar trabajos técnicos o tecnológicos, investigaciones, experimentos y prácticas diversas de carácter científico pero, equipado con instrumentos de medidas y

equipos o generadores de fenómenos para realizar experimentos, investigaciones o prácticas diversas, de acuerdo a los fines de la ciencia analizada.

Los laboratorios deben ser comprendidos como un proceso de investigación donde deben estar contemplados, la planificación de experimentos, previsión de resultados y confrontación entre los resultados obtenidos y los esperados (Barrolli, E. 2010). Sin embargo, es válido se señale que la investigación puede relacionarse con procesos de creación e innovación como es el caso de el desarrollo de los modelos físicos y operación eficiente.

Generalmente los laboratorios son para fines académicos, investigativos y venta de servicios incluyendo poder abordar dichos fines de manera individual o grupal (Calero, M. 2004).

Las características del campo de acción profesional en las ciencias de la ingeniería y arquitectura caracterizan una intervención en el ambiente de manifestación principalmente de tipo relacionado con la física sea en aspectos básicos o profesionalizantes como son: la física, la mecánica de los materiales, sistemas estructurales o sistemas hídricos, determinando el estudio de fenómenos físicos que deben entenderse no solo desde la teoría o tarea práctica bajo problemas sino, principalmente deben ser objetos de práctica experimental que conceptualice y entienda el comportamiento fenomenológico para lograr productos agregados y aprendizaje significativo, pudiendo afirmarse que la práctica experimental sirve a la teoría científica (Flores, J. 2009).

Las ciencias duras como la Arquitectura e Ingeniería se conceptualizan y fundamenta la enseñanza de la ciencia, abordando en su formación la teoría y la práctica. Los currículos de las carreras de Arquitectura e Ingeniería de manera general se sustentan en tres grandes áreas que son, la técnica, proyectos y sociales o humanistas, señalándose en dichos programas un proceso

formativo sustentado o que tiene como eje central la práctica experimental utilizando laboratorios y equipos idóneos.

Los laboratorios requieren ser debidamente equipados ya que representan componentes formativas de temáticas de ciencias básica en asignaturas como física y matemáticas y ciencias profesionalizantes que aborda asignaturas como estructuras, construcción, sanitaria, suelos, comportamiento de materiales, ambiente, hidráulica, comunicación, proyectos, entre otras

Enfatizando el requerimiento del objeto de estudio, el área de los sistemas estructurales para edificaciones aborda y desarrolla temas relacionadas con la física, mecánica vectorial, estática, dinámica, resistencia de materiales, análisis y diseño de estructural(Arcos, O. García., G. Et al. 2009); por tanto, todas las asignaturas demandan de un componente práctico formativo en el cual la estrategia de uso del laboratorio es fundamental no solo para la docencia sino, también para la investigación y la venta de servicios, señalando que la investigación y la venta de servicios es coyuntural también para la formación y competencia profesional.

En el contexto demandado por el análisis de sistemas estructurales estáticos, los laboratorios deben abordar prácticas, experimentos, investigaciones y servicios profesionales relacionados con la mecánica vectorial, equilibrio y comportamiento por momento flector de los sistemas en estructurales de edificaciones. El estudio del equilibrio estático, abarca el análisis de reacciones y momento flector que deben enfocarse tanto por el marco teórico pero fundamentalmente práctico-experimental, lo cual demuestra la importancia de aplicabilidad de la investigación.

La importancia de los laboratorios y la práctica experimental que se han descrito para las ciencias físicas y los sistemas estructurales para edificios, fundamentan la necesidad curricular que el proceso formativo del Arquitecto e Ingeniero se aborde con laboratorios

equipados para manejar e interpretar de manera experimental fenómenos como reacciones y momentos que se producen en vigas.

Los fenómenos físicos debido a la acción de cargas vivas y muertas por la presencia de seres vivos, masa propia y mobiliario que actúa en la estructura genera en la misma, esfuerzos de reacción para mantener el equilibrio estático estable. Estos esfuerzos, pueden estudiarse mediante modelos que se evalúan cualitativa y cuantitativamente en laboratorios para interpretar fenómenos y consolidar los aprendizajes en el área de las estructuras para edificaciones que son de competencia para el estudiante y profesional de la Arquitectura e Ingeniería Civil.

A pesar de las necesidades formativas del estudiante y profesional en las ciencias de las estructuras que se han descrito y que están señaladas en los programas curriculares de las carreras de Arquitectura e Ingeniería, la existencia de laboratorios para la ciencia mencionada es muy relativa y, prácticamente inexistente para abordar el análisis experimental y experiencial de sistemas estructurales estáticos, generando deficiencia en los aprendizajes para interpretar y comprender el comportamiento mecánico de la estructura.

La problemática en los aprendizajes y la importancia de tener laboratorios para el análisis experimental de las ciencias de las estructura y la estática determina la necesidad de implementar la modelación física como un aporte didáctico estratégico para fortalecer y consolidar el proceso formativo y desarrollar competencias para manejar y optimizar las edificaciones en el entorno de la realidad en tiempo, espacio y sostenibilidad.

Conflictos en laboratorios para la práctica-experimental de sistemas estructurales

Los requerimientos idóneos de funcionamiento del laboratorio en relación con su equipamiento, inversión, costos de operación y mantenimiento e infraestructura física y académica, genera conflictos o limitaciones para su desarrollo.

Relacionando las limitaciones a los objetivos de la investigación, la falta total o parcial de equipamiento para el manejo de fuerzas y momentos equilibrantes se agrava con la forma tradicional de la docencia que no permite la investigación e innovación que determine el aprendizaje experimental y experiencial del estudiante y cumplir con el principio de aprender haciendo (Golombek D. 2008).

Así mismo, la falta de laboratorio y adecuado equipamiento para sistemas estructurales en equilibrio, no permite la activa participación del estudiante para construir su propio conocimiento y limita su aprendizaje significativo (Cruz, J. 2011).

Las deficiencias parcial o total en los laboratorios determinan las siguientes limitaciones:

Entender y manejar el comportamiento de sistemas estructurales en edificaciones por la observación y experimentación

Desestibar el interés del estudiante por el análisis científico de los sistemas estructurales al no disponer de una estrategia didáctica fundamental

Limitar el proceso formativo del estudiante y su incidencia en la competencia y especialización profesional que demanda las ciencias duras en la temática del manejo de fuerzas y momentos

Limita la participación del estudiante para construir su propio conocimiento en base del experimento

Cumplir realmente con los objetivos, metas y productos señalados en los currículos académicos

Limitar investigaciones y proyectos de aula y profesionales

Insuficiente desarrollo de conocimientos conceptual, procedimental y actitud en el estudiante (Cardona, F. 2013)

En el contexto de la titulación profesional por áreas de conocimiento, algunas universidades en el Ecuador en los últimos cinco años han intensificado la integración de las carreras de Arquitectura e Ingeniería en una sola Facultad. La premisa de la integración se debe a que los productos profesionales son complementarios, además, facilita, fortalece y optimiza el uso y servicios de laboratorios para analizar estructuras. Sin embargo, la integración no ha producido el desarrollo de los laboratorios sino, que la especialización genera mayores inversiones y sesga fines conceptuales como, el Arquitecto analiza el comportamiento mecánico de la estructura, mientras que el Ingeniero Civil prioriza el cálculo estructural.

Una de las características limitantes de los laboratorios técnicos para sistemas estructurales, es que están más relacionados con el comportamiento de materiales por esfuerzos y deformaciones y no para analizar el comportamiento mecánico estático, esta limitación se explica debido a que la resistencia de materiales está orientada a la comprobación del diseño de materiales y servicios profesionales.

Otra característica limitante de los laboratorios técnicos y equipamiento mencionados está relacionada con experimentos o ensayos con elementos tipo prototipo, por ejemplo, ensaya vigas, viguetas y columnas con el mismo material del componente estructural del prototipo sea hormigón o acero u otros, es decir, se orienta a la dinámica de los materiales.

Las limitaciones mencionadas para los laboratorios y su equipamiento, impactan en el proceso cognitivo del estudiante y la formación de un profesional competente, especializado, innovador e investigador está influenciado por diferentes parámetros social, económico y Talento humano, entre los cuales deben mencionarse:

Inversión

Recurso humano

Visión académica de la realidad y el entorno

Conocimiento y cultura para aprovechamiento de materiales y tecnologías locales con bajo costo, que aborde la operación eficiente

Deficiencia en el desarrollo de investigaciones formativas y profesionales orientadas al equipamiento de laboratorios

Costos de operación y mantenimiento

Costos de actualización para adaptarse a la dinámica de los procesos y sistemas científicos-tecnológicos de los componentes productivos y desarrollo de la comunidad

Los conflictos mencionados han generado que los laboratorios y la práctica experimental no solo, se direccionen para la enseñanza y la investigación sino, sean el espacio para las oportunidades de dar servicio a empresas, industrias y centros tecnológicos que incidan en ingresos económicos por los laboratorios.

En la actualidad los laboratorios y la práctica experimental se ha visto fortalecido para un área características de las ciencias duras como son los desastres naturales y antrópicos, incluyendo por ejemplo, los sismos, inundaciones, sequías, estabilidad de taludes que en las últimas décadas han sido mayormente evidenciadas en el desarrollo de la colectividad, creando una cultura de la gestión de riesgos y una oportunidad para desarrollar, equipar y estrategias adicionales como la creación de equipos para acometer el área de riesgo.

Además, las características socioproductivas y el desarrollo industrial determinan la necesidad de implementar el laboratorio y las prácticas experimentales con enfoque instruccional que sea congruente con la realidad socioeconómica del país (Alonzo C. 1990).

Todos los conflictos mencionados y enfoque requerido señalado en los tres párrafos últimos inmediatos, tienen su origen o son generados por distorsiones tanto en fenómenos de corte físico como realidad del entorno. Estos conflictos, impactan finalmente de forma negativa en la principal obra o razón de ser y competencia de la Arquitectura e Ingeniería que es la infraestructura física urbana-rural y desarrollo sostenible, redundando en el principal componente humano-socioeconómico que es la edificación que se sustenta en los sistemas estructurales.

El trabajo práctico-experimental en el laboratorio

La necesidad de que los estudiantes realizaran trabajos prácticos fue propuesto aproximadamente hace 300 años por John Locke pero, fue alrededor de 1900 en que se incluyó de forma oficial en currículos de Inglaterra y Estados Unidos y, desde esa fecha los trabajos prácticos se ha mantenido en las programaciones curriculares; sin embargo, estos trabajos prácticos relacionado con la práctica experimental de sistemas estructurales aparecen posteriormente como parte de las escuelas de ingeniería y orientados a pruebas de física básica, resistencia de materiales e hidráulica.

Los laboratorios y su equipamiento, fundamentan su existencia a través de lo que inicialmente se denominó y oficializó como trabajo práctico que, conceptualmente responde a la necesidad de mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje combinando e integrándolos tres tipos de trabajo práctico que fueron descritos por Woolnough, B. y Allsop, T. (1985), trabajos que lo definieron en base al desarrollo de habilidades como:

Ejercicios: El objetivo es incidir en el estudiante en su desarrollo cognitivo de técnicas y destrezas prácticas, por ejemplo, calcular las reacciones para una viga sometida a cargas puntuales

Investigaciones: tienen por objetivo analizar ámbitos problemáticos del entorno real y aplicar la capacidad científica del estudiante a estas situaciones, por ejemplo: determinar el comportamiento de una viga construida y determinar su comportamiento al cambiar la posición o tipo de carga.

Experiencias: Generalmente se relaciona con la demostración de fenómenos naturales

La demanda de mejorar y actualizar el proceso formativo del estudiante a los escenarios espaciales y temporales determina implementar estrategias y métodos a fin de alcanzar los objetivos curriculares y requerimientos de la sociedad, en este contexto y de acuerdo a lo demandado por las ciencias de la Arquitectura e Ingenierías, se ha desarrollado en el marco de los trabajos prácticos lo que se denomina como práctica experimental fundamentado en la estrategia de los trabajos prácticos(Séré, M. 2002).

Caracterizando la planificación curricular de la carrera de la Arquitectura, debe señalarse que ésta se fundamenta de forma general en dos áreas, la de diseño que se maneja directamente a través de talleres y la técnica que involucra aspectos teóricos y prácticos, en ambas áreas se identifica la intervención y pertinencia de los trabajos prácticos en su integridad con los componentes de ejercicios, investigación y experiencia pero, siendo preponderante la práctica experimental en el área técnica.

Así mismo, a nivel de la carrera de ingeniería civil las prácticas de laboratorios pueden asemejarse a asignaturas que se manejan como talleres en la carrera de Arquitectura, aunque la práctica experimental es común para las carreras en áreas como estructuras, construcción, física, otras, siendo de pertinencia directa de la

práctica experimental relacionadas con las ciencias físicas (Ferney, W. 2004).

En base a lo señalado en los dos párrafos inmediatamente últimos anteriores, debe señalarse que la práctica experimental representa específicamente una estrategia para desarrollar de forma general dos grandes componentes del quehacer académico-científico - laboral que son:

Desarrollar capacidades motrices y cognoscitivas

Demostrar y entender de forma práctica experimental las teorías fenomenológicas estudiadas

Incentivar los procesos de creatividad, innovación e investigación del estudiante al ser capaz no solo de utilizar el equipamiento del laboratorio para observar y experimentar con los equipos disponibles sino, tener la oportunidad estudiante-docente de crear equipamientos para los distintos fenómenos propias de la carrera pero, con el valor agregado de enmarcarlos en materiales, instrumentos y tecnología local, es decir, incorporando la operación eficiente

Laboralmente las prácticas experimentales no solo pueden ser orientadas a necesidades académicas-científicas-innovación sino, pueden ser aprovechadas para desarrollar servicios como es monitoreo, evaluaciones, determinaciones de características mecánicas y otros servicios que demanda el mercado externo a la Universidad, posibilitando tanto el ingreso económico como la experiencia extra-universidad que reforzará la misión y visión de la Institución y que en el estudiante-egresado de la carrera impactará positivamente en lo cognoscitivo e ingreso económico.

Debe señalarse que los laboratorios de ciencias y la práctica experimental se conceptualizan como una estrategia irremplazable en la que el estudiante comprenda y aprenda como también hacer y aprender a hacer y en el cual se generen resultados como:

Comprender y aprender: conceptos, leyes, modelos, razonamientos específicos

Hacer y aprender a hacer en los cuales pueden mencionarse, realizar experiencias mostrando un cierto número de realidades, rehacer experiencias mejorando el contexto anterior o contextualizándolos en situaciones conceptualmente semejantes, aprender a usar el conocimiento teórico aprendido para abordar y resolver la problemática de un proceso completo de investigaciones

Por tanto, la práctica experimental en el laboratorio conceptualiza componentes intelectuales-académicos como comprender y aprender pero, aborda también metodológicamente la acción y realización, lo cual determina que este tipo de práctica implica, toma de decisión, discusión, análisis, juicio e iniciativa, todo lo cual, está relacionado con investigación, creación e innovación, que representa los objetivos integrados de la práctica experimental en laboratorios y es parte de la investigación desarrollada.

Los procesos históricos del desarrollo científico y la demanda de fortalecer la enseñanza-aprendizaje y adecuarlas a los escenarios socioeconómicos-ambientales ha permitido que los entes estatales de Rectoría de la academia a través de las Instituciones de Educación Superior pública y privada, integren de forma obligatoria en sus programas curriculares para las ciencias de características técnicas los laboratorios idóneamente equipados y realizar experimentos que describan, conceptualicen y permitan entender los diferentes fenómenos y problemáticas que se presenta en la carrera.

Estos escenarios espaciales y temporales del desarrollo geoeconómico-científico ha planteado que los laboratorios sean equipados y orientados a desarrollar procesos de investigaciones y otros servicios que conceptualizan, por qué la existencia de laboratorios y su utilización tanto para aspectos académicos como

investigativos, aportando como generador organizador y planificador de procesos de desarrollo sostenibles.

El proceso formativo y la práctica experimental

Las exigencias académicas actuales determinan que el docente imparta un proceso didáctico brillante, pero siempre se hará la pregunta ¿qué aprendieron los estudiantes?, la cual será contestada con la evaluación aunque, el contexto de esta evaluación puede determinar las características del aprendizaje como, conocimiento, significativa o experiencial (Golomek, D. 2008).

La enseñanza-aprendizaje basada en la práctica experimental es producto de interacción de relaciones sociales en las cuales actúan estudiante-docente-especialistas-fuentes de información, teniendo al docente como el administrador del proceso, ejecutado metodológicamente de forma sistémica y organizada por etapas(Crespo, E. 2008).

Relacionando con los sistemas estructurales lo señalado por Crespo, E. la primera etapa está representada por el plano instructivo de modelar dos sistemas físicos para reacciones y momentos, en la cual el estudiante adquirirá habilidades intelectuales y manuales al investigar, hacer ciencia y resolver una situación problematizada del objeto de estudio que es el mejoramiento del aprendizaje.

En el mismo marco objeto de la investigación, la segunda etapa se sitúa en el plano educativo que relaciona toda una cultura social en el contexto histórico representada por la forma tradicional de adquirir equipos y el relativo aprovechamiento de materiales y tecnologías locales que interaccionan a través de las fuentes de información con contenidos, métodos, medios y evaluación final de las prácticas que regulen y determinen un aprendizaje integral y caracterizado por lo colaborativo, cognitivo, significativo y experiencial.

El aprendizaje del estudiante en relación con su nivel y significación está en función de la estructura metodológica que se implemente para desarrollar la práctica experimental. Esta estructura va desde la metodología tradicional a modificaciones realizadas por diferentes autores pero, que debe reconocerse que han sido hasta la actualidad poco estudiadas desde la visión pedagógica-psicológica del aprendizaje.

La estructura metodológica Tradicional caracterizada por la descripción del fenómeno a través del título, objetivos, fundamentación teórica, materiales e instrumentos, operación experimental, conclusiones y preguntas de control. Las evaluaciones de esta estructura tradicional y la necesidad que el proceso formativo represente un aprendizaje significativo y productivo en el estudiante, es el soporte de modificaciones que se han realizado a la estructura tradicional.

Las modificaciones se conceptualizan en la efectividad del aprendizaje y trabajo colaborativo a través de la creatividad, innovación, indagación y exploración de la realidad objetiva, operación eficiente y sostenibilidad. A continuación se describe algunas de las estructuras modificadas para el aprendizaje con la práctica experimental, pero, manteniendo la estructura organizacional que son, introducción, desarrollo y conclusiones continuación.

Una de la estructura metodológica modificada está relacionada con la eliminación en la guía del fundamento teórico de la práctica que realiza, y a través de conocer título, objetivo, bibliografía y orientación del Instructor el estudiante lleva adelante la experimentación y desarrolla, habilidades, destrezas y los productos objeto de la práctica experimental.

Otra modificación en la estructura metodológica incorpora las características de la estructura señalada en el párrafo inmediatamente anterior pero, elimina en la guía la parte técnica operativa experimental, dejando que el estudiante proponga los

diseños experimentales incluyendo los modelos físicos, instrumentos y otros equipos para cumplir con los objetivos de la práctica.

Una modificación a la estructura metodológica se conoce como modelo COLAB en el cual los estudiantes en equipo formularán el modelo físico que dará solución a la problemática identificada, el modelo será diseñado, construido y desarrolla el experimento para solucionar el conflicto analizado. El método se caracteriza porque los estudiantes buscarán los recursos y la documentación bibliográfica para obtener los objetivos de la práctica. El trabajo es colaborativo, desarrolla valores, independencia y creatividad.

De manera general, la práctica experimental de sistemas estructurales en el proceso formativo del estudiante, está orientada a desarrollar conocimiento o aprendizaje conceptual, habilidades o conocimiento procedimental y valores o actitudes, sin embargo, la investigación a través de la modelación física con operación eficiente incorpora productos o competencias adicionales como son, creatividad e innovación.

El proceso formativo del estudiante de Arquitectura o Ingenierías se desarrolla en un ámbito que abarca un balance entre la teoría y la práctica, debiendo señalarse, que la práctica puede ser objeto de tareas para resolver problemas aplicativos a la teoría revisada, realizar investigaciones, estudios de casos, realización de prácticas o experimentos no-tradicionales y realizar experimentos organizados en laboratorios.

Los currículum de la Arquitectura e Ingenierías indican de manera general como parte del desarrollo académico y del proceso formativo lo relacionado con la práctica experimental en laboratorios que le permita al estudiante tomar decisiones fundamentadas en base de lo que previamente conocía y lo que aprendió durante este proceso formativo pudiéndose afirmar que el Sujeto ha realizado un proceso de aprendizaje.

El proceso formativo tiene como uno de sus componentes básicos la práctica experimental, que se relaciona directamente o fundamenta el aprendizaje experimental para el desarrollo de competencias y con aplicación al entorno y la práctica profesional, pudiéndose afirmar que el estudiante aprende cuando construye conocimiento, teniendo capacidad para aplicar conocimiento previos, habilidades y actitudes a marcos situacionales que se presenten y poder transformarlas en nuevos ámbitos situacionales (Moreno, P. 2002).

En el marco de la investigación, relacionado con el análisis de los sistemas estructurales, el estudiante verdaderamente aprende cuando el análisis vectorial básico relacionado con la física que aprende en otro nivel académico superior puede aplicarlo a la mecánica vectorial que aprende para aplicarla al estudio de los sistemas estructurales estáticos y ser capaz de analizar a situaciones estructurales transformadas como observar, comprender y determinar el comportamiento mecánico de estas estructuras ante diferentes situaciones y tipo de cargas o secciones de aplicación de estos esfuerzos que caracterizan a este tipo de estructuras.

Debe señalarse que el desarrollo de la investigación en su práctica experimental, no solo implica el aprendizaje por la experimentación con equipos sino, está determinado coyunturalmente por la creación, innovación y desarrollo de dos equipos que responden a la modelación física de prototipos de sistemas estructurales, proporcionándole al estudiante un aprendizaje adicional significativo-experiencial, que se evaluó tanto en el marco cognitivo académico como en el financiero.

La práctica experimental en el proceso formativo incluyendo lo relacionado con el aprendizaje por innovación y creación se fundamenta e interacciona entre cuatro componentes físicos-humanos que son: El Instructor y niveles directivos que promueven la formación a quién va dirigida la formación que es el estudiante. La forma estratégica como debe enseñarse-aprenderse. Donde debe

situarse este proceso que puede ser un ambiente como aula acondicionada para el desarrollo de los experimentos o el laboratorio. La aprehensión del estudiante que es la definición y formulación a la problemática a través de la socialización y discusión participativa que incluya la realidad, recursos económicos y el entorno de forma sostenible.

Otro aspecto que aportó el marco teórico, está relacionado con el manejo de los métodos de aprendizaje que enmarcan el proceso formativo, sin embargo, en base a la problemática, objetivos, resultados y alcance de la investigación, el aprendizaje se desarrolla bajo la teoría constructivista con enfoque eficiente y sostenible de manera que responda no solo al mejoramiento del rendimiento académico sino, al aprendizaje significativo-experiencial y mejoramiento económico del principal actor de la investigación que es el estudiante (Iturralde, E. 2013).

Como afirma Montes, W. (2004), durante mucho tiempo la base del aprendizaje fue el enfoque Conductista, sin embargo, los espacios históricos-pedagógicos del entendimiento, comprensión y el aprender a pensar en el proceso formativo han determinado la aplicabilidad del enfoque constructivista con aprendizaje significativo como teoría más cercana a la realidad formativa que demanda el estudiante de Arquitectura e Ingeniería.

El contexto constructivista para el proceso formativo en base de la práctica experimental se asume y aplica ya que el aprendizaje debe recoger y aprovechar diferentes áreas de conocimiento como son la teoría vectorial, la mecánica relacionada con la estática de sistemas estructurales, materiales, tecnologías, evaluación económica-financiera, sostenibilidad y operación eficiente que son intervinientes y correlacionales para el desarrollo de modelos físicos de prototipos que mejoran el aprendizaje y economía del Sujeto que aprehende.

La dupla de los componentes formativa-práctica experimental se fundamenta en el constructivismo debido a:

La investigación demanda que el Sujeto no sea solo un receptor de información y acumulación de conocimientos, sino, que aprenda a través de construir el conocimiento, donde la teoría, investigación, creación, innovación, desarrollo de modelos físicos y experimentación se relacionen y construyan un aporte al conocimiento que incluya la eficiencia, sostenibilidad evidenciados con indicadores cuantitativos.

Por tanto, el Estudiante debe construir su conocimiento al modelar y experimentar a través de la creación de los dos modelos físicos y experimentación de fenómenos relacionado con los sistemas estructurales.

El aprendizaje a través de la práctica experimental, es un proceso mentalmente complejo ya que involucra actividades mentales como las creativas e innovadoras para adquirir conocimientos que deben sustentarse tanto en la planificación como en el desarrollo adecuado de los objetos que involucre además a los medios participativos, socializantes y enmarcados en la eficiencia y sostenibilidad.

En el contexto del último párrafo, el conocimiento o aprendizaje se evidencia por la complejidad mental que demanda la creación, operación eficiente y experimentación de los dos modelos que son objeto de la adecuada planificación que incluye procesos de diseño, construcción y operación de los modelos desarrollados.

El aprendizaje se demanda que debe ser significativo, basado en la interacción entre los conocimientos previos del estudiante y el nuevo que adquiere a través de lo experiencial y experimental. Deberá procesarse información, registros y resultados interrelacionándolos para construir este conocimiento significativo.

La demanda significativa se expresa tanto por el manejo vectorial básico con los sistemas vectoriales aprendidos y aplicados a la mecánica de las estructuras como, por el desarrollo de modelos que

determinan un nuevo conocimiento por el contexto experimental y la experiencia desarrollada.

El manejo conceptual, procedimental, actitudinal, experiencial y experimental desarrollados se interrelacionan, determinando un producto del aprendizaje y mejoramiento formativo, debido a la modificación y comprensión del conocimiento.

Por tanto, los procesos de conocimientos, de los sistemas estructurales y el desarrollo de los modelos generan la modificación de comprensión y adquisición de conocimientos, determinando un mejoramiento significativo del conocimiento de la mecánica vectorial aplicada a los sistemas estructurales, desarrollando competencias agregadas e incrementos económicos en el desarrollo profesional.

El marco formativo del estudiante a través de la práctica experimental está relacionada con lo señalado por Campelo, J. (2003), quién afirma que la didáctica actual de la física en la cual se enmarca los sistemas estructurales, responde a la necesidad de articular los contenidos de la física con los intereses prácticos de los estudiantes y logros de enseñanza y cumplir con las transformaciones técnico-científicas. Estas transformaciones se realizan mediante un proceso que tiene por objetivo desarrollar integralmente al Sujeto formándolo cognoscitivamente del desarrollo del pensamiento y de su conocimiento y habilidades incluyendo aspecto de valores como la personalidad.

Así mismo, Campelo, J. indica que para que ocurra la transformación creativa debe haber la experimentación que generaría la investigación para solucionar la problemática antes indicada.

Lo señalado en los dos párrafos inmediatamente anterior y relacionándolo con el proceso formativo por la práctica experimental con sistemas estructurales evidencia que el proceso formativo del estudiante de la Arquitectura e Ingenierías deben

responder a un proceso que debe tener un fuerte componente experimental, pero, además debe incluir un proceso de desarrollo de equipos a través de la modelación física y su experimentación que deben ser conceptualizados y relacionados al cumplimiento de indicadores de sostenibilidad y operación eficiencia.

Los sistemas estructurales y el análisis de la problemática de estructuras estáticas son parte de las ciencias físicas que aportan a la estabilidad de las edificaciones, por tanto, todo el contexto relacionado con las ciencias físicas constituyen ciencias experimentales en la cual la práctica experimental es fundamental para el proceso formativo de aprendizaje del estudiante de Arquitectura e Ingenierías.

Este proceso de experimentación y modelación física de prototipos, permitirá al estudiante desarrollar creatividad, habilidades, destrezas y capacidades en su formación científica al manejar, observar, interpretar y fundamentalmente entender a través de lo aprehendido como se desarrolla un fenómeno físico como el de los sistemas estructurales, relacionándolo con las problemáticas presentadas en el entorno de la realidad y práctica profesional teniendo capacidad para formular y evaluar soluciones para el desarrollo sostenible y buen vivir.

La práctica experimental y el desarrollo de los modelos físicos son estrategias didácticas para aprender y, representan medios para la construcción de conocimientos a través de la creación, observación, medición y razonamientos, en los cuales los métodos que recomendados para utilizarlos en las ciencias físicas son (Viré, A, 2011):

Deductivo

Inductivo

Heurístico

Experimental

Así mismo, el desarrollo de los modelos físicos y la práctica experimental como estrategia incidirá en el aprendizaje a través de los medios empleados para desarrollar y potenciar en los estudiantes características como:

Procesos de creatividad e innovación

Fomenta la investigación formativa y profesional

Actitud activa y desarrollo del interés por el tema investigado

Desarrollo de actitudes como compartir y socializar el conocimiento, incluyendo el trabajo en equipo

Incentivar iniciativas, liderazgos y capacidades para la formulación y toma de decisiones.

Uno de los aspectos que evidencia el análisis del marco teórico, es el señalamiento de que la mayoría de los entes educativos las prácticas experimentales no han sido adecuadamente programadas y/o desarrolladas o simplemente no se han implementado, lo cual se agrava debido a que las prácticas experimentales no responden a la realidad del entorno, práctica profesional o la esencia propia del fenómeno físico tratado en la teoría sino, la mayoría de las veces son aplicación de formalismos o relaciones matemáticas para ratificar valoraciones estimados en el desarrollo de problemas o teoría aplicada (Arias, J. Carmona, G. 2008).

La problemática mencionada en el trabajo de Arias y Carmona, limita entender e interpretar los fenómenos físico y manejar lo transmitido a situaciones o comportamiento alternos que son de la práctica común del estudiante-profesional.

Debe reconocerse el esfuerzo que realizan algunas Instituciones a fin de incorporar procesos de prácticas experimentales en laboratorios; sin embargo, este esfuerzo se restringe o no se logra implementar debido a diferentes factores como son, infraestructura física disponible y adecuada, Talento humano, inversión o costos económicos, incentivos académico-investigativo, número de estudiantes, desarrollo de investigaciones formativas y profesionales y currículum académico.

En la actualidad, el ente rector de la Educación Superior del Ecuador SENESCYT a través del CES Consejo de Educación Superior, tiene como uno de sus indicadores de Acreditación de Carreras para Arquitectura e Ingeniería Civil la presencia de Laboratorios debidamente equipados, que incluye el Laboratorio para Mecánica de Materiales en el cual debe experimentarse con sistemas estructurales.

La inserción curricular de prácticas experimentales en laboratorios como componente de acreditación ha generado que las Instituciones de Educación Superior –IES realicen esfuerzos tanto económicos como docentes para implementarlos idóneamente, lo cual redundará en los procesos formativos de aprendizaje significativo y experimental del estudiante-profesional.

Debido al requerimiento curricular de laboratorios idóneos y la práctica experimental en las IES, determinará conocimientos y competencias como productos académicos agregados que redundará en el mejoramiento de la comunidad y beneficiará socio-económicamente al Sujeto objeto del proceso con la práctica experimental. Debe señalarse que las ventajas y beneficios mencionados generará costos adicionales a la IES que en la mayoría de los casos no podrán asumirlos adecuadamente, representando una oportunidad para implementar la modelación física para desarrollar equipos en base a una operación eficiente y sostenible, con lo cual el principio de la experimentación en laboratorios será significativo y experiencial.

La realización de las prácticas experimentales para el proceso de aprendizaje debe tener un enfoque y método para enseñanza-aprendizaje que responda a los objetivos y productos que se desean alcanzar con esta estrategia didáctica y a lo cual trabajos como los de Arias y Carmona reflexiona sobre diferentes aspectos para alcanzar estos logros, describiendo lo siguiente:

El modelo de enseñanza por descubrimiento es aplicativo al área de las ciencias asumiendo, que la mejor forma de aprender ciencias es haciendo ciencia, es decir, que la enseñanza debe fundamentarse en experiencias que les permita al estudiante reconstruir los principales descubrimientos científicos. El modelo afirma que el estudiante debe llegar a la práctica experimental con ideas previas relacionadas a comprobar o rechazar una hipótesis relacionada con el fenómeno físico tratado.

La reflexión aporta a la base teórica de la investigación, al describir que el paradigma de aplicar el método de descubrimiento situará al experimento como estéril y al docente como irreflexivo, por tanto, no aplicativo al desarrollo del proceso formativo.

Otro aspecto señalado es relacionado con las teorías o modelos enseñanza para la práctica experimental tradicional o en laboratorios, reflexionando sobre cada teoría como:

Trasmisión-Recepción

Las prácticas de laboratorios, son solo un complemento de la enseñanza-aprendizaje verbal

El estudiante responde solo a instrucciones documentadas

No hay pensamiento crítico de, ¿por qué?, ¿para qué?, ¿puedo aplicar alternativas?

Formato tradicional y rutinario, no se investiga

Descubrimiento

Aplica procedimientos científicos situándolo de aprender a hacer y practicar la ciencia

La experiencia del laboratorio debe preceder a la enseñanza en el aula

El manual de laboratorio no debe ser una guía sino, debe señalar ámbitos que indiquen donde está la situación problema

Enfoque del proceso

Parte de introducir el método científico a la enseñanza-aprendizaje de las ciencias

Limita el proceso de investigación al considerar que esta, no está fundamentado en la teoría

Constructivismo

Prioriza la situación de interés y retroalimentación del estudiante

Incentiva la búsqueda y descubrimientos por capacidad e iniciativa propia

Responde a interacción del conocimiento previo con el aprendido en el proceso y enmarcarlo para uno nuevo y responder a otros ámbitos situacionales

La reflexión de aportación a la base teórica es, el proceso formativo con la práctica experimental debe realizarse con enfoque constructivista pero, desarrollado de manera idónea tanto físico como académico y actitud, lo cual determinará un aprendizaje significativo, experimental, experiencial y colaborativo.

En el contexto de los sistemas estructurales, desde la visión de relacionar la función de la práctica experimental en el laboratorio incluyendo el proceso formativo, con el ámbito de la realidad situacional eco-territorial del entorno, la práctica experimental de sistemas estructurales aporta en cuatro escenarios que se corresponden para alcanzar la meta de mejorar las condiciones del colectivo. Los escenarios son:

Académicos, proporciona experiencias, ciencia, problematiza, entiende variaciones en comportamientos situacionales relacionados, desarrolla valores, otros

Laboral, desarrolla capacidades competencias para manejo del comportamiento estructural en edificaciones, evalúa e interpreta situaciones de estructuras como vigas, otros

Investigativo, proporciona capacidad para desarrollar investigaciones en niveles formativos o profesional, desarrolla habilidades, destrezas, creatividad, innovación, otros

Calidad de vida, el mejoramiento académico, laboral e investigativo permite que el profesional desarrolle actitudes y competencias que factibilicen mejoras en la calidad socioeconómica y por consecuencia se establezca un status profesional que determine incrementar sus ingresos económicos y condiciones sociales que mejoren la calidad de vida del profesional y del entorno que lo rodea.



Descripción procedimental desde la metodología

La metodología de la investigación representa uno de los componentes coyunturales para desarrollar una investigación, describiéndosela por las unidades de análisis, técnicas de observación y recolección de datos, así como, instrumentos de medición, procedimientos y técnicas de análisis.

El manejo procedimental de la metodología de la investigación se realizó en cuatro fases que son, diagnóstico, desarrollo de modelos físicos con operación eficiente, pruebas de conocimiento-aptitud-satisfacción, sostenibilidad y rentabilidad financiera. La implementación de las fases determinó la evaluación de los aprendizajes por conocimientos, aptitud y satisfacción y los beneficios por los procesos de innovación, investigación, creación y sostenibilidad, así como, costos y beneficios económicos determinando los productos enmarcados en los objetivos que son:

Mejoramiento en los aprendizajes

Dos modelos físico de prototipos de sistemas estructurales

Desarrollo de los modelos con operación eficiente

Sostenibilidad y factibilidad por el desarrollo de los modelos

Población

En base a los dos momentos temporales aportantes a la investigación, la población para el momento diagnóstico fueron 480 estudiantes de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Guayaquil UG y 443 estudiantes de la Facultad de Arquitectura de la Universidad laica Vicente Rocafuerte ULVR, mientras, para el segundo momento de análisis fueron 420 estudiantes de las Carreras de Arquitectura de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte.

Muestra

La muestra documentada para el primer momento o diagnóstico se situó en el período lectivo 2014-2015, estuvo compuesta por 62 estudiantes del tercer ciclo, grupos 3A y 3B de la carrera de Arquitectura de la ULVR representando el 14% de la población y 48 estudiantes del II semestre de la carrera de Arquitectura de la UG, grupos 1 y 2 representando el 10% de los matriculados. La muestra se situó en el espacio espacial-temporal en que los estudiantes han sido y son parte de asignaturas directamente relacionado con la mecánica vectorial de los sistemas estructurales en edificios.

La muestra para el segundo momento o momento experimental-experiencial se situó en el período lectivo 2015-2016 A, estuvo compuesta por 100 estudiantes del primer semestre grupos A y B de la carrera de Arquitectura de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la ULVR representando el 24% de la población estudiantil.

Metodológicamente la muestra inalterada y direccionada se formó en dos grupos, el primer semestre A con 50 estudiantes fue el grupo Experimental y el primer semestre B compuesto por 50 estudiantes constituyó el grupo de control. La muestra se situó en el espacio espacial-temporal en que los estudiantes analizan la mecánica vectorial que es parte de los sistemas estructurales en edificaciones.

La muestra objetivo para el grupo experimental se caracteriza porque el 84% está en el rango de los 18 a 21 años siendo el 54% de sexo masculino y el 66% proviene de colegios privados, mientras que el grupo de control se caracterizó porque el 50% está en el rango de los 18 a 21 años, el 56% es del sexo masculino y el 46% proviene de colegios privados. La tabla 3.5 del anexo 1, presenta de forma sintetizada la caracterización.

El anexo 2 describe las características de las muestras para segundo momento; es decir, para los grupos experimental y control.

Prueba diagnóstica

La prueba diagnóstica caracterizó la situación académica en las Instituciones de Educación Superior mencionadas debido a: deficiente equipamiento para la enseñanza-aprendizaje práctica, falta de investigaciones formativas, intencionalidad de docentes y estudiantes para diseñar y construir equipos y, estimar el impacto cognitivo en los estudiantes por el equipamiento y uso de los equipos desarrollados. Además, generó indicadores de comparación para validar la significación perceptiva por incrementar el aprendizaje.

La prueba diagnóstica se documentó de investigaciones realizadas en el período 2014-2015 a estudiantes que cursaban las asignaturas de estructuras I en la ULVR y matemáticas II en la UG. La caracterización fundamentó adicionalmente la formulación y evaluación para la modelización y experimentación.

Con el instrumento diagnóstico, se midió el comportamiento de los estudiantes que perciben deficiencia en su proceso formativo por falta de equipos relacionados con la práctica-experimental en el área técnica. El instrumento se diseñó con 20 ítems que responden a cinco ejes:

Realización de investigaciones en el área técnica

Importancia e impacto de desarrollar equipos para los procesos de enseñanza-aprendizaje

Uso e importancia de equipos como recurso didáctico

Motivación docente para el desarrollo de equipos en el área técnica

Disposición del estudiante para financiar investigaciones formativas.

Para validar el contenido de la prueba, esta, se validó con el criterio de experto descrito en el ítem 3.6.1, como se presenta en la tabla 3.6 del anexo 1.

Los resultados de la evaluación por Expertos valida el contenido de la prueba con el 98%. El documento (anexo 3.2) de referencia analiza y determina la factibilidad de implementar equipos en el área técnica con un nivel del 87% de aceptación.

El anexo 3 describe los instrumentos o pruebas elaboradas y la validación realizada por los Expertos para la encuesta diagnóstica.

Test por conocimiento de entrada y salida

Los test por conocimiento de entrada y salida tuvieron por objetivo medir el nivel cognitivo de los estudiantes muestreados antes y después del experimento en los grupos experimental y control seleccionados. Las pruebas representaron un instrumento coyuntural para la investigación permitiendo medir la significancia y cuantificar el incremento en el aprendizaje del estudiante debido a la experimentación con modelos físicos desarrollados de prototipos de sistemas estructurales.

Los instrumentos tanto de entrada como de salida se formaron con 20 ítems con características académicas conceptual y procedimental. Las pruebas fueron de tipo objetiva de respuesta múltiple, abordando la temática de la mecánica vectorial orientada al equilibrio estático para sistemas de estructuras en edificaciones.

La escala de valoración por ítem fue de 0% o 0 para la respuesta incorrecta del ítem y de 100% o 10 para respuesta correcta en el ítem evaluado. Así mismo, la escala de valoración para la evaluación integral fue de 0 a 10. La relación de las escalas cuantitativa y cualitativa para la valoración se describe en el anexo 1 en la tabla 3.7.

El instrumento se orientó a obtener información relacionada con dos indicadores académicos.

Nivel cognitivo o conocimiento conceptual y procedimental antes y después del proceso formativo en la temática de la mecánica vectorial para sistemas estructurales

Mejoramiento cognitivo del aprendizaje de los estudiantes que forman el grupo experimental por la implementación de experimentos basados en la modelación y experimentación de prototipos de sistemas estructurales e impacto en el aprendizaje del grupo de control sometido al proceso formativo sin realizar experimentos

Los test de entrada y salida se validaron en su contenido aplicando los dos métodos descritos en el capítulo III, ítem 6.1. La aplicación de los métodos validó con 98% la aceptabilidad otorgado por el criterio de Jueces y $\alpha > 70\%$ con el modelo del alfa de Cronbach.

Test de Actitud

Las pruebas de actitud de entrada y salida tuvieron por objetivo medir el saber valorar o nivel actitudinal de los estudiantes. Las pruebas representaron un instrumento coyuntural para la investigación permitiendo saber valorar y medir la significancia y cuantificar la actitud de los estudiantes al aprendizaje individual y en equipo de la mecánica vectorial para sistemas estructurales en edificios.

El test de actitud se aplicó para el grupo de control antes y después pero bajo la enseñanza-aprendizaje sin experimentos; mientras que el test para el grupo experimental se aplicó antes y después de la enseñanza-aprendizaje pero, pasando por el proceso formativo de modelación y experimentación; por tanto, se estima que el grupo experimental debe reflejar un mejor comportamiento en el nivel actitudinal de salida.

Los instrumentos tanto de entrada como de salida se formaron con 10 ítems con características de valores académicas de aprendizaje individual y en equipo. Las pruebas fueron de tipo opinión y categorizadas, abordando la temática de los sistemas de mecánica vectorial orientada a los sistemas en equilibrio estático y momento flector.

La escala de valoración por ítem fue de 1 a 5, que cualitativamente se categoriza como:

1 = totalmente en desacuerdo

2 = en desacuerdo

3 = no sabe o no puede responder, es indiferente

4 = de acuerdo

5 = totalmente de acuerdo

Los test de actitud se validaron con las metodologías señaladas en el capítulo III e ítem 6.1. Los métodos validaron los instrumentos con el 98% de aceptabilidad otorgado por los Jueces y $\alpha > 70\%$ con el modelo del alfa de Cronbach.

Validación por Criterio de Jueces o Expertos

Las pruebas validadas fueron test de actitud de entrada y salida compuestos por los 10 ítems que abordó aspectos relacionados con la actitud del estudiante al aprendizaje.

El método desarrollado por indicador y promedio validó las pruebas de entrada y salida respectivamente en promedio con 99% y 98% equivalente a muy de acuerdo, superando el estándar requerido de confiabilidad, como se describe en el anexo 1 en las tablas 3.11 y 3.12.

El método desarrollado validó el contenido del instrumento de actitud aplicado.

Validación del contenido del test de actitud por método Alfa de Cronbach α

El método del coeficiente alfa de Cronbach descrito en el ítem 6.1 capítulo III, permitió validar probabilísticamente las pruebas de actitud con alfa de Cronbach superior a 0.7 validando la confiabilidad del contenido de las pruebas diseñadas. Los valores estimados del coeficiente alfa en base del tipo y grupo área de las pruebas elaboradas se describe en el anexo 1 en la tabla 3.13.

Las dos metodologías aplicadas validaron científicamente la confiabilidad del contenido de los instrumentos diseñados.

El anexo 4 describe para el test de actitud el formato y validaciones por expertos e indicador de Cronbach de los contenidos.

Prueba de Satisfacción

Metodológicamente la prueba de satisfacción solo se aplicó como test de salida al grupo experimental posterior a la modelación y experimentación con los modelos físicos desarrollados. La prueba permitió medir la significancia y cuantificar el valor de satisfacción de los estudiantes al aprendizaje por el desarrollo y experimentación con los modelos físicos de prototipos de sistemas estructurales para edificios.

La opinión del grado de satisfacción del estudiante reflejará si el objetivo de la modelación y experimentación representó o no representó una ventaja competitiva para el aprendizaje cognitivo del estudiante objeto del estudio.

El instrumento fue prueba tipo opinión, se elaboró con 10 ítems de opinión sobre los equipos desarrollados y fundamentado en los siguientes parámetros:

Creatividad

Versatilidad

Funcionalidad

Operación experimental

Amplitud para experimentar

Aprendizaje experiencial

Factibilidad técnica-económica-ambiental

Acabado y Presentación

Mantenimiento y Reparación

Incidencia e Incentivo en el proceso formativo

A fin de aportar para validar el desarrollo de los dos modelos físicos con operación eficiente y estimar el mejoramiento cognitivo integral, la prueba se relacionó en dos escenarios, el primero para determinar indicadores paramétricos y el segundo por ejes. El primer escenario detalla los resultados mediante 4 parámetros que describirán en detalle las valoraciones asignadas por los estudiantes.

Los parámetros y los ítems agrupados fueron:

Creatividad con los ítems P1-P5

Innovación con los ítems P2-P3-P4-P9

Investigación representado en los ítems P7-P8

Aprendizaje experiencial y experimental con los ítems P6-P10.

La escala de valoración en el instrumento fue cualitativa por ítem pero, se realizó su equivalencia cuantitativa de 1 a 5 como se describe:

Totalmente en desacuerdo = 1

En desacuerdo = 2

No sabe o no puede responder, es indiferente = 3

De acuerdo = 4

Totalmente de acuerdo = 5

El segundo escenario que aporta directamente con el mejoramiento integrado de los aprendizajes y la sostenibilidad para operación eficiente, consistió en relacionar la prueba con dos ejes formativos que fueron, proceso innovador-creativo-investigación y proceso de desarrollo sustentable de equipos para laboratorios técnicos por tecnología y materiales. El análisis se utilizó para describir cuantitativamente la aportación de significación del aprendizaje del estudiante por el proceso de modelización y experimentación.

Los ítems seleccionados para cada uno de los procesos fueron:

Proceso de creación-innovación-investigación

Desarrollo creativo P1

Amplitud para desarrollo experimentales P5

Versatilidad P2

Funcionalidad P3

Aprendizaje experiencial P6

Incidencia e incentivo para el proceso de aprendizaje P10

Proceso de desarrollo sustentable de los equipos para laboratorios por la tecnología y materiales integrados

Factibilidad técnica-económica-social-ambiental P7

Acabado y presentación de los equipos P8

Facilidad operativa P4

Mantenimiento y operación P9

Como se planteó anteriormente la escala de valoración de la prueba fue cualitativa por ítem pero, se realizó su equivalencia cuantitativa de 1 a 5 como se describe en el primer escenario

Los métodos validaron el contenido del instrumento con el 98% de aceptabilidad otorgado por los Jueces y $\alpha > 70\%$ con el modelo del alfa de Cronbach.

Tipo de distribución

El método de Kolmogorov-Smirnov se desarrolló para determinar que el tipo de distribución a la cual se ajusta la línea base es la distribución normal para un nivel de significación del 5%. El método se desarrolla para las pruebas conocimiento (conceptual y experimental) y actitud.

Homogeneidad de las muestras

El método aplicado para validar la homogeneidad de la línea base es el de comparación de las medias descrito de forma general en el ítem 6.1 capítulo III. El método se fundamenta en confrontar la hipótesis: las muestras provienen de la misma población. Se confrontó para un nivel de significación $\alpha = 0.05$ y $Z_{crítico} = 1.96$, validando la homogeneidad de las pruebas de conocimiento (conceptual, procedimental, concep + procedimental), tanto de entrada como de salida, así como, para la prueba de actitud. El método no se aplica al test de satisfacción debido al alcance metodológico de la investigación.

De forma resumida las tablas 3.18 y 3.19 del anexo 1, describen la metodología aplicada y desarrollada.

La metodología desarrollada validó la homogeneidad de la línea base, o la significación que las muestras provienen de la misma población.

Integración de los instrumentos para evaluar los aprendizajes

El mejoramiento de los aprendizajes integrado se analizó por los procesos de aprendizaje por conocimientos proporcionados por los test de conocimiento para la prueba de salida, aprendizaje por actitud estimado de la prueba actitudinal y aprendizaje experimental-experiencial se evaluó por los procesos de investigación-innovación-creación, obtenido de la prueba de satisfacción.

El mejoramiento de los aprendizajes integrados está relacionado con componentes del rendimiento académico del estudiante. Gómez, G. (2009), señala que el rendimiento académico es la medición de los aprendizajes cognitivo, afectivo, psicomotor de los logros en un lapso por el proceso de enseñanza-aprendizaje.

En el contexto cuantitativo del mejoramiento de los aprendizajes integrados, el impacto significativo-experiencial en el proceso formativo se estimó en base al desarrollo metodológico de cuatro indicadores:

Nivel de aprendizaje entre los grupos experimental y de control debido al proceso experimental con los modelos

Mejoramiento en el aprendizaje por actitud debido a la prueba de actitud de los grupos experimental y de control

Mejoramiento en los procesos cognoscitivo o cognitivo del estudiante por el proceso de creación, innovación e investigación para desarrollar dos modelos físicos de prototipos de sistemas estructurales

Mejoramiento en el proceso formativo cognoscitivo de los estudiantes por integración de procesos tecnológicos, materiales e instrumentación disponibles localmente y costos bajos para la operación eficiente de los dos modelos físicos. La integración aporta a la sostenibilidad y validación de la operación eficiente que determinó la factibilidad técnica-económica y sostenibilidad del estudio por los modelos desarrollados.

Metodológicamente el impacto positivo en el nivel de aprendizaje y en el proceso formativo, se estimó como el promedio de los cuatro indicadores mencionados.

Los cuatro indicadores se estimaron de las evaluaciones de los test de salida a los estudiantes. El primer indicador proviene de valorar los aprendizajes conceptual y procedimental de los dos grupos. El segundo indicador evaluó el saber valorar que relaciona aspectos como, actitudes y valores estimándose de la prueba de actitud de salida, para los dos grupos.

El tercer indicador evaluó el aprendizaje en relación con investigación, creación e innovación por el desarrollo de los modelos, estimado de ciertos ítems de la prueba por satisfacción. El cuarto indicador representa la operación eficiente de la modelización física correspondiente con la sostenibilidad, se obtuvo de ciertos ítems de la prueba de satisfacción relacionada con tecnología, materiales e instrumentación, se aplicó al grupo experimental en la salida.

Las escalas de medición que se utilizaron para los cuatro indicadores fueron del uno (1) al diez (10) para el aprendizaje por conocimiento

y de uno (1) a cinco (5) para las pruebas de actitud y satisfacción; sin embargo, todos los indicadores se transformaron a porcentajes para las evaluaciones definitivas. Además, la escala cuantitativa y su equivalencia cualitativa para evaluar el mejoramiento significativo de los aprendizajes integrados por el desarrollo y experimentación con la modelación física de los dos equipos relacionados con los sistemas estructurales se describe en la tabla 3.20 del anexo 1.

Evaluated los cuatros indicadores mencionados en 21%, 8%, 86% y 85%, el mejoramiento del aprendizaje integrado por la modelación física se estimó en 50% equivalente a aprendizaje significativo o 2,5/5 y obtenido como el promedio de los indicadores. Además, la operación eficiente por el desarrollo de los modelos se validó adicionalmente por la factibilidad financiera; el indicador de beneficio/costo para los dos equipos y resultante de la evaluación financiera es $B/C = 50$.

Proceso conceptual y procedimental

El impacto en el aprendizaje por el desarrollo de los experimentos se realizó evaluando el proceso cognitivo en el área conceptual y procedimental a los grupos experimental y control con los test de entrada y salida aplicados.

La metodología consistió en evaluar la prueba de salida para los grupos experimental y de control; pero, el grupo experimental fue sometido al proceso de desarrollo y experimentación con los modelos físicos. Con los resultados de las pruebas que, para el grupo experimental y de control respectivamente son 6.8/10 y 5.4/10 se obtuvo el indicador de mejoramiento del aprendizaje estimado en el 21%.

El detalle del desarrollo metodológico de forma resumida se presenta en la tabla 3.21 del anexo 1.

Proceso por actitud

La prueba de actitud aportó al aprendizaje a través del principio saber valorar. El test relacionó parámetros como, comportamiento para el trabajo individual-grupo, responsabilidad y solidaridad. La escala fue de uno a cinco, estimando que el aprendizaje promedio fue de 4,4/5 y 4,05/5 para los grupos experimental y de control respectivamente y aplicada a la prueba de salida. El análisis de los resultados determinó que el mejoramiento para los aprendizajes por actitud fue del 8%.

Proceso por investigación, creación e innovación

La metodología implementada para valorar el proceso de significación del mejoramiento del aprendizaje en el estudiante por los procesos de innovación, creación e investigación por la modelación física de prototipos de sistemas estructurales, se conceptualizó por el nivel de satisfacción del grupo experimental. Este valor por satisfacción y evaluado por los estudiantes se hizo equivalente al aprendizaje que en él se produjo por el proceso de desarrollar la modelización física.

Los valores para calificar el impacto en el aprendizaje se determinó con la prueba de satisfacción, abarcando indicadores académicos por desarrollar modelaciones y adicionalmente reiterar la validación con la percepción del estudiante en la prueba situacional o diagnóstica.

Los indicadores de satisfacción seleccionados pertinentes al objetivo del proceso formativo fueron:

Creatividad: desarrollo de equipos (P1) y amplitud para experimentación (P5)

Innovación: versatilidad (P2) y funcionalidad (P3)

Investigación: aprendizaje experiencial (P6) e incidencia e incentivo en el aprendizaje (P10).

La escala utilizada fue, uno (1) a cinco (5) equivalente al intervalo de 0% a 100%. Los indicadores manejados y valorados se describen a continuación en el anexo 1 en la tabla 3.22.

Proceso por operación eficiente

El impacto en el proceso de validación de los aprendizajes por la operación eficiente se obtuvo por el comportamiento del desarrollo de los modelos en dos escenarios. En el primer escenario, el aprendizaje se estimó por la integración de indicadores por procesos tecnológicos, materiales y equipos con disponibilidad local y bajo costo, que fueron evaluados con la prueba por satisfacción generando el indicador de sostenibilidad. El segundo escenario para los aprendizajes por la operación eficiente se validó por evaluación financiera, estimando el indicador financiero de B/C.

El indicador financiero, estimó la rentabilidad y factibilidad/eficiencia técnica-económica por el desarrollo de los dos modelos, orientando el proceso a la optimización de los recursos intervinientes en la modelación y experimentación.

El proceso de operación o ejecución eficiente técnica-económica aportó al aprendizaje mediante la evaluación de algunos ítems de la prueba de satisfacción realizada al grupo experimental a la salida. Así mismo, en el contexto prospectivo de la actividad profesional, siendo la eficiencia basada en componentes técnicos-económicos y horizontes del estudio, se validó adicionalmente la eficiencia/factibilidad mediante una evaluación económica-financiera, para lo cual se estimaron costos y beneficios o egresos e ingresos por los modelos desarrollados con operación eficiente.

Metodológicamente la operación eficiente se estima de la evaluación del test de satisfacción, la cual se analizó por indicadores

pertinentes a la operación eficiente y que impactan en los aprendizajes. Los indicadores de impacto adoptados fueron:

Factibilidad sostenible (P7)

Acabado y presentación (P8)

Facilidad operativa (P4)

Optimización en operación y mantenimiento (P9)

La escala valorativa aplicada a los indicadores de mejoramiento fue, 1 a 5, representando la escala 5 la máxima de satisfacción. Los indicadores descritos y valorados se presentan en la tabla 3.23 del anexo 1.

Además, el desarrollo del método se valida correlacionando la percepción de los estudiantes en los ejes correspondientes de la prueba diagnóstica (87%) con dos indicadores pertinentes calculados (86% y 84%).

La validez de la operación eficiente en relación con la factibilidad financiera se desarrolló estimando todos los costos e ingresos generados por la operación/ejecución eficiente. La factibilidad financiera, se relaciona con la factibilidad técnica a través de la eficiencia de costos por operación y mantenimiento preventivo y correctivo, tiempo de ejecución, costos de materiales-tecnologías utilizados y vida útil. La eficiencia técnica-económica permite estimar en 51 veces el beneficio/costo como se describe en la tabla 3.24 del anexo 1.



Desarrollo de los modelos físicos

El aprendizaje de los estudiantes se desarrolló en base de procesos experienciales y experimentales por la creación, innovación y experimentación con dos modelos físicos de prototipos de sistemas estructurales, enmarcados en la mecánica vectorial para edificios. El equipo uno denominado "Equilibrio estático en sistemas estructurales en edificaciones tipo viga" y el equipo dos denominado "Comportamiento mecánico de sistemas estructurales en edificios solicitados por momento flector".

La creación y desarrollo de los modelos físicos se fundamentó en aspectos técnicos propios de la investigación y eficiencia/factibilidad técnica-económica-ambiental directamente relacionados con el entorno local. Se desarrolló en dos etapas, la primera orientada a la investigación teórica y la segunda orientada a investigación constructiva-operativa. Por tanto, las áreas académicas relacionadas con el desarrollo de los modelos fueron:

Desarrollo teórico,

Desarrollo constructivo-operativo experimental

Desarrollo de las guías para experimentos.

El anexo 5 describe en detalle, las tres áreas mencionadas para el desarrollo de los dos modelos físicos de prototipos de sistemas estructurales relacionados con la mecánica vectorial para edificaciones.

Teórico

El estudio abordó metodológicamente la investigación, creación y diseños de los dos modelos físicos en el marco de la operación eficiente, sostenibilidad, factibilidad y cuasi-optimización.

Específicamente abordó el desarrollo teórico en base a los siguientes indicadores académicos:

Participantes

Análisis del syllabus

Selección de los modelos físicos a desarrollar

Modelos físico-matemáticos

Características técnicas de los modelos físicos

Diseños de los modelos

Sostenibilidad y factibilidad de los equipos

Los modelos diseñados se conceptualizaron para dos posibles escenarios experimentales operativos. El primero, relacionado con asumir estudios de caso o problema, reproduciendo y cuantificando sus efectos o reacciones en el modelo, es decir, la escala entre modelo y prototipo es 1:1. En el segundo escenario, el modelo se comporta como un modelo a escala reducida, posibilitando analizar problemáticas que son imposibles realizarlos directamente en el prototipo como cambios de cargas o uso de la edificación.

El desarrollo teórico se describe en detalle en el anexo 5.

Constructivo-operativo experimental

El proceso metodológico constructivo-operativo se sustentó en la modelación con operación eficiente. Este proceso implementó los dos modelos teorizados y validó los diseños por operación eficiente, cuasi-optimizado y sostenible; además, el proceso constructivo-operativo se basó en disponibilidad e intervención del talento humano, tecnología, materiales e instrumentación proveniente del entorno local y propio de la universidad.

En este marco la metodología abarcó actividades relacionadas con:

Participantes

Tecnología constructiva

Puesta en marcha y experimentación

El anexo 5 presenta detalladamente el proceso objeto del ítem analizado

Guías para experimentos

El desarrollo de las dos guías para los dos modelos físicos tiene como objetivo normar de forma general la documentación pertinente a los experimentos que potencialmente se acometerían en el marco del método científico para el equilibrio estático de los sistemas estructurales para edificaciones.

Las guías se diseñaron basadas en normas para informes de experimentos en laboratorios y se enmarca en una parte de los objetivos de la investigación.

Las guías abordaron los siguientes indicadores:

Objetivo

Desarrollo teórico

Equipos e instrumentos

Procedimiento experimental

Datos y observaciones

Discusión

Conclusiones

Bibliografía

El anexo 6 detalla las dos guías desarrolladas para los dos experimentos implementados.



Presentación de discusión y valoraciones

Descripción general

La discusión aborda temas con enfoque crítico de temas relacionados con procesamiento, resultados, contraste de hipótesis, validación de variables, sostenibilidad, evaluación financiera y análisis de los diferentes procesos seguido por la investigación para valorar el mejoramiento de los aprendizajes del estudiante por el desarrollo de modelos físicos con operación eficiente de sistemas estructurales en los edificios, en el marco de la sostenibilidad y factibilidad. El procedimiento seguido es:

Modelos físicos

Instrumentos

Información levantada y validación por distribución y homogeneidad

Diagnóstico

Test

Indicadores de rendimiento académico)

Contraste de Hipótesis

Operación eficiente: sostenibilidad y factibilidad

Modelos Físicos

El impacto en los aprendizajes se determinó con el desarrollo de dos modelos físicos que abordó el estudio de la mecánica vectorial relacionada con el equilibrio estático de sistemas estructurales por fuerzas y momento flector. Los dos modelos desarrollados son:

Equilibrio estático en sistemas estructurales en edificaciones tipo viga

Comportamiento mecánico de sistemas estructurales en edificios solicitados por momento flector

Los equipos contruidos presentan ventajas comparativas respecto a equipos que tienen solo objetivo didáctico con funciones fijas y disponibles en el mercado especializado internacional. El análisis crítico de discusión por la implementación de los dos modelos físicos se realiza describiendo ventajas comparativas entre los modelos creados e implementados con equipos que pueden adquirirse en el mercado internacional para funciones semejantes. Entre los indicadores analizados se consideró: origen, costo, versatilidad, mantenimiento, medición, entre otros, que son descritos a continuación.

Los equipos son aporte de la creación e innovación de estudiantes e instructor de la universidad Laica Vicente Rocafuerte; por tanto, hay un proceso de aprendizaje experiencial, significativo y participativo que no es posible cuando solo se adquieren los equipos

Los dos equipos desarrollados tienen un costo de \$1600 que representan bajo costo, mientras que equipos con funciones semejantes pero solo con fines didácticos y provenientes del mercado internacional tienen un costo estimado en \$6350; por tanto, la inversión realizada representa el 25% del costo en el mercado internacional con un beneficio/costo $B/C=4750/1600=3$

Los equipos son de alta flexibilidad y versatilidad para ser fácilmente adaptables para ampliar el tipo de experimento y realizar investigaciones formativas, por ej.: Simularly analizar en los modelos las cargas posibles actuantes conociendo las máximas reacciones en la viga y que pueden ser interpretadas y extrapoladas al prototipo o edificio. Variantes como la señalada no son posibles en equipos que se adquieren para fines y condiciones específicas.

Otra ventaja es que uno de los modelos puede fácilmente analizar vigas continuas o hiperestáticas, lo que es imposible de realizarlo con equipos comprados para usos con la estática o específicos.

Los modelos desarrollados son de fácil operación & mantenimiento preventivo y correctivo. Estas facilidades se generan por la

naturaleza de la construcción y los componentes de los modelos creados. En cambio, equipos adquiridos en el mercado especializado implican tecnología y restituciones de difícil acceso por mercado y costos.

Los equipos se desarrollaron con materiales y tecnología disponible en el entorno local, como son: aluminio, acero, dinamómetros digitales, pesas, niveles ópticos, escalas de acero graduadas. Mientras que los adquiridos como llave en mano no presentan estas características.

Los equipos cumplen con los estándares de medición que especifican posibles errores $<5\%$. Las experiencias realizadas presentan una precisión $> 98\%$ obtenidos al aplicar los modelos teóricos. Por tanto, los modelos se ajustan a los estándares internacionales.

Los equipos son factibles en los escenarios técnico, económico, social y ambiental; por tanto son sostenibles; así mismo, el manejo económico-financiero determinó que la factibilidad financiera es $B/C=51$

El desarrollo de los modelos representó en el estudiante un aprendizaje de tipo significativo, colaborativo, experiencial y experimental que se evidencia de las evaluaciones realizadas. El mejoramiento de los aprendizajes integrado estimado es 50% , equivalente a un mejoramiento significativo respecto a grupos que no desarrollen la modelación física y la experiencia.

Por tanto, la adquisición directa de equipos no generará este desarrollo cognitivo ni competencias agregadas.

Una ventaja comparativa es el desarrollo de habilidades y competencias al desarrollar los modelos, generando un campo laboral adicional al determinado actualmente al profesional y que no puede ser parte del Arquitecto cuando los equipos son adquiridos en el mercado especializado para laboratorios.

Los experimentos propuestos y realizados con los equipos contruidos se fortalecieron académicamente con la elaboración de las guías

para cada experiencia. Los anexos 5 Y 6 describen en detalle el proceso para el desarrollo de los dos equipos y las guías respectivas.

Los equipos desarrollados y experimentos realizados se describen en las figuras 4.1 y 4.2 del anexo 1. Así mismo, la tabla 4.1 del mismo anexo presenta los resultados de los experimentos.

Resultados por instrumentos

Los resultados por los instrumentos se estimaron en base de la aplicación y evaluación de las pruebas, generando la línea base la cual, se validó por el tipo de distribución y la homogeneidad de la información registrada para su procesamiento con los modelos adecuados.

La línea base se analizó para cada uno de los grupos relacionados. Los valores estimados por la evaluación de acuerdo a la metodología aplicada determinaron productos finales como, nivel de significación en el aprendizaje, mejoramiento de los aprendizajes, sostenibilidad y factibilidad por la modelación física y experimentación. Por tanto, los resultados por los instrumentos se caracterizan para los momentos diagnóstico, creativo y experimental para los grupos respectivos.

Línea base

Información básica

La información se determinó aplicando los instrumentos para conocimientos, actitud y satisfacción para los grupos experimental y control, pero, aplicando la prueba de satisfacción solo para el grupo experimental y a la salida del experimento. Además, en el marco temporal, se aplicó una encuesta para la caracterización diagnóstica y fortalecer el proceso inicial justificativo de la investigación.

La información registrada se procesó inicialmente en base de estadísticos de medidas de tendencia central y desviación que se relacionó de forma global para observar y describir el comportamiento de los grupos; así mismo, posteriormente se discute los registros a nivel de detalle para los instrumentos aplicados.

El anexo 7 detalla los resultados de la evaluación por estudiante y por ítem para los grupos experimental y control y, momentos de entrada y salida; así como, por conocimientos, actitud y satisfacción.

Los principales indicadores obtenidos de la evaluación se describen en la tabla 4.2 del anexo 1.

Los resultados estimados de la línea base, determinaron impacto positivo en los aprendizajes para cada uno de los grupos.

Para validar el beneficio por el desarrollo de la modelación y experimentación física se analizaron cuatro escenarios concluyendo que, los aprendizajes del grupo experimental son mayores al del grupo control.

El primer escenario se relaciona con aprendizajes por conocimiento y por actitud. El grupo experimental evaluado antes del experimento y después del experimento por conocimiento y actitud se incrementó respectivamente en 14% y 9,1%; mientras, para el grupo de control las evaluaciones por conocimiento y actitud respectivamente para las pruebas de entrada y salida se mejora en 14% y 7,5%. Los resultados determinan que existe un impacto positivo entre los momentos de entrada y salida tanto para el grupo experimental como el de control.

Por tanto, en base de los resultados del párrafo anterior, en el contexto de analizar por separado los grupos experimental y de control, los aprendizajes por conocimiento y actitud del grupo experimental es 7% superior al grupo de control.

Para el segundo escenario se analizaron los grupos experimental y de control para el mismo momento, esto es entrada o salida, se determina para el momento de entrada y la prueba de conocimiento que el grupo experimental supera en el 21% y para la prueba de actitud el 7,5% al grupo de control; mientras que para el momento de salida por conocimiento, el grupo experimental supera al de control en el 20,6% y para el conocimiento por actitud el nivel del grupo experimental supera en el 9,1% al de control.

En base de los resultados del párrafo inmediato anterior, en el contexto de evaluación a la salida y a la entrada por separado y considerando los grupos experimental y de control para cada escenario, se estima que el escenario de salida los aprendizajes son 4% mayor el escenario de entrada.

El tercer escenario se enmarcó en el test de satisfacción que abordó componentes de innovación, investigación, sostenibilidad y creación por el desarrollo y experimentación con los modelos. En base de los componentes mencionados, el nivel de satisfacción del grupo experimental aplicado a la salida es 4,3/5 equivalente al 86%, representando el beneficio por la modelación. Por consiguiente, en el marco que no se valora satisfacción en el grupo de control, debido a que no desarrolla la modelización, el grupo experimental en su impacto cognitivo será 86% mayor que el grupo de control.

Otro indicador relevante para la información analizada y que representa el cuarto escenario, es el incremento de los aprendizajes por conocimientos para los grupos experimental y de control para el momento de salida; este momento, responde directamente a actividades de modelización y experimentación. En el marco de

análisis, el grupo experimental paso de un aprendizaje de 5,83/10 a 6,8/10 determinando un incremento de aprendizaje de 0,97/10; mientras, el grupo de control mejoró su aprendizaje de 4,62/10 a 5,4/10, es decir, incrementó su aprendizaje en 0,78/10.

Por tanto, el incremento del aprendizaje por la modelización y experimentación en el grupo experimental es 19,6 % mayor que el grupo de control.

Los cuatros escenarios determinan que el grupo experimental supera al de control en 29,2 %. Para el primer escenario el grupo experimental es 7% mayor al de control; el segundo escenario responde a parámetros de conocimiento y actitud y el grupo experimental es 4% mayor que el de control. El tercer escenario abordó la satisfacción por investigación, innovación, entre otros, por la modelización y experimentación, el nivel de satisfacción fue de 86% para el grupo experimental respecto al de control quienes no realizaron la modelización por los principios del experimento. El cuarto escenario analizó el incremento neto de los aprendizajes solo por la modelación y experimentación, el grupo experimental es 19,6% mayor que el grupo de control.

La evaluación determina que el desarrollo de la modelización y experimentación realizada por el grupo experimental impacta positivamente en los aprendizajes de los estudiantes de la carrera de Arquitectura validando los fines de la investigación. Los resultados se describen de manera gráfica en la figura 4.3 del anexo 1.

Validación para tipo de distribución

La validación de determinación del tipo de distribución de la información levantada, que es necesaria para determinar los modelos estadísticos a aplicarse para contrastar las hipótesis se realizó mediante el indicador de Smirnov-Kolmogorov. Como se indica en el literal 3.6.1 sí, $D_{n_{max\pm calculado}} < D_{n_{critico KS}}$ implica que los

registros o línea base se enmarca en la distribución normal, la estimación del ajuste se realizó para una confiabilidad del 95% equivalente a $\alpha = 0.05$.

Los valores del indicador de Smirnov-Kolmogorov para los grupos experimental y control para las pruebas de entrada y salida tanto por conocimiento, como actitud y satisfacción, determinó como se describe en la tabla 4.3 del anexo 1, que la línea base para los diferentes instrumentos aplicados se ajusta a la distribución normal con valores entre $D_{n_{max\pm calculado}} < D_{n_{critico KS}}$ en el rango de aproximación del 47% al 90%, validando la aplicación de la distribución normal para contrastar las hipótesis.

El anexo 8 describe en detalle el cálculo de los indicadores del tipo de distribución de ajuste de la línea base aplicando el modelo de Kolmogorov-Smirnov

Validación para homogeneidad

Los resultados de los instrumentos aplicados, así como, el nivel de significación de las variables investigadas se validan por la pertinencia que deben tener como homogeneidad los registros de la línea base. De acuerdo a la metodología propuesta se aplicó el método de comparación de medias, fundamentado como se indica en el ítem 3.6.1 en aceptar la hipótesis investigada de que no existe dudas de la homogeneidad o que las dos medias provienen de la misma población, cuando se cumple el modelo $Z_{calculada} > Z_{crítica}$.

Analizando los registros de la línea base con el método de comparación de las medias cuyos resultados se describen a continuación, se determinó que en todos los casos $Z_{calculada} > Z_{crítica}$ validando la homogeneidad de los registros. El indicador de confiabilidad se estimó al 95% o para el modelo $\alpha = 0.05$, equivalente a $Z_{crítico} = 1,96$.

La validación de homogeneidad de las medias se aplicó a los grupos experimental y de control considerando las pruebas de entrada y salida, y las áreas de conocimiento conceptual, procedimental y actitudinal.

En todos los casos analizados los $Z_{\text{calculados}}$ variaron entre 2,25 a 4,93 que supera en el rango de 15% a 152% al valor crítico de confiabilidad supuesto. Los valores de $Z_{\text{crítico}}$ estimados determinan que los registros que forman la línea base de acuerdo a las mismas características provienen de una misma población y no existe distorsión en la información levantada por la evaluación a los estudiantes.

La tabla 4.4 del anexo 1 describe la validación por homogeneidad de la línea base

El anexo 9 describe en detalle el cálculo de homogeneidad aplicando la metodología de comparación de las medias para la línea base levantada.

Caracterización diagnóstica

En el marco temporal-espacial del proceso y alcance de la investigación, los resultados del diagnóstico justificaron parte del estudio realizado, aportando y orientando al desarrollo del estudio y experimento realizado.

El diagnóstico permitió clarificar la necesidad de realizar investigaciones relacionadas con modelizaciones físicas. Se obtuvieron indicadores para los cinco ejes académicos objeto de la prueba, los resultados determinan la percepción del estudiante para desarrollar equipos. Los ejes y resultados se describen a continuación.

Realización de experimentos e investigaciones en el área técnica

Importancia e impacto de desarrollar equipos para el proceso de enseñanza-aprendizaje

Importancia por uso de equipos como recurso didáctico

Motivación docente para el desarrollo de equipos en el área técnica

Disposición del estudiante para realizar y financiar investigaciones formativas y facilitarlas a la universidad.

Los resultados para cada uno de los veinte ítems académicos validan o factibilidad con el 87% la percepción del estudiante de demandar y disposición para desarrollar recursos didácticos para la experimentación y fortalecer su aprendizaje.

Por ejes académicos, el 91% aprueba llevar adelante el desarrollo de equipos. La factibilidad estimada en el 91% aporta a validar los resultados con las pruebas de entrada y salida realizadas a los grupos experimental y de control

Las figura 4.4 y 4.5 del anexo 1 describen la percepción de factibilidad para implementar equipos para el área técnica de acuerdo a ítems y ejes académicos.

Los resultados de la evaluación de la encuesta diagnóstica se describen en detalle en el anexo 10.

Test por conocimientos

Test de entrada

Los resultados del test de entrada se estimaron del proceso y evaluación de las pruebas de entrada aplicadas a los grupos

experimental y de control. La prueba evaluó 20 indicadores relacionados con la mecánica vectorial y dividida por igual en conocimiento conceptual y procedimental.

Evaluación conceptual

Los diez (10) ítems que corresponden a la aplicación de conocimiento conceptual se relacionaron con conceptualizaciones, significaciones, manejos de datos, teorías, conceptos y leyes. La evaluación de las pruebas e indicadores de aprendizajes se describe analítica y gráficamente en el anexo 1 de la tabla 4.5 y figuras 4.6 y 4.7.

Los resultados de las evaluaciones tanto por ítem como por estudiante para el conocimiento conceptual indican que cognitivamente los dos grupos presentan a la entrada del experimento aspectos conceptuales de conocimiento en mecánica vectorial semejantes. El grupo experimental en promedio presentó cognitivamente un nivel mayor en el 20% al grupo de control con variaciones por ítem entre 0% a 31%, determinando un comportamiento pertinente a las muestras seleccionadas. Los máximos valores de los grupos por desviación estándar y coeficiente de variación de 0,72 y 15% respectivamente valida las evaluaciones por grupo y línea base en lo pertinente a homogeneidad.

Además, relacionando las evaluaciones entre los dos grupos, se determina que la máxima diferencia por ítem es del 31% y por valores promedios por los ítems y distorsión respectivamente son 20% y 26,7%; por tanto, las diferencias estimadas por conocimiento a la entrada del experimento y variación entre las respuestas, determinan un comportamiento válido y aceptable entre las muestras. Así mismo, las variaciones analizadas están entre el 20% y el 30% para los indicadores analizados, representan valores aceptables para el tipo de investigación y proceso desarrollado.

La tendencia de los resultados de las pruebas analizadas por ítems, se consolida en su comportamiento académico analizando por ejes de conocimiento. Relacionando entre el grupo experimental y de control las variaciones son del 15% al 22% con un promedio del 20%, mientras, la dispersión es del 11%, lo cual valida el comportamiento por conocimiento del estudiante analizado por ejes y ratifica en esta fase los estudios realizados.

Los resultados promedios por conocimiento conceptual de 6/10 y 5/10 para los grupos experimental y control respectivamente, evidencian que los estudiantes no alcanzan la nota mínima de rendimiento suficiente para el estado de conocimiento evaluado.

La tabla 4.6 y la figura 4.8 del anexo 1 describen los indicadores para la evaluación de entrada para el conocimiento conceptual.

Evaluación procedimental

Los resultados del test de entrada para el área procedimental se relacionan con la evaluación de los ítems 11 al 20 de la prueba aplicada y responde a evaluar si el estudiante conoce procedimientos y estrategias para abordar y solucionar la problemática presentada. Los resultados de las evaluaciones se presentan en la tabla 4.7 y figuras 4.9 y 4.10 del anexo 1.

Las calificaciones promedios de 5.6/10 y 4.4/10 para los grupos experimental y control y, 6.0/10 y 4.9/10 para los dos grupos en el área conceptual evidencian que en el área procedimental los estudiantes tienen un nivel de conocimiento inferior que en el área conceptual; estos resultados evidencian la necesidad de realizar experimentaciones, debido a que el campo experimental está directamente relacionado con procesos cognitivos para aprendizaje procedimental.

Las evaluaciones señalan que el nivel de conocimiento de los grupos por ítem y por estudiante para el área procedimental provienen de procesos formativos semejantes con diferencia promedio aproximada al 22% y variaciones por ítem que fluctúan entre 0% a 38%, estos resultados fundamentan un comportamiento académico pertinente de las muestras seleccionadas para los objetivos de la investigación.

Analizando los niveles de distorsión de la línea base generada por el conocimiento del estudiante se obtuvo valores de 14% y 21% para los grupos experimental y control respectivamente, evidenciando un nivel de aceptabilidad por variación para los grupos evaluados y tipo de estudio. Así mismo, la variación en 33% para la diferencia entre los promedios de los grupos, valida la correlación de conocimientos de las muestras evaluadas.

Los valores promedio de 5.6/10 y 4,38/10 para los grupos por conocimiento procedimental, determina que los estudiantes en promedio no alcanzan el mínimo nivel de aceptabilidad requerido de 6.5/10 evidenciando, insuficiencia de aprendizaje antecedente que pueden superarse implementando estrategias didácticas como son la modelación y la práctica experimental.

Los resultados adicionalmente se analizaron por ejes de aprendizaje, para caracterizar el proceso formativo del estudiante por bloques de conocimiento procedimentales y evaluarlo relacionando lo aprendido por los grupos previo al desarrollo de la modelización. Analizando los tres ejes que componen el conocimiento procedimental, se determinó que este conocimiento para el grupo experimental es mayor en 22% respecto al grupo de control y que la diferencia por ejes fluctúa alrededor del 23%, estos indicadores, son aceptables para el tipo de aprendizaje analizado y valida la línea base generada por la evaluación de conocimientos procedimentales de los estudiantes.

Relacionando los valores medios de conocimientos entre los grupos se estimó que la distorsión de conocimiento es del 7%, evidenciando el comportamiento pertinente de las muestras y pruebas desarrolladas como se indica en la tabla 4.8 y la figura 4.11 del anexo 1.

Evaluación integrada, conceptual y procedimental

El comportamiento de los aprendizajes para los dos grupos se midió de forma integral en el nivel conceptual que trata de comprensión de definiciones y estrategias para acometer una problemática como para el nivel procedimental relacionado con la búsqueda de información, experiencia y algoritmos que solucionen el problema tratado. El análisis integrado es fundamental para interpretar el nivel de conocimiento del estudiante respecto a la temática modelada y determinar fortalezas y debilidades de los principales componentes intervinientes en lo aprendido y requerido para el desarrollo de los modelos físicos.

La medición de la prueba de entrada se realizó para los 20 ítems y evaluados para los dos grupos ensayados tanto por ítem como por estudiante. El promedio de aprendizaje antecedente es 5.83/10 y 4.62/10 para los grupos experimental y de control respectivamente, evidenciando que lo aprendido por el grupo experimental respecto al grupo control representa un 21% de mayor conocimiento.

Las variaciones por ítem entre los grupos fluctúan entre 6% al 33%, teniendo como promedio el 21%, mientras que la variación por los valores medios entre los dos grupos es 35%. Los valores de diferencia estimados señalan que el aprendizaje evaluado por ítem es concordante y característico del escenario analizado.

Otro indicador que evidencian la evaluación, se relaciona con el nivel antecedente promedio de lo aprendido por los estudiantes que es menor a 6/10, evidenciando que ninguno de los grupos alcanza

niveles de conocimiento antecedentes aceptables y definido como aprendizaje suficiente para el nivel superior.

La evaluación analizada por las respuestas de cada estudiante de los grupos, evidencia de manera general que lo aprendido por cada estudiante del grupo experimental es mayor al estudiante del grupo de control; así mismo, las diferencias de aprendizaje son aceptables ya que no son extremas.

Los resultados de las evaluaciones se describen en el anexo 1 en la tabla 4.9 y figuras 4.12 y 4.13.

Los resultados se evaluaron también por los seis ejes que estructura el test, generando como se indica en la tabla 4.10 y figura 4.14 del anexo 1, variaciones que entre los grupos que fluctúan entre el 15% al 22% con promedio del 21% y coeficiente de variación del 8% que ratifica el comportamiento cognitivo aprendido de los grupos y la validez del ensayo realizado.

El anexo 11 detalla los resultados de las evaluaciones conceptual y procedimental para la prueba de entrada y para los dos grupos.

Test de salida

Los resultados de salida son el producto del desarrollo formativo para los dos grupos en la temática de la mecánica vectorial y obtenidos de la aplicación de dos pruebas, una dirigida al grupo experimental que incluyó la modelización y experimentación significando procesos cognitivos experiencial y experimental y otra receptada al grupo de control que no incluyó la modelización ni la experimentación.

En base al método científico, la prueba abarcó 20 ítems, 10 correspondientes al área conceptual y 10 al área procedimental. Al

igual que la prueba de entrada la escala valorativa fue del 1 al 10. El objetivo del test fue medir el nivel del conocimiento de los dos grupos como resultado del proceso formativo desarrollado.

Evaluación conceptual

Los 10 ítems componentes de la prueba midieron el nivel de conocimiento del estudiante relacionado con definiciones, identificar problemáticas, aplicar estrategias, interpretar y manejar conceptualizaciones para solucionar la problemática presentada pero, posterior al proceso de enseñanza aprendizaje tanto, para el grupo experimental como de control.

Los resultados de la prueba para los dos grupos se analizaron por ítems y por estudiante, así como por ejes formativos.

La evaluación por ítem y estudiante se describe en la tabla 4.11 y las figuras 4.15 y 4.16 del anexo 1 La evaluación tiene como uno de sus objetivos diferenciar los procesos de aprendizajes con la modelización y experimentación y sin estos dos componentes formativos que representa el desarrollo y experimentación de los modelos físicos.

Para el grupo experimental el nivel promedio de conocimiento es 6.72/10 y 5.6/10 para el grupo de control; estos resultados indican que el aprendizaje promedio del grupo experimental es 17% mayor que el grupo de control y evidencian el impacto por el desarrollo de los modelos físicos de prototipos y su experimentación. Así mismo, la variación por ítem fluctúa entre 6% al 27%, que responden a significancias estadísticas de aceptabilidad. Además, los indicadores de dispersión estimados por grupos de 8% y 11% para los grupos experimental y de control, indican la validez del comportamiento académico de las evaluaciones realizadas.

La evaluación por estudiante demostró que el aprendizaje por el desarrollo de los modelos, consolidó mejor el proceso formativo del grupo experimental respecto al grupo de control, ratificando los productos esperados por el estudio, así como, los coeficientes de variabilidad demuestran que no existen distorsiones o sesgos que no sean de aceptabilidad estadística.

Los resultados parciales del test, validan los procesos integrados de muestras-pruebas-enseñanza y aprendizaje esperado, así como, creatividad-innovación-investigación para desarrollar la modelación física. Además, los resultados justifican los requerimientos producto del diagnóstico y necesidad de estrategias didácticas que conceptualicen, formulen, evalúen y operen equipos de laboratorios para el área técnica que fortalezcan los aprendizajes del estudiante, incluyendo competencias y valores agregados para el profesional.

Para interpretar el comportamiento de los resultados por componentes formativos del proceso conceptual se analizó el test por ejes. Los resultados de los tres ejes cognitivos analizados, evidencian que la variación de conocimiento por ejes fluctúa entre el 14% y 19% con un promedio del 17% que evidenció el mayor impacto positivo en el grupo experimental. Además, las estimaciones por diferencia del conocimiento adquirido y estimado con la desviación estándar y el coeficiente de variación son entre 34% y 46% que valida el impacto y comportamiento del mejor aprendizaje obtenido por el grupo experimental respecto al grupo de control.

La tabla 4.12 y la figura 4.17 del anexo 1 describen los resultados de las evaluaciones realizadas.

Evaluación procedimental

Se fundamentó en parámetros relacionados con la búsqueda de información y estrategias, manejo de experiencias y aplicación de algoritmos para solucionar la problemática analizada. Los productos de las evaluaciones estimados para los 10 ítems fueron 6.8/10 y 5.2/10 para los grupos experimental y control respectivamente. Los resultados determinan que el aprendizaje del grupo experimental es 23% superior que el grupo de control, evidenciando el impacto de la modelación física y la experimentación.

El mejoramiento de los aprendizajes del grupo experimental de la prueba procedimental es 23%, mientras que en la prueba conceptual el mejoramiento fue 17%, valores que evidencian que el proceso experiencial y experimental generó mayor impacto en los aprendizajes de los estudiantes.

El mejoramiento y resultado obtenida por el grupo experimental evidencia un impacto que permite llegar a nivel de aceptabilidad $\geq 7/10$ que corresponde a la suficiencia para fines de aprobación del curso, lo cual no se evidencia con el grupo de control.

Los resultados tanto por ítem como por estudiante se describen en la tabla 4.13 y figuras 4.18 y 4.19 del anexo 1.

Los resultados estimados para el área temática señalan que la diferencia cognitiva por ítem varía entre 18% a 26%, siendo el grupo experimental el que mejor calificación tiene, evidenciando que las variaciones responden a situaciones propias del desarrollo de los modelos y validado por el coeficiente de variación calculado en 14%, ratificando el impacto en los aprendizajes.

La evaluación por estudiante permite observar que los estudiantes no siguen una sola tendencia en cuanto al mejoramiento sino, se

presentan en promedio que hay estudiantes del grupo de control obtienen mejores calificaciones que estudiantes del grupo de control, lo cual se enmarca en las probabilidades para este tipo de estudio y, ratifica el desarrollo de la investigación.

La evaluación de la prueba adicionalmente se orientó a determinar el comportamiento del fenómeno por ejes académicos componentes del proceso procedimental. Los resultados evidenciaron variaciones por eje estimados en 23% y semejante al obtenido evaluado el test por ítem, permitiendo concluir que el proceso fue significativo estadísticamente y no aleatorio.

En el anexo 1, la tabla 4.14 y la figura 4.20 describen las evaluaciones.

Evaluación integrada conceptual y procedimental

La medición del test de salida en sus componentes conceptual y procedimental representa el parámetro coyuntural del impacto del experimento que permite determinar si el grupo experimental respecto al grupo de control mejoró su aprendizaje por la modelación física de prototipos y su experimentación para el proceso de aprendizaje.

Aplicada los test al grupo experimental y control respectivamente se obtuvieron como promedio 6.8/10 y 5.4/10 representando un mejoramiento en el aprendizaje adicional para el grupo experimental del 21%, concluyendo el impacto positivo por el desarrollo de la modelización física de prototipos de sistemas estructurales. Los aprendizajes, expresan adicionalmente que el grupo experimental alcanza el mínimo requerido de suficiencia 7/10 para ser promovido, mientras el grupo de control no alcanza dicho nivel de suficiencia por la prueba y tema.

Las medidas de dispersión como desviación estándar y coeficiente de variación para el grupo experimental es, 0,34/10 y 5%, mientras para el grupo control los resultados son, 0,48/10 y 9%, las

estimaciones determinan que los resultados son aceptable estadísticamente. Así mismo, analizando las variaciones por las diferencias entre los dos grupos, los valores por ítem variaron entre 16% a 26% favoreciendo al grupo experimental, mientras el coeficiente de variación es 43%, valores que ratifican el mayor impacto de mejoramiento de los aprendizajes del grupo experimental respecto al de control en un análisis por ítem y grupo.

El test analizado por estudiantes tanto del grupo experimental como control, se determina que de forma general los estudiantes del grupo experimental tienen mayor calificación que los del grupo control. Además, los resultados comparados no generan distorsiones relativamente extremas por las respuestas acertadas del estudiante.

La tabla 4.15 y las figuras 4.21 y 4.22 del anexo 1, describen la evaluación realizada, las cuales evidencian adicionalmente que el grupo experimental en todos los ítems supera al grupo de control, evidenciando el impacto por la modelación física de prototipos.

Los resultados de los test se evaluaron en su producto de acuerdo a los ejes de los componentes académicos conceptual y procedimental a fin de determinar la validez del conocimiento demostrado por los estudiantes, en este contexto, el test se compone de 6 ejes que abarcan desde la definición hasta la aplicación de algoritmos para conceptualizar y resolver la problemática.

Por ejes se mantuvieron los valores promedios y medidas de dispersión, indicando que la variación por eje se ubica en el intervalo del 14% al 22%, mayor para el grupo experimental, con coeficiente de variación de 15%, determinando que la diferencia se produce por un comportamiento propio del fenómeno de enseñanza-aprendizaje que caracteriza al experimento realizado y

el mayor impacto positivo en los aprendizajes para el grupo experimental.

La evaluación por ejes se describe en la tabla 4.16 y la figura 4.23 del anexo 1.

Planteando un análisis de los mejoramientos de aprendizajes a través de las evaluaciones antes y después del experimento tanto conceptual como procedimental para los dos grupos es posible la evaluación crítica por tres componentes académicos.

El grupo experimental presentó ventajas académicas por la formación antecedente o prueba de entrada; sin embargo, el principio del experimento es que para los test de salida, sin intervención de la parte de desarrollo experiencial y experimental, genera que el nivel de conocimiento para cada grupo es semejante

El test de salida evidenció que debido a la modelización física y experimentación, el proceso de enseñanza-aprendizaje para el grupo experimental es 21% mayor que al grupo de control relacionando por ítem o áreas de conocimiento.

Otro aspecto de validación responde a las respuestas de los estudiantes. Los valores de variación estimados por ítem para cada grupo fue 5% y 9%, evidenciando que estas respuestas se enmarca en valores admisibles por variabilidad de respuestas por ítems. Así mismo, si se analiza las variaciones a través de las diferencias promedios de forma simultánea el valor fue 43%, ratificando el mejoramiento del grupo experimental respecto al grupo control.

El anexo 12 detalla los resultados de las evaluaciones para los dos grupos para la prueba de salida de contenido conceptual y procedimental.

Test por actitud

Los resultados del test de actitud están orientados a conocer del estudiante su calificación por la situación de aprendizaje antecedente y la modificación de este aprendizaje considerando para los dos grupos el método de enseñanza-aprendizaje a través de teoría y problemas pero, adicionando para el grupo experimental su actitud por la modelización y experimentación de modelos físicos de sistemas estructurales que desarrolló y que los cuantifica a través de parámetros como valores, actitudes y normas. Por tanto, la comprensión de los valores por actitud fue demandada y manifestada por el estudiante bajo dos escenarios.

El grupo experimental para la evaluación de salida incluyó el comportamiento de actitud debido a procesos de aprendizaje como, desarrollo de modelos y consolidación del conocimiento a través de un proceso cognitivo experiencial y experimental, que le permitió calificar y valorar la innovación, creatividad, investigación y sostenibilidad que desarrolló por la modelización y experimentación con sistemas vectoriales aplicados a componentes estructurales para edificaciones.

Test de actitud de entrada

El test aplicado permitió valorar el aprendizaje del estudiante a través de su desarrollo actitudinal con el conocimiento antecedente a ser tratado en la cátedra a nivel superior. La valoración del estudiante por ítem se evidencia con la tabla 17 y figura 22, describiendo que la media de los grupos experimental y de control respectivamente es 4.0/5 y 3.7/5 con una diferencia media de aprendizaje por actitud de 9% a favor del grupo experimental y variaciones por ítem entre 1% a 18%. Las estimaciones son pertinentes y aceptables para el tipo de comportamiento analizado.

Un aspecto que valida la información levantada, es representada por la variabilidad de las respuestas de los estudiantes, estimando para los grupo experimental y control respectivamente coeficientes

de variación de 6% y 11%, valores que son aceptables para el tipo de estudio desarrollado. Así mismo, si se considera la variación por las diferencias promedios entre los grupos, el coeficiente es 46%, evidenciando mejor comportamiento de actitud para el grupo experimental.

El análisis por estudiante verifica las tendencias presentadas por la evaluación por ítem. La tabla 4.17 y figuras 4.24 y 4.25 del anexo 1 describen las evaluaciones estimadas.

Adicionalmente para caracterizar el aprendizaje por actitudes analizaron los ejes académicos de actitud; los tres ejes son por valores, cognitivo y solidaridad. Las estimaciones por aprendizaje promedio para los grupos experimental y control respectivamente son 4/5 y 3,7/5 con variaciones por eje que variaron del 2% al 13% y coeficiente de variación por grupo de 1% y 6%. Los resultados por las respuestas de los estudiantes indican una postura de actitud característica para el aprendizaje y mayor para el grupo experimental. Además, la variación diferencial por grupos del 83% indica la diferencia por conocimiento por actitud en el test de entrada.

La tabla 4.18 y figura 4.26 del anexo 1, describen las evaluaciones estimadas.

Test de actitud de salida

La evaluación del test de salida representa el nivel de impacto del aprendizaje actitudinal en las condiciones con y sin desarrollo de los modelos relacionados con el grupo experimental y grupo de control respectivamente. El nivel de aprendizaje reflejado en la postura actitudinal del estudiante, responde tanto a componentes por ítem como por ejes, evidenciándose que en el grupo experimental el impacto de aprendizajes fue mayor que en el grupo de control, aportando a validar los productos de la investigación.

La tabla 4.19 y las figuras 4.27 y 4.28 del anexo 1 presentan los resultados de las evaluaciones. Los resultados indican que los aprendizajes promedios para los grupos experimental y control respectivamente son 4.4/5 y 4.0/5, evidenciando 9% mayor los aprendizajes del grupo experimental respecto al grupo de control, concluyendo que el desarrollo de los modelos físicos y la experimentación, mejoró y consolidó los aprendizajes por actitud ratificando los resultados de las pruebas de conocimiento.

Así mismo, las variaciones del aprendizaje por ítem entre los grupos fluctuó entre 2% a 19%, mientras que los valores de variabilidad medido por el coeficiente de variación por grupo fue 2% y 9%, resultados que evidencian la confiabilidad del comportamiento académico de los estudiantes al proceso de aprendizaje por actitud.

.

Caracterizando la evaluación por estudiantes, se determina que los resultados son de comportamiento semejante al análisis realizado por ítem, concluyéndose que los dos escenarios están relacionados y son consistentes en sus aprendizajes por actitud.

Los resultados de la prueba se analizó por ejes de actitud para lo cual se agruparon los ítem relacionados con valores, cognitivo-científico y trabajo solidario, estimando que las variaciones en el aprendizaje varían entre 0% al 14%; así mismo, los resultados presentan coeficientes de variación por grupo en 1% y 9% que validan la información señalada por los estudiantes.

La tabla 4.20 y la figura 4.29 del anexo 1 describen los indicadores de aprendizajes por actitud para el test de salida y los grupos experimental y control.

En base de los resultados de los aprendizajes por actitud, el aprendizaje para las pruebas de entrada y salida para el grupo experimental se determina que el aprendizaje se incrementó de 4/5 a 4.4/5 que representa el 9%, mientras, para el grupo de control entre la prueba de entrada y salida se incrementó de 3.7/5 a 4/5 equivalente a una variación del 7.5%; si se correlaciona los incrementos del aprendizaje estimados para los dos grupos, se estima que el grupo experimental mejoró el aprendizaje actitudinal en los escenarios de entrada y salida en 16.7%.

El anexo 11 describe el análisis y los resultados detallados para el test de actitud en la prueba de entrada, mientras que el anexo 12 detalla los resultados para el test de actitud en la salida, los anexos incluyen el análisis por ejes.

Test por satisfacción

El test de satisfacción tuvo por objetivo medir la percepción del estudiante por su aprendizaje experiencial y experimental producto de la modelización y experimentación con los modelos físicos desarrollados; por tanto, la evaluación se realizó al grupo experimental y a la salida del experimento.

La evaluación por satisfacción es uno de los componentes principales para medir cuantificadamente la variable de investigación denominada la operación eficiente, por incluir indicadores académicos relacionados con la sostenibilidad y factibilidad.

La prueba de satisfacción abarcó 10 preguntas o ítems con una escala de valoración cualitativa que va de muy en desacuerdo a muy de acuerdo, haciéndola equivalente cuantitativamente de 1 a 5, correspondiendo el valor mayor a muy de acuerdo y el valor menor como muy en desacuerdo.

Los resultados del test que se describe en la tabla 4.21 y las figuras 4.30 y 4.31 del anexo 1, determinan que el nivel de satisfacción del aprendizaje promedio es 4.3/5 y equivalente a de acuerdo a muy de acuerdo que indica un nivel de satisfacción del aprendizaje como aceptable; así mismo, el coeficiente de variación del 2% determina la confiabilidad del comportamiento de las evaluaciones realizadas.

El test analizado por estudiante, señala que los valores que obtiene cada estudiante varían entre 3/5 a 4.9/5, mientras que las medidas de tendencia central es 4,3/5 y variabilidad es 2% valores, que evidencian aceptabilidad por impacto en el estudiante por desarrollo de modelos y por distorsión ya que se enmarcan en el rango de aceptabilidad estadística y ratifican los valores estimados por ítem.

El nivel de satisfacción de los aprendizajes se midió por componentes característicos académicos como creatividad, innovación, investigación, sostenibilidad, entre otros, que definieron ejes e indicadores para evaluar el impacto positivo o beneficio por los aprendizajes del estudiante a través de niveles de satisfacción. Se evaluaron dos ejes conformados por varios indicadores que están directamente relacionados con el desarrollo y experimentación de los modelos con operación eficiente, sostenibles y factibles.

En base al desarrollo metodológico propuesto, el primer eje es representado por creatividad, innovación e investigación, consta de cinco ítems del test de satisfacción, como se indica en el anexo 1 en la tabla 4.22 y figura 4.32.

Para el primer eje, el promedio de satisfacción del aprendizaje es 4.3/5 equivalente a de acuerdo a muy de acuerdo o 86% de satisfacción con una variabilidad del 3%; los valores obtenidos evidencian el alto nivel de impacto positivo por el desarrollo de los

modelos y la aceptabilidad de la información proporcionada por los estudiantes.

El segundo eje representado por desarrollo tecnológico y materiales con enfoque local y sostenibilidad se evaluó con 6 ítems del test de satisfacción, el aprendizaje promedio de los estudiantes fue 4.2/5 equivalente al 84% de aprendizaje o cualitativamente en escala de acuerdo a muy de acuerdo. El coeficiente de variación igual a 2% indica que no existen distorsiones en las respuestas de los estudiantes que formó la línea base. Los valores estimados señalan el grado de satisfacción por los aprendizajes, así como, la factibilidad y sostenibilidad por el desarrollo de los modelos.

La tabla 4.23 y la figura 4.33 del anexo 1, describen el indicador de aprendizajes por el grado de satisfacción para el eje sostenibilidad y factibilidad.

Para evaluar de forma integral cuantitativa el aporte del desarrollo de los modelos al nivel cognitivo del estudiante se consolidó las evaluaciones de los dos ejes determinando que este aporte es de 4.24/5 o del 85% equivalente en escala cualitativa como, de acuerdo a muy de acuerdo que valida los procesos cognitivos de impacto positivo en el proceso formativo del estudiante. Además, los coeficientes de dispersión menores a uno, indican la confiabilidad de la información proporcionada por los estudiantes.

La tabla 4.24 y la figura 4.34 del anexo 1, describen el proceso consolidado de satisfacción de los aprendizajes por el desarrollo de los modelos.

El anexo 12 detalla análisis y resultados del test incluyendo por ejes que se estimaron del test de satisfacción evaluado.

Indicadores de rendimiento académico

El análisis del mejoramiento académico interviniente en indicadores de operación eficiente, factibilidad, sostenibilidad y beneficio-costo, se estimó por el rendimiento académico de los estudiantes relacionado con la evaluación de los test. Así mismo, la evaluación del aprendizaje conceptual y procedimental representa la línea base para confrontar la hipótesis de investigación.

Los resultados cuantitativos por mejoramiento académico de los aprendizajes se estimaron con tres indicadores evaluados por los grupos intervinientes en los escenarios con y sin la modelización, así como, antes y después del experimento.

Los tres indicadores analizados se relacionan con procesos cognoscitivos como, conocimiento conceptual-procedimental, actitud y satisfacción por mejoramiento de los aprendizajes.

Conceptual y procedimental

Los resultados por el proceso de mejoramiento de conocimientos, se fundamentó en la evaluación de los test de conocimiento de entrada y salida aplicados, tanto por grupo como escenario interviniente. Analizado por grupo, el impacto de mejoramiento por el rendimiento académico del grupo experimental en relación con el grupo control es 21%; mientras, el impacto por escenarios temporales o de entrada y salida en promedio es 21%.

Por tanto, el mejoramiento del aprendizaje del grupo experimental respecto al grupo de control por desarrollo de los modelos en la fase de conocimiento conceptual y procedimental que representa el primer indicador se estima en 21%.

La tabla 4.25 y la figura 4.35 del anexo 1, describen los resultados de las evaluaciones realizadas e indicadores estimados.

Actitud

La prueba de actitud evaluó el rendimiento académico y el mejoramiento de los aprendizajes a través de parámetros, relacionados con valores, proceso cognitivo científico y trabajo solidario. El rendimiento se valoró a través de los test de entrada y salida tanto por grupo como por escenarios.

La evaluación de los test por grupos, determinó que la diferencia de aprendizaje del grupo experimental respecto al grupo control y medido por su rendimiento es 8,33%; mientras que la evaluación de los aprendizajes por escenarios o pruebas de entrada y salida determinó que la diferencia del rendimiento académico del grupo experimental respecto al grupo control es 15%.

Los resultados tanto por grupo como por escenario, evidenció que el mejoramiento de los aprendizajes por actitud del grupo experimental respecto al de control y medido por sus rendimientos académicos es mayor en 11,7 que evidencia el impacto positivo por actitud por la modelización y experimentación.

La tabla 4.26 y la figura 4.36 del anexo 1, evidencian los resultados e indicadores obtenidos.

Satisfacción

El test aborda la percepción del estudiante por niveles de aceptabilidad por el desarrollo de modelos e involucra procesos cognitivos como, aprendizajes por conocimiento y experiencial; así como, sostenibilidad, operación eficiente y beneficio-costo por los objetivos de la investigación. La prueba aportó a evaluar dos ejes del proceso cognitivo que son, innovación y sostenibilidad.

Los resultados de la prueba de satisfacción se evaluaron para determinar los aprendizajes del grupo experimental en dos

escenarios, el primero analizando los 10 ítems de manera integrada que determinaron un aprendizaje promedio de 4.24/5 equivalente al 85% y cualitativamente como de acuerdo; el segundo escenario se definió para determinar el impacto en el aprendizaje para dos áreas cognitivas, la primera que corresponden a aprender conocimientos por innovación-creatividad-investigación y la segunda por desarrollo sostenible por materiales-tecnología local.

Los dos indicadores por áreas cognitivas fueron componentes académicos fundamentales para evaluar el beneficio del estudiante por el proceso integrado de mejoramiento en el aprendizaje en el escenario actual y prospectivo por desarrollar modelos, analizando características académica externas a lo medido con los test conceptuales, procedimental y actitud.

El resultado de beneficio en el mejoramiento del rendimiento académico para el área creatividad-innovación-investigación se lo determinó relacionando los ítems de la prueba que corresponden al área estimando que el aporte es del 86%. Así mismo, el aporte para el beneficio en el área de materiales-tecnología local-sostenibilidad, se estimó de los ítems de la prueba que se relacionan con el área analizada, obteniendo un beneficio en el mejoramiento del rendimiento académico del 85%.

Los valores obtenidos por la evaluación de la prueba de satisfacción es 86% determinando que el desarrollo de los modelos es un aporte positivo al mejoramiento de los aprendizajes y rendimiento académico del estudiante de las ciencias arquitectónicas y técnicas.

La tabla 4.27 y figura 4.37 del anexo 1, describen el impacto en los aprendizajes por procesos de innovación, creación e investigación, así como, por desarrollos sostenibles.

El anexo 12 describe el análisis por satisfacción incluyendo ejes por desarrollo eficiente.

Indicador integrado, conceptual-procedimental-actitud, creatividad-innovación-investigación y eficiencia técnica

La estimación del indicador integrado por procesos cognoscitivos y eficiencia técnica, fundamentó el mejoramiento del aprendizaje integral y valoró el rendimiento del estudiante por los procesos experiencial y experimental debido al desarrollo de modelos físicos de prototipos de sistemas estructurales.

El beneficio académicos total en el rendimiento del estudiante se estimó de los test de conocimiento, actitud y prueba de satisfacción aplicadas, generando cuatro indicadores académicos parciales directamente relacionados con el mejoramiento del aprendizaje, que integrados determinaron el aporte por los modelos físicos desarrollados.

Los indicadores parciales de beneficio y aporte al mejoramiento del nivel de conocimiento del estudiante y estimados en los numerales anteriores son:

Eje cognoscitivo:

Cognitivo conceptual-procedimental: 21%

Cognitivo actitud: 11,1

Creatividad-innovación-investigación: 86%

Eje sostenibilidad:

Materiales-tecnología local-sostenibilidad: 85%

Los tres indicadores parciales generaron el indicador integrado de beneficio académico e igual a 51% equivalente a 3/5, que de

acuerdo con la escala cualitativa seleccionada es de impacto significativo.

La tabla 4.28 y la figura 4.38 del anexo 1, describen el indicador integrado interviniente en el análisis de la variable operación eficiente. Además, el anexo 13 describe la evaluación por rendimiento académico y el desarrollo por operación eficiente tanto individual como integrada en el mejoramiento total de los aprendizajes.

Variable modelación física

Los resultados del contraste de la hipótesis de la investigación se estimaron del test de salida de conocimientos conceptual y procedimental y validada al ajuste de la distribución normal mediante el estadístico de KolmogorovSmirnov.

El modelo, parámetros de entrada y resultados obtenidos se describen en la tabla 4.29 del anexo 1.

El modelo para la confrontación se definió en el capítulo III como:

$$Z = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$$

El método rechaza la hipótesis nula cuando, $Z_{calculada} > Z_{crítico}$ y valida la hipótesis de investigación, estimada para el nivel de significación $\alpha = 0.05$ o 5%. De manera sintetizada los parámetros de validación del modelo aplicado y la información de ingreso y egreso del modelo aplicado son:

Validación para aceptabilidad de distribución normal:

$$D_{critico KS} > D_{n Maxi}; \alpha = 0.05$$

$$D_{critico KS} = 0,401 > D_{n Maxi} = 0,1561$$

Prueba de hipótesis de investigación:

Variable, modelación física

Nivel de significación: $\alpha = 0.05$

Parámetro crítico: $Z_{crítico} = 1.96$

Evaluación de la media del grupo experimental: $\bar{u}_1 = 6.75$

Evaluación de la desviación estándar del grupo experimental $\sigma_1 = 2.5361$

Evaluación de la media del grupo de control: $\bar{u}_2 = 5.4$

Evaluación de la desviación estándar del grupo de control: $\sigma_2 = 2.4904$

Elementos de las muestras: $n_1 = n_2 = 50$
Parámetro de la función Z calculado:

$$Z_{calculado} = \frac{6,75 - 5,4}{\sqrt{\frac{2,5361^2}{50} + \frac{2,4904^2}{50}}} = 3,80$$

$Z_{calculado}=3,80 > Z_{crítico} = 1,96$. Rechazo de la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación.

La evaluación determina, la diferencia del aprendizaje que impacta en el rendimiento académico, no se debe a factores de aleatoriedad sino, es significativo, por tanto, el desarrollo de los modelos físicos de prototipos de sistemas estructurales para edificaciones es significativo en el aprendizaje de los estudiantes de la ULVR.

Si la hipótesis se estima para un nivel de significación $\alpha = 0.005$ o 0.5% , la hipótesis de la investigación se valida ya que $Z_{calculada} > Z_{crítico}$ donde: $3.8 > 2.58$, rechazando la hipótesis nula y, valida el alto nivel de significación en el proceso de enseñanza-aprendizaje con el desarrollo de la modelización.

Contraste para variable de la operación eficiente

La variable de la operación eficiente en relación con el mejoramiento de los aprendizajes se contrasta con dos indicadores macro que son, sostenibilidad y factibilidad.

Como se describe en el siguiente numeral, los indicadores de aceptabilidad de la variable fueron:

Sostenibilidad técnica-académica-social-ambiental: 85%

Factibilidad económica-financiera: B/C: 50 = 100%

Aceptabilidad de la variable de la operación eficiente: 93% = 9,3/10= muy significativo.

Las evaluaciones realizadas para las dos variables independientes, relacionadas con el proceso cognitivo del estudiante pueden estimarse como, 21% para la variable modelación física y 93% para la variable operación eficiente. Por tanto, aceptando un indicador promedio solo por aceptabilidad de las variables evaluadas, el impacto positivo es 57% equivalente a significativo.

Operación eficiente

El estudio tiene como una de sus variables de investigación la operación eficiente y de acuerdo con el desarrollo metodológico esta variable se valida al confrontarla con indicadores de sostenibilidad y factibilidad económica-financiera.

Indicador de sostenibilidad

Esta dada por aspectos técnicos-ambientales, que son componentes de la sostenibilidad como materiales y tecnologías del ámbito local, ambiente, mantenimiento preventivo y correctivo, los cuales fueron relacionados y valorados en el numeral 4.4 de este capítulo, estimando que el eje de sostenibilidad beneficia en 85% a la operación eficiente de los modelos desarrollados.

Indicador de factibilidad económica-financiera

Evaluación económica

Los resultados de la evaluación económica se obtienen de la estimación de costos por los dos modelos desarrollados. Los componentes de costos para los equipos fueron costos directos, costos indirectos y costos misceláneos; los costos por operación y mantenimiento se incorporarán en la parte financiera.

Los costos directos se componen de los costos por materiales, mano de obra directa y remuneraciones. Los costos indirectos se relacionan con honorarios profesionales, uso de maquinaria y equipos para la construcción. Los costos misceláneos son valores administrativos y logísticos para la implementación de los modelos.

El modelo físico denominado "Equilibrio estático de sistema estructural-viga" tuvo un costo estimado en \$790.00, sin contabilizar costos por mano de obra directa de los estudiantes e Instructor y tiempo empleado en adquisiciones y en los diseños, aunque parte de este rubro se lo asumió como logístico.

Comparando el costo de este equipo con equipos semejantes pero limitados en flexibilidad, difíciles de reparar y mantener y vida útil inferior a 5 años, comercializados por empresas de origen extranjero, este equipo comprado tiene un valor estimado en \$4200.00. Por tanto el costo del modelo físico local representa el 19% del costo comercializado o rentabilidad parcial $B/C=4,32$.

Además, el equipo adquirido no produce aprendizaje experiencial del estudiante, como tampoco de creatividad, innovación e investigación y manejo de una realidad local sustentable.

La tabla 4.30 del anexo 1, describe la evaluación económica para el equipo: Equilibrio estático de sistema estructural-viga.

.

El segundo modelo físico desarrollado denominado “Sistema de equilibrio por momento flector” como se describe a continuación tuvo un costo estimado de \$650.00, sin contabilizar costos por mano de obra directa de los estudiantes, tiempo empleado en adquisiciones y en los diseños y dirección técnica, pero, parte de esta mano de obra se lo apoyó como costo logístico.

Comparando el costo económico del equipo con equipos semejantes pero limitados en flexibilidad, difícil de reparar y mantener y vida útil inferior a 5 años, que comercializan empresas de origen extranjero, este tiene un valor estimado en \$3800.00. Por tanto el costo del modelo implementado representa el 17% del costo comercializado, representando un B/C: 4,9.

El equipo proveniente o adquirido de empresas comercializadora no influye ni produce aprendizaje experiencial en el estudiante, como tampoco influye en procesos cognitivos como creatividad, innovación e investigación y manejo de una realidad local sostenible.

La tabla 4.31 del anexo 1, describe la evaluación económica para el modelo físico denominado: sistema de equilibrio por momento flector.

Con enfoque crítico se evidencia que los costos entre los dos modelos físicos implementados tienen una relación económica del 82%, lo que demuestra la relación de optimización de los modelos desarrollados y que se ratifica por generar un B/C: 4,6.

Relacionando los equipos desarrollados con la investigación con equipos adquiridos a empresas comercializadoras de equipos para laboratorios que tienen funciones didácticas semejantes pero, limitados en el número de experimentaciones, flexibilidad, vida útil, mantenimiento, así como en procesos cognoscitivos, se determina que el costo por los dos equipos construidos equivalen al 18% del costo de adquisición a empresas que comercializan este tipo de equipos.

Por tanto, analizando costos de equipos desarrollados y comercializados por empresas especializadas, se evidencia la factibilidad económica de los dos modelos físicos implementados.

Evaluación financiera

La evaluación financiera determinó el impacto económico-financiero en el estudiante por el proceso de desarrollo de la modelización, esta evaluación se la realiza con el indicador financiero de beneficio/costo o B/C siendo factible cuando $B/C > 1$. El indicador se lo estimó en base de dos indicadores parciales macros que son beneficio y costo, caracterizando los beneficios tangibles.

Los costos se estimaron por egresos por costos de equipos, operación, mantenimiento y reposición de partes del equipo, mientras que los beneficios fueron resultados de ingresos adicionales ponderados debido al mejoramiento cognitivo por los modelos relacionados con el número de estudiantes egresados, salario profesional adicional por competencias agregadas, peso de la asignatura en el currículo académico y vida útil del equipo

La evaluación castigó al proyecto al no considerar una tasa de actualización, asumiendo que la variación por las tasas de interés para los beneficios y costos es igual. La evaluación financiera se realizó para cada uno de los modelos desarrollados y posteriormente

se integraron las dos evaluaciones para obtener un indicador financiero total producto de los dos modelos desarrollados.

Evaluación financiera. Modelo físico: equilibrio estático de sistema estructural-viga.

La evaluación se realizó en base del componente económico analizado y parámetros financieros mencionados que se tabulan y describen en detalle.

La tabla 4.32 del anexo 1, describe la evaluación financiera para el modelo físico denominado: equilibrio estático de sistema estructural-viga.

La evaluación financiera se basó en parámetros de beneficios y costos que se detallan a continuación.

Estimación de Beneficio/Ingreso

Coeficiente por mejora de conocimiento (CMC)

Vida útil profesional: 40 años

Asignaturas en el área técnica: 28

Asignaturas en la especialización: 16

Asignaturas relacionadas: Aporte de las estructuras: 25%

Aporte de física al área: técnica de estructuras: 13%

Mejoramiento cognitivo integral estimado (con equipo y sin equipos): 51%

$$CMC = \frac{1}{15} (0.25)(0.13)(0.51)100 = 0.111\%$$

Por tanto el coeficiente ponderado por mejora en conocimiento es de 0.111%

Ingreso económico adicional por mejoramiento de conocimiento

Sueldo mensual egresado: 2500\$/mes

Ingreso o sueldo promedio del profesional en su vida útil:
 $\frac{2500.00\$}{mes}(1 \text{ año})(12 \text{ meses})(0.111) = 3330.00\$/año$

Ingreso económico adicional por número de egresados y vida útil neta aprovechable del equipo

Número de egresados: 30/año

Vida útil total del equipo: 12 años

Vida útil neta aprovechable: 7 años

$$\left(\frac{3330\$}{año}\right)(30 \text{ egresados})(7 \text{ años}) = 699300.00 \$/año$$

Beneficio por mejoramiento en el aprendizaje: \$ 699300.00

Estimación del costo total por equipo (diseño y construcción + O&M)

Diseño-construcción: \$790.00

Costo anual O&M: 526 \$/año

Costo O&M en la vida útil del equipo: $\left(\frac{526\$}{año}\right) 12 \text{ años} = \6312.00

Costo total: $790.00 + 6312 = \$7102.00$

Estimación del indicador financiero B/C

Beneficio total tangible: \$699300.00

Costo total: \$7102

$$\frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}} = \frac{B}{C} = \frac{699300}{7102} = 99$$

El indicador financiero estima que el beneficio es 99 veces el costo, determinando la factibilidad y alta rentabilidad por el desarrollo del equipo; además, debe señalarse que existen beneficios socio productivo, ambientales y legales que no se han considerado; así mismo, no se estimado el beneficio institucional en carreras afines que demandan este tipo de equipos como es, la carrera de

Ingeniería Civil que aproximadamente duplicaría la relación beneficio-costo, cuantificando económicamente el impacto por el mejoramiento de conocimiento fundamentado en el desarrollo de equipos.

Evaluación financiera. Modelo físico: Equilibrio estático de sistema estructural-Momento flector.

La evaluación financiera se realizó en base de la evaluación económica analizada anteriormente y parámetros financieros que se tabulan y se describen en detalle en el anexo 1 en la tabla 4.33.

El indicador financiero se basó en parámetros de beneficios y costos que se describen a continuación.

Estimación de Beneficio/Ingreso

Coeficiente por mejora de conocimiento (CMC)

Vida útil profesional: 40 años

Asignaturas en el área técnica: 28

Asignaturas en la especialización: 16

Asignaturas relacionadas: Aporte de las estructuras: 25%

Aporte de física al área: técnica de estructuras: 13%

Mejoramiento cognitivo integral estimado (con y sin equipos):51%

$$CMC = \frac{1}{15}(0.25)(0.13)(0.51)100 = 0.111\%$$

Por tanto el coeficiente ponderado por mejora en conocimiento es de 0.111%

Ingreso económico adicional por mejoramiento de conocimiento

Sueldo mensual egresado: 2500\$/mes

Ingreso o sueldo promedio del profesional en su vida útil:
 $\frac{2500.00\$}{mes} (1 \text{ año})(12 \text{ meses})(0.111) = 3330.00\$/año$

Ingreso económico adicional por número de egresados y vida útil neta aprovechable del equipo

Número de egresados: 30/año

Vida útil total del equipo: 12 años

Vida útil neta aprovechable: 7 años

$$\left(\frac{3330\$}{año} \right) (30 \text{ egresados})(7 \text{ años}) = 699300.00 \$/año$$

Beneficio por mejoramiento en el aprendizaje: \$699300.00

Estimación del costo total por equipo (diseño y construcción + O&M)

Diseño-construcción: \$650.00

Costo anual O&M: 516 \$/año

Costo O&M en la vida útil del equipo: $\left(\frac{516\$}{año} \right) 12 \text{ años} = \6192.00

Costo total: $650.00 + 6192 = \$6842.00$

Estimación del indicador financiero B/C

Beneficio total tangible: \$699300.00

Costo total: \$7102

$$\frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}} = \frac{B}{C} = \frac{699300}{6842} = 102$$

La factibilidad y rentabilidad por el desarrollo de este equipo está determinado por un indicador financiero B/C de 102, es decir, el impacto de beneficio es 102 veces el costo del equipo.

La evaluación realizada se fundamentó en beneficios tangibles, sin considerar beneficios que pueden cuantificarse en el ámbito social, productivo, ambiental, legal e institucional, que generaría una rentabilidad B/C muy superior a 102, debido al impacto cognitivo del aprendizaje en el estudiante/egresado por el desarrollo del equipo. Así mismo, el equipo puede ser utilizado por otras carreras lo cual optimizaría el uso del equipo implementado.

Evaluación financiera integrada de beneficio-costo

La evaluación financiera integrada se sustentó en el método del desarrollo del experimento que integró el mejoramiento del aprendizaje con los dos equipos desarrollados.

La evaluación se fundamentó en las siguientes premisas:

Se asume que los dos modelos físicos serán utilizados por un mismo curso

Los costos por los dos equipos se suman

Los beneficios son solo para el mismo grupo de estudiantes o curso

Los costos integrados estimados para los dos equipos es \$13944, mientras que el beneficio es \$699300, por tanto, el beneficio-costo B/C total es 50.

La estimación del indicador de rentabilidad integrado señala que el beneficio es 50 veces el costo. El indicador financiero valida y hace factible financieramente la investigación de desarrollar modelos

físicos de prototipos de sistemas estructurales, basado en el mejoramiento del aprendizaje y conocimientos del estudiante.

Además, el indicador evidencia no solo la factibilidad financiera-académica sino, demuestra la factibilidad financiera de realizar inversiones institucionales de bajo costo pero, con alto impacto o rentabilidad en el proceso formativo y desarrollo profesional del estudiante.

La tabla 4.34 del anexo 1, describe en detalle la evaluación financiera integrada.

Contraste para operación eficiente

La variable operación eficiente metodológicamente se contrasta por los indicadores de sostenibilidad y factibilidad que incluye aspectos de cuasi optimización.

La evaluación relacionada con la sostenibilidad generó un indicador de impacto o aceptabilidad del 85% equivalente a muy significativo, evidenciado a través de materiales-tecnología y mano de obra de origen local, no origina conflictos al medio ambiente, bajo costo y manejo técnico cuasi optimizado. Además, los componentes seleccionados para la sostenibilidad física se fundamentan en el proceso cognitivo integral por desarrollo de los modelos físicos, determinando una sostenibilidad técnica, académica, social, económica y ambiental.

La factibilidad que contrasta adicionalmente la variable analizada se valida por el indicador generada por la evaluación financiera: El indicador financiero utilizado fue el de beneficio-costos B/C, el cual aplicado para los dos equipos desarrollados y considerando que los beneficios son para el mismo curso o grupo de estudiantes se estimó como B/C: 50; es decir, el beneficio es 50 veces el costo de los

equipos. El indicador financiero evidencia la factibilidad por el desarrollo de los dos modelos físicos objeto del estudio.

En el ámbito de evaluación financiera, los proyectos con indicador financiero superior a 1,3 son factibles, por tanto, en una escala de porcentaje el B/C: 50 representa un proyecto 100% factible y rentable.

Para validar y contrastar la variable operación eficiente, los dos indicadores sostenibilidad y factibilidad generan un indicador significativo de aceptabilidad de 93% o 9,3/10 equivalente a impacto muy significativo, validando el desarrollo de los modelos de prototipos de sistemas estructurales.

El anexo 13 y la figura 4.39 del anexo 1, describe la evaluación para confrontar la variable de investigación, operación eficiente.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL, Gladys Patricia (2007) *Conceptos Básicos de física mecánica. Notas de Clase*. Editorial Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad Tecnológica. Bogotá D.C. (Colombia)
- ADÚRIZ B. Et al. (2003). El olvido de la tecnología como refuerzo de las visiones deformadas de la ciencia. En Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 2, N° 3. Aprendizaje, 55, 13-28
- AGUDELO, J.; GARCÍA, G. (2010). Aprendizaje significativo a partir de Prácticas del laboratorio de precisión. Colombia: Facultad de Ingeniería, Universidad de Manizales.
- ALBIZZATI, E. et al. (1998). Equipamiento para el aprendizaje de los fundamentos de transferencia de cantidad de movimiento, de energía y de materia. Información Tecnológica (ISSN 0716-8756), vol. 9(4), 349-355
- ALONZO, C.; RODRÍGUEZ, G. (1990). El laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales: ¿Plato fuerte o plato de segunda mesa? Ponencia presentada en el Encuentro Interinstitucional sobre las licenciaturas y posgrados en Ciencias de la Educación, Universidad de Las Américas-Puebla, México. Educación y Ciencia Vol. 1 No. 1.
- ALTSHULER J. (2006). Para una historia de las ciencias físicas y técnicas en Cuba. La Habana, Cuba: Editorial Científico-Técnica
- ARBOLEDA, V. (2009). Proyectos. Formulación, Evaluación y Control. Séptima edición. Cargraphics S. A. Cali, Colombia.

- ARCOS, O. GARCÍA., G. et al. (2009). Las prácticas de laboratorio de física en la formación de Ingenieros en la Universidad Distrital. Una mirada desde sus actores. Editorial Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad Tecnológica Bogotá D.C.
- ARIAS, J. CARMONA, G. (2008). Prácticas de laboratorio no convencionales en física. Un vínculo entre la teoría y la práctica. Trabajo para optar el Título: Licenciado en Matemáticas y Física. Universidad de Antioquia Facultad de Educación departamento de las Ciencias y las Artes. Medellín
- AUSUBEL, D. (1983). Psicología Educativa. México: Trillas S.A.
- ÁVILA, A. (2001). Guía para elaborar la tesis: Metodología de la Investigación; cómo elaborar la tesis y/o investigación, ejemplos de diseños de tesis y/o investigación. Lima: RA
- AYRES, F. (1997). Matemáticas Financieras. McGraw-Hill. Impreandes Presencia S.A. Colombia.
- BARBERÁ, O y VALDÉS, P. (1996) El Trabajo Práctico en la Enseñanza de las Ciencias: Una Revisión. Revista Enseñanza de las ciencias 14(3) págs. 365-379
- BARROLI, E. LABURÚ, C. et al. (2010). Laboratorio didáctico de ciencias: caminos de investigación. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 9, No. 1, 88 - 110. Brasil.
- BEER, P. JOHNSTON, R. (2013). Mecánica vectorial para ingenieros, Tomo I. McGraw-Hill de México. S.A. Sexta edición.
- BERMÚDEZ, H., GALLEGOS, B., BERMÚDEZ, H., F.** (2011). Prototipo mecatrónica para la enseñanza y el aprendizaje del movimiento armónico simple. Scientia Et Technica, vol. XVI. Red de Revistas Científicas de América Latina, El Caribe, España y Portugal.

Sistema de información científica. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.

BERNAL, T. (2010). Metodología De la investigación. Pearson Educación de Colombia Ltda. Tercera edición. Colombia.

BOHÓRQUEZ, L. MARTÍNEZ, S. GALLEGOS, H. (2012). Diseño y construcción de un prototipo autónomo para la práctica experimental de laboratorios de Física. Scientia et Technica año XVII No. 52. ISSN 01222-1701155. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.

BOWLES, Joseph (1981). Manual de laboratorio de suelos en ingeniería Civil. México: McGraw-HIL.

CALERO, M. (2004) Tesis para optar el Magister en Investigación Educativa Superior. Universidad Laica Vicente Rocafuerte. Guayaquil, Ecuador.

CAMPELO, J. (2003). Un modelo didáctico para la enseñanza-aprendizaje de la física. Revista Brasileira de Enseñanza de la Física (on line).Vol. 25, N°. 1. Sao Paulo

CARDONA, F. (2013). Las prácticas de laboratorio como estrategia didáctica. Tesis de Grado previa a optar el título de Licenciado en Ciencias Naturales. Universidad del Valle. Instituto de Educación y Pedagogía. Santiago de Cali, Colombia

CARDONA, C. (2002). Introducción a los Métodos de Investigación en Educación. Madrid: EOS.

- CARRERAS, C. YUSTE, M. Y SÁNCHEZ, J. (2007). La importancia del trabajo experimental en física: un ejemplo para distintos niveles de enseñanza. *Rev.Cub. Física*, 24 (1) 80-83.
- CARRETERO, M. (1993). Constructivismo y educación. Ed. Luis Vives. 6ª edición. Argentina...
- CERVANTES, M. et al. (2009). Alcances y perspectivas del diseño y construcción de prototipos didácticos realizados por estudiantes de ingeniería para su uso en el laboratorio de ciencias experimentales. Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, TESI. México.
-
- CÓRDOBA, P. (2006). Formulación y Evaluación de Proyectos. Ecoe ediciones Ltda. Bogotá, Colombia.
- CRESPO, E. (2008). Docentes en la enseñanza de la física. Universidad del Pinar del Río, Cuba.
<http://www.monografias.com/trabajos29/practicas-laboratorio/practicas-laboratorio.shtml>
- CRUZ, J. (2011). La importancia de usar tecnología en el desarrollo de prácticas de laboratorio de física mecánica. Universidad de San Buenaventura, Cali. Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería –ACOFI. Junio 2011. No. 11.Pp 1-11.
www.acofi.edu.ec
- DICOPED. (2012). Diseño y construcción de prototipos para experimentos de Física I. Publprint, Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ciencias Básicas.

- DIAZ, J. (1999). Laboratorio de fenómenos generales - un ambiente Pedagógico de aprendizaje en ingeniería. Colombia: Universidad del Quindío, Armenia.
- DOÑA, M.E. y SALINAS, J. (2001). Dimensiones de un aprendizaje comprensivo de las ciencias: las actitudes científicas, en Retos de la enseñanza de las ciencias en el siglo XXI. VI Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias. Barcelona.
- FALCÓN, N. et al. (2005). Naturaleza de la luz: Recursos Experimentales didácticos y Recreativos. *Revista Educativa Candidus*, 34 (6), 100-102.
- FERNEY, W. (2004). Prácticas de laboratorio en Ingeniería: Una estrategia efectiva de aprendizaje. *Revista Notas Universitarias*, ISSN: 1794-1997. En: Escritos para la docencia # 4, CEDIP No 11, Ibagué, Diciembre de 2004.
- FLORES, J. CONCESA, M. et al. (2009). El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: Una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje. *Revista de Investigación* vol. 33 No. 68 Caracas dic. 2009). ISSN 1010-2914
- GARCÉS, R. IZURIETA, P. (2007). Diseño y construcción de un equipo experimental didáctico de estructuras modelo tipo armadura y pórtico, para el laboratorio de resistencia de materiales de la FIME. Escuela Politécnica de Ejército. Quito, Ecuador
- GOLOMBEK. D. (2008). Aprender y Enseñar Ciencias: del laboratorio al aula y viceversa. IV Foro Latinoamericano de Educación (Aprender y enseñar ciencias, desafíos y oportunidades) Fundación Santillana. Buenos Aires. Argentina

- GOMÉZ, G. (2012) Influencia del módulo experimental de circuitos eléctricos en el rendimiento académico del curso de Física III en estudiantes del IV ciclo de la especialidad de Física de la Universidad Nacional de Educación. Tesis para optar el Grado Académico de Doctor en Educación. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú
- GONZÁLEZ, P. (2009). Prácticas de laboratorio como investigación científica mediante aprendizaje cooperativo España: Universidad de Almería. Departamento de Ingeniería Química
- GONZÁLEZ, M.; MARCHUETA, J.; VILCHE, E. (2011). Modelo de aprendizaje experiencial de Kolb aplicado a laboratorios virtuales en Ingeniería en Electrónica. México: Facultad de Ingeniería, U.N.L.P.
- HERNÁNDEZ F., ARCELIO. (2001). Los niveles de asimilación del contenido: una pauta para la organización de las prácticas de laboratorio. En: Revista Actas Pedagógicas, año 5 - No.5. Centro de estudios de Didáctica y Pedagogía, Cedip. Ibagué, Junio de 2001
- HERNÁNDEZ, S. ET. AL. (2010). Metodología de la investigación. McGraw-Hill/Interamericana editores, S.A. de C.V. Quinta edición. México D.F.
- HIBBELER, R. (2011). Mecánica de materiales. Pearson Educación de México, S. A. de C.V. Octava edición.
- HIGUITA, C. (2011). Un acercamiento al concepto de polarización de la luz en la educación media. Tesis para optar el Grado de Magister en enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales. Facultad de Ciencias, Medellín, Colombia.

HOLGUÍN, C. (2011). Diseño y construcción de equipo sencillo para la enseñanza de la física. 5º Congreso Nacional de Enseñanza de la Física. Universidad Pedagógica Nacional U.P.N. Bogotá, Colombia del 16 al 20 de mayo del 2011.

IITURRALDE, E. (2013). Aprendizaje Experimental vs Aprendizaje Experiencial. www.aprendizajeexperimental.com/.

• www.AprendizajeExperiencial.com • www.AprendizajeExperiencial.net • www.AprendizajeExperiencial.org.

KUHN, T. (1968). The essential tension. Chicago: University of Chicago Press.

LABORI DE LA NUEZ, BÁRBARA Y OLEAGORDIA A., IÑIGO (2001). Estrategias educativas para el uso de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación. Revista Iberoamericana de Educación, pp. 1-17.

LANDA, R. Y RODRIGUEZ, E. (2013). Impacto de un compendio de experimentos físicos escolares para los estudiantes de la Escuela Militar "Camilo Cienfuegos" de Ciego de Ávila. Revista Digital. Año 11-Número 3. Julio-Septiembre 2013. Universidad de Ciencias Pedagógicas –UCP- “Manuel AscunceDomenech” Ciego de Ávila-Cuba.

LÓPEZ, G. (2005). Breve reseña histórica del laboratorio clínico en Camaguey. RevHumMed v.5 n.2 Ciudad de Camagüey

LUGO, G. (2006). La importancia de Los Laboratorios. Revista Construcción y Tecnología, México D.F. (México). www.imcyc.com

Marín, E. (2008). Escuchando la luz: breve historia y aplicaciones del efecto foto acústico. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 2 (2), 210-215.

MARTINEZ, P; RODRIGUEZ J; MARUGAN C; LASHERAS, J. (2013).Plunging to spilling transition in corner surface waves in the wake of a partially submerged vertical plate. Revista: EXPERIMENTS IN FLUIDS. Volumen: 54. Número: 1. Número de artículo: 1437.

McCORMAC, J. (2013). Análisis estructural. Harper&Row Latinoamericana. México. Sexta edición.

MEJÍA, M. (2008). La investigación científica en educación.Centro de Producción Editorial e Imprenta de la UNMSM. Primera edición, Lima.

MEJÍA, M. (2011). Enfoque cuantitativo de la investigación científica. Centro de Producción Editorial e Imprenta de la UNMSM. Primera edición, Lima.

MELÉNDEZ, J., ARIAS, R., et al. (2010). Diseño y construcción de un Giroscopio didáctico realizado por estudiantes de mecánica para uso en Laboratorios de Física. Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios CTBIS No. 50. Tlanepantla, Estado de México.

MOLINA, M. (2012). Experimento de Física Global Volumen VII. España: Molwick.

MONASTERIO, R. (2001) Óptica Experimental con materiales Casero o de bajo Costo, Conferencia Interamericana sobre educación en Física., Tomo II, 405-419 Universidad Simón Bolívar. Caracas –Venezuela.

- MONTES, G. (2004). Prácticas de Laboratorio en ingeniería: Una estrategia efectiva de aprendizaje. Colombia: Universidad de Antioquia, Revista Notas Universitarias.
- MORENO, P. (2002). Diseño y planificación del aprendizaje.biblio.colmex.mx/curso_formacion de formadores de usuarios. Biblioteca "Daniel Cosío Villegas"
- 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.
- NORRIS, CH. WILBUR, J. (2012). Análisis elemental de estructuras. McGraw-Hill de México S.A. de C.V. Sexta edición.
- N'TOMBELA, G.M. (1999). A marriage of inconvenience? School science practical work and the nature of science, en Leach, J. y Paulsen, A.C. (eds). *Practical work in science education: the face of science in schools*, pp. 118-133. Roskilde: University of Roskilde Press.
- OJEDA, M. ALCALÁ, M. (2007). La enseñanza en las aulas universitarias. Una mirada desde las cátedras: Aspectos curriculares que inciden en las prácticas pedagógicas de los equipos docentes. Revista Iberoamericana de Educación. Buenos Aires.
- PATÍÑO G., LUCELLI. El taller, un continuum entre enseñanza y aprendizaje. En: La práctica de la enseñanza. Notas Universitarias. Centro de estudios de Didáctica y Pedagogía, Cedip. Coruniversitaria. Ibagué. Febrero de 2001.

- PÉREZ, E. (2008) Diseño de Modelos y prototipos experimentales orientados al Aprendizaje de la Óptica. Tesis de Maestría en Educación en Física, FACE, Universidad de Carabobo
- PÉREZ, E. Falcón, N. (2009) Diseño de Modelos y prototipos experimentales orientados al Aprendizaje de la Óptica. Revista Eureka Enseñanza y Divulgación de las Ciencias páginas 452-465.
- PRENSKY, MARC (2001). Digital natives, digital Immigrants: MCB UniversityPress. Vol. 9, N°. 6. Bradford, pp. 1-9. Perkins, David y Blythe, Tina (1994). Putting understanding up-front.EducationalLeadership.Vol.51, N°. 5, Boston, pp. 4-7.
- RIVERO, H. et al. (2004). Como mejorar mi clase de Física nivel superior. Editorial Trillas. México.
- ROCA, A. (2014). La ingeniería y el laboratorio. 100 años de historia en Barcelona. GeocritiQ. 25 de mayo de 2014, nº 54. [ISSN: 2385–5096]. <<http://www.geocritiq.com/2014/05/la-ingenieria-y-el-laboratorio-100-anos-de-historia-en-barcelona/>>
- RODRÍGUEZ, G. CRUZ, S. et al. (2009). Prototipo didáctico de un proceso para la enseñanza de la Mecatrónica. Universidad Tecnológica de Huejotzingo-Universidad Politécnica de Tlaxcala.8º Congreso Nacional de Mecatrónica. Veracruz, México.
- ROJAS, L. (2008). Evaluación de Proyectos para ingenieros. Ecoe Ediciones. Primera edición. Bogotá, Colombia.
- RUÍZ, O. (2007).Modelos didácticos para la enseñanza de las Ciencias Naturales. Revista Latinoamericana de Estudios Educativos

(Colombia) vol. 3, numero 2 julio-diciembre 2007. Página 41 a 60. Universidad de Caldas, Manizales Colombia.

RUÍZ, D.; MAGALLON, J.; MUÑOZ, E. (2006). Herramientas de aprendizaje activo en las asignaturas de ingeniería estructural. Colombia: Departamento de Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Javeriana.

SALVADOR, G. (2001). Experimentos de Física. México: Federación Latinoamérica de Sociedades de Física, FELASOFI.

SÉRÉ M. (2002) La enseñanza en el laboratorio. ¿qué podemos aprender en términos de conocimiento práctico y de actitudes hacia la ciencia? DidaScO, Université Paris Sud XI. F-91405 Orsay. Investigación científica. Enseñanza de las ciencias, 2002, 20 (3), 357-368.

SERRANO, M.; SOLARTE, N.; PERÉZ, D.; et al. (2011) La investigación como estrategia pedagógica del proceso de aprendizaje para Ingeniería Civil. Colombia: Revista Educación en Ingeniería, Universidad Pontificia Bolivariana.

SINGER, F. (2009). Mecánica para Ingenieros. Primera parte Estática. Harla S.A. de C.V. México, D.F.

SZIGETY, E. et al. (2009). Medición del índice de refracción del agua usando Materiales sencillos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(1), pp. 146-150.

TENTI, E. (2007). Escolarización con pobreza: desarrollo reciente de la Educación Básica en América Latina. Editor: Prometeo Libros, 2007. Buenos Aires Argentina

- URREA, Q.; NIÑO, J.; GARCÍA, J.; et al. (2013). Del aula a la realidad. La importancia de los laboratorios en la formación del Ingeniero. Caso de estudio: Ingeniería Aeronáutica. Colombia: Universidad Pontificia Bolivariana.
- VIDES, D. (2006). Metodología para realizar modelos de concreto reforzado a escala reducida. Proyecto de Grado en la modalidad de investigación para optar el Título de Ingeniero Civil. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Bucaramanga
- VIRÉ, A. (2011). Elaboración de prácticas de laboratorio de física con materiales de bajo costo para la aprehensión de los conocimientos de la mecánica newtoniana de los estudiantes de primer año de bachillerato especialidad físico-matemáticas del colegio experimental universitario Manuel Cabrera Lozano periodo 2010-2011. Tesis para obtener el Grado del área de Educación, El Arte y la Comunicación. Carrera de Físico Matemáticas. Universidad Nacional de Loja
- VYGOTSKI. LEV (2000). El desarrollo de los procesos psicológicos superiores. Serie Biblioteca de bolsillo ISBN 8484320464. Barcelona, pp. 123-130.
- WOOLNOUGH, B.E. ALLSOP, T. (1985). Practical work in science. Cambridge: Cambridge University Press

Ing. Laura Calero Proaño, Ph.D

Doctora en Geografía por la Universidad de Navarra con enfoque en territorio, turismo y paisaje. Ingeniera Ambiental de formación profesional y maestrías en investigación social aplicada al medio ambiente por la Universidad Pablo de Olavide (España) y en Biodiversidad, paisaje y gestión sostenible por la Universidad de Navarra (España). Ha trabajado como asistente técnica en instituciones privadas y públicas en el campo de la calidad y educación ambiental. Actualmente, se desempeña como docente contratada por la Universidad de Guayaquil para las asignaturas de grado: Ecodiseño, Ambiente y Ciudad y Matemáticas, participa como miembro del comité científico en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo y es directora del proyecto Fondo Competitivo Institucional 2017 Estudio preliminar de indicadores de calidad acústica ambiental en cuatro sectores de Guayaquil. Ha realizado cursos para ser especialista en Sistemas de Información Geográfica (SIG), Paisaje y Gestión de riesgos. En la actualidad se desempeña como gestora de formación en el departamento de Posgrado en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Guayaquil.

Ing. Marcial Calero Amores, Ph.D

Doctor (PhD) en Educación Universidad Nacional Mayor de San Marcos Perú- enero 2017. Magíster Scientiae en Desarrollo de Recursos Aguas y Tierras, Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras CIDIAT- Universidad de Los Andes, Mérida - Venezuela 1988. Magíster Scientiae en Ciencias de la Educación, Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil. Diciembre del 2004. Ingeniero Civil, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Guayaquil-Ecuador 1983. Docente en la Universidad de Guayaquil y Universidad Laica Vicente Rocafuerte. Miembro del Comité Científico de la Universidad de Guayaquil, Facultad de Arquitectura y Urbanismo 2017. Decano en la Facultad de Arquitectura en la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil desde enero del año 2011 a 2013. Decano en la Facultad de Ingeniería Civil en la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil desde enero del año 2004 al 2010. Investigador docente en la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, 2011. Evaluador designado por SENESCYT para Concurso de Méritos y Oposición Para selección de Docentes -UPSE 2014. Coordinador de Maestrías en el Centro de Estudios de Posgrado de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte 2005-2007

ISBN: 978-9942-770-26-4



compAs