



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura

Maestría en Arquitectura

Campo de Conocimiento Tecnología

ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LAS ESTRUCTURAS EN PROYECTOS ARQUITECTÓNICOS

Tesis

Que para optar por el grado de

Maestro en Arquitectura

Presenta:

Arq. José Luis Encarnación Miranda

Tutor

Dr. Humberto Acedo Espinoza- Facultad de Arquitectura

Miembros del Comité Tutor:

Dr. Juan Gerardo Oliva Salinas - Facultad de Arquitectura

Mtro. Francisco Reyna Gómez - Facultad de Arquitectura

Mtro. Jorge Rangel Dávalos - Facultad de Arquitectura

Mtro. Ernesto Ocampo Ruiz - Facultad de Arquitectura

Ciudad Universitaria, CDMX. Junio 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura

Maestría en Arquitectura

Campo de Conocimiento Tecnología

ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LAS ESTRUCTURAS EN PROYECTOS ARQUITECTÓNICOS

Tesis

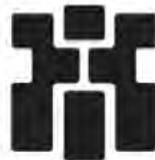
Que para optar por el grado de

Maestro en Arquitectura

Presenta:

Arq. José Luis Encarnación Miranda

Ciudad Universitaria, CDMX. Junio 2018



INSTITUTO
DE INVESTIGACIONES
HISTÓRICAS



Tutor

Dr. Humberto Acedo Espinoza

Comité Tutor:

Dr. Juan Gerardo Oliva Salinas - Facultad de Arquitectura

Mtro. Francisco Reyna Gómez - Facultad de Arquitectura

Mtro. Jorge Rangel Dávalos - Facultad de Arquitectura

Mtro. Ernesto Ocampo Ruiz - Facultad de Arquitectura

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México por la oportunidad de realizar los estudios de Maestría.

A los profesores del Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura por las enseñanzas brindadas durante los estudios de Maestría.

A mis compañeros y amigos que hicieron especial estos años de camino a su lado, por la motivación y las ganas que me contagiaron con su gran ímpetu.

Especialmente al Doctor Juan Gerardo Oliva Salinas, por la gran confianza brindada para el desarrollo de la investigación, por las todas enseñanzas y consejos compartidos, por todo el gran apoyo y motivación que me dio para participar en congresos internacionales.

Al Mtro. Jorge Rangel Dávalos por su dedicación y gusto por la docencia, por todas las sesiones de taller que siempre planea con tanto esmero para ayudarnos en nuestros trabajos de investigación.

Al Mtro. Ernesto Ocampo Ruiz por toda la motivación que nos contagia, por ayudarnos a adquirir confianza en nuestros temas de investigación.

Al Doctor Humberto Acedo Espinoza, por el apoyo brindado durante los estudios de maestría y el trabajo de investigación.

Al Mtro. Francisco Reyna Gómez por todos los consejos y enseñanzas compartidas, por siempre apoyarnos con nuestros temas de investigación.

Al Arquitecto Alejandro Pichardo Morales por su amistad, por el apoyo y enseñanzas brindadas, gracias por los consejos y compartir conmigo su experiencia, por siempre confiar en mí y motivarme a mejorar.

A mis amigos Sury Adaid Gómez, Fernando Baselis, Alejandra Barreda, Liliana Maldonado, Beatriz Maya, Gustavo Cosme, Fanny Cocom, Rodrigo Contreras, Xalli Farrera y Susana Estrada gracias a todos por su apoyo en la realización del tema de investigación con sus aportaciones, comentarios, opiniones y colaboración para la elaboración de la investigación y presentación del tema.

A los alumnos que participaron con gran entusiasmo en el proyecto de investigación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología "CONACYT" por la beca otorgada para el desarrollo de esta investigación.



Dedicatorias

A mi Familia: mi madre Isabel Miranda, mi sobrina Ximena Caballero y mi hermana Rita Miranda por todo el apoyo y cariño que me brindan todos los días.

A mi alma mater la UNAM y la FES ACATLÁN por la oportunidad de formar parte de su planta docente.

A los alumnos que me han motivado a mejorar y que con su talento y entusiasmo me han mantenido con interés de aprender más y compartir conocimiento.

Índice

Estrategia didáctica para la enseñanza de las estructuras en proyectos arquitectónicos

Índice

- Resumen	
- Introducción.....	11
- Objetivo general.....	12
- Objetivos particulares.....	12
- Hipótesis.....	12
- Capítulo 1. Estructuras en la Arquitectura.....	13
- Definiciones y conceptos.....	14
- Capítulo 2. Didáctica y proyectos con aplicaciones de criterio estructural en Universidades.....	18
- Japón: Mukogawa Women's University.....	20
- Estados Unidos: Rensselaer Polytechnic Institute.....	21
- Estados Unidos: University at Buffalo.....	21
- Polonia: Wroclaw University of Science and Technology.....	22
- Canada: University of Calgary.....	22
- Reino Unido: Sheffield Hallam University.....	23
- México: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente.....	24
- México: Facultad de Arquitectura-UNAM.....	24
- Capítulo 3. Estilos de aprendizaje	25
- Modelos de estilos de aprendizaje.....	26
- Tipos de aprendizaje.....	28
- Estrategias didácticas de enseñanza-aprendizaje.....	29

- Capítulo 4. Diseño e implementación de la estrategia didáctica.....	31
- Resumen.....	32
- Etapas.....	32
- 1. Diagnóstico del grupo.....	33
- 2. Diseño de estrategia didáctica, elección de contenidos y recursos didácticos.....	38
- 3. Ejercicio práctico de diseño.	40
- 4. Implementación del curso-taller.....	41
- 5. Resultados del ejercicio práctico de diseño.....	47
- 6. Comentarios del grupo sobre la estrategia didáctica implementada.....	48
- Comentarios finales.....	51
- Conclusiones y trabajo futuro	52
- Referencias.....	57
- Índice de Figuras	61

Estrategia didáctica para la enseñanza de las estructuras en proyectos arquitectónicos

Resumen

Este documento presenta una propuesta de enseñanza desarrollada por medio de una estrategia didáctica que fue diseñada considerando diferentes estilos de aprendizaje, dicha estrategia fue probada e implementada con alumnos del séptimo al noveno semestre de la licenciatura en arquitectura en la Facultad de Estudios Superiores Acatlán-UNAM mediante un curso-taller, con el fin de generar en los estudiantes la comprensión de criterios estructurales mediante el uso de diversas herramientas y recursos didácticos.

Para el desarrollo de la estrategia didáctica se plantearon contenidos teóricos que fueron integrados a las sesiones de taller utilizando múltiples recursos didácticos como: clips de video, análisis y diálogos de grupo en clase, modelos físicos y maquetas de estudio, prácticas de laboratorio, prácticas de campo, dinámicas de grupo, modelos 3d virtuales, análisis de construcciones representativas, uso de tecnologías de información y redes sociales.

De tal forma que estos recursos didácticos apoyaran la comprensión de las temáticas planteadas durante el curso-taller, motivando el aprendizaje significativo y autónomo en los alumnos, con el propósito de enseñar a los estudiantes la relación que existe entre la forma del proyecto arquitectónico, la transferencia de las cargas, los tipos de esfuerzos, las características de los materiales y el sistema estructural probable de las propuestas arquitectónicas elaboradas en sus proyectos universitarios.

El planteamiento general de la propuesta didáctica tiene las siguientes etapas: diagnóstico de grupo, elección y organización de contenidos teóricos, diseño de estrategia didáctica y recursos didácticos, planteamiento de un ejercicio práctico de diseño, análisis de resultados y comentarios finales sobre la estrategia didáctica implementada.

Esta propuesta surge como una alternativa de enseñanza que sea útil para que los alumnos de arquitectura adquieran conocimientos básicos sobre criterios estructurales, mediante herramientas didácticas basadas en la observación, la experimentación y las experiencias prácticas. Teniendo como resultados las propuestas de proyectos realizadas por los alumnos representadas por medio de modelos 3d virtuales, modelos físicos y planos de proyecto.

En síntesis, el propósito de la estrategia didáctica es motivar el aprendizaje de los estudiantes de arquitectura utilizando un método alternativo de enseñanza que este apoyado de diversos recursos didácticos que sean agradable para los alumnos, donde ellos sean parte del desarrollo de las sesiones de clase, teniendo participación en los contenidos y temas propuestos a través de dinámicas individuales y de grupo mediante ejercicios prácticos de aprendizaje.

Introducción

Estrategia didáctica para la enseñanza de las estructuras en proyectos arquitectónicos

Introducción

El origen del proyecto de investigación surge a partir de la integración del autor como profesor en la Facultad de Estudios Superiores Acatlán- UNAM, en la asignatura de elementos prefabricados, en la cual los estudiantes tienen como ejercicio práctico durante el curso, el diseño y solución de propuestas constructivas con elementos prefabricados arquitectónicos y estructurales de concreto, en un proyecto arquitectónico de su elección.

Durante este ejercicio, se pudo constatar que es complicado para los estudiantes visualizar, entender y concebir cómo se integra el proyecto estructural con el proyecto arquitectónico. También se percibe que, de cierta forma los estudiantes consideran que el diseño estructural es un tema complicado, difícil de entender y aprender.

Esta ausencia de criterios básicos de diseño estructural en los estudiantes de licenciatura, despertó el interés del autor por utilizar herramientas didácticas de enseñanza que permitan la comprensión de la relación de la forma arquitectónica y geométrica del proyecto con la transferencia de las cargas y las características del sistema estructural propuesto durante la etapa inicial del diseño del proyecto arquitectónico. Algunos autores, han implementado propuestas de enseñanza basadas en este principio, con aplicación en tenso-estructuras Oliva y Ontiveros [1].

Este proyecto de investigación surge con las siguientes preguntas: ¿qué pasaría si se cambiara la forma de enseñar los criterios estructurales a los alumnos de arquitectura?, ¿qué tipo de herramientas y recursos didácticos podrían ser utilizados?, ¿cómo motivar el interés de los alumnos durante las clases?, ¿qué cambiaría en las propuestas de proyectos realizadas por los alumnos?

Por lo tanto, la propuesta consistió en desarrollar e implementar una estrategia didáctica para la enseñanza, aprendizaje y comprensión de criterios estructurales, mediante herramientas didácticas que fueran agradables a los estudiantes de arquitectura, basadas en la observación y las experiencias prácticas, utilizando diversos recursos didácticos como: clips de video, modelos físicos y maquetas de estudio, prácticas de laboratorio, prácticas de campo, dinámicas de grupo, modelos 3d virtuales, análisis de construcciones representativas, uso de tecnologías de información y redes sociales.

De tal forma que, estas herramientas didácticas ayuden a los estudiantes a modular y determinar la posición de los elementos estructurales, utilizando criterios como: el pre dimensionamiento, propuestas de materiales y formas geométricas, entendiendo el comportamiento básico de los esfuerzos y su transmisión por medio de la estructura del proyecto. De esta manera, los estudiantes podrán utilizar estos criterios, desde la etapa inicial del diseño del proyecto. Algunos autores, han desarrollado ejercicios prácticos, para constatar la importancia de la retroalimentación en las etapas tempranas del diseño de proyectos Brown y Mueller [2].

En resumen, el propósito de la estrategia didáctica es motivar el aprendizaje de los estudiantes, utilizando un método alternativo de enseñanza que involucre a los estudiantes en el desarrollo de propuestas con criterios estructurales, en donde las sesiones de clase motiven en los estudiantes, la curiosidad por comprobar físicamente sus propuestas de diseño, previo a la validación del cálculo estructural, ampliar la visión con respecto a las posibilidades en el uso de materiales, así mismo, guiarlos hacia las fuentes de información que sean útiles a sus proyectos. Algunos autores han desarrollado investigaciones sobre el uso de materiales sustentables y su aplicación al diseño arquitectónico y estructural Oliva *et al.* [3]. Por otra parte, se ha ampliado la visión sobre los materiales y las posibilidades que tiene la elección del material en las propuestas de diseño Ashby *et al.* [4]. De esta forma el documento presenta el método utilizado, el cual responderá a las preguntas planteadas al inicio de la investigación mostrando las dinámicas desarrolladas, la participación y opinión de los alumnos sobre la estrategia didáctica implementada y los resultados obtenidos.

Los contenidos generales de los capítulos que forman parte del documento son:

Capítulo 1: Estructuras en la arquitectura, se presentan algunas definiciones de diversos autores y fuentes que permitan ubicar el tema y entender la intención de los objetivos de la estrategia didáctica.

Capítulo 2: Didáctica y proyectos con aplicaciones de criterio estructural en Universidades, se mencionan algunos ejercicios de enseñanza aprendizaje donde se utilizan estrategias didácticas para motivar la generación de ideas en los alumnos y el diseño de proyectos mediante el uso criterios estructurales y noción estructural.

Capítulo 3: Estilos de aprendizaje y estrategias didácticas, se abordan temáticas referentes a los estilos y modelos de aprendizaje, así como la parte correspondiente a las estrategias didácticas, este capítulo permite enfocar los fundamentos que se utilizaron para el diseño de la estrategia didáctica y la elección de recursos didácticos para la implementación de la estrategia didáctica.

Capítulo 4: Diseño e implementación de la estrategia didáctica, se describen las etapas que conformaron la estrategia didáctica, exponiendo los detalles de la implementación de la estrategia didáctica por medio del curso taller.

Conclusiones y trabajo futuro, se comentan los resultados obtenidos en la implementación de la estrategia didáctica y la prospectiva del tema.

Objetivo General

Implementar una estrategia didáctica para la enseñanza y comprensión del criterio estructural dirigida a estudiantes de arquitectura, por medio de un método de enseñanza alternativo basado en la observación, la experimentación y las experiencias prácticas.

Objetivos Particulares

Integrar la estrategia didáctica considerando diferentes estilos de aprendizaje haciendo uso de diversos recursos didácticos que promuevan el aprendizaje significativo y autónomo en los estudiantes.

Generar una herramienta de enseñanza-aprendizaje que permita a los alumnos adquirir práctica y conocimientos para integrar el proyecto arquitectónico con el criterio estructural en sus propuestas de proyectos.

Evaluar la implementación de la estrategia didáctica con alumnos del séptimo al noveno semestre de la licenciatura en arquitectura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán.

Hipótesis

Implementar una estrategia didáctica para alumnos de arquitectura mediante un método alternativo de enseñanza basado en la observación, la experimentación y ejercicios prácticos de aprendizaje que consideren diversos estilos de aprendizaje y múltiples recursos didácticos para la enseñanza y comprensión del criterio estructural, permitirá que los alumnos desarrollen conocimientos y habilidades que les permitan generar mejores propuestas de proyectos arquitectónicos con criterios estructurales y sistemas constructivos adecuados.

Capítulo 1.

Estructuras en la Arquitectura

Capítulo 1. Estructuras en la Arquitectura

Definiciones y Conceptos

A manera de síntesis se presentan algunas definiciones que permiten enfocar la temática a abordar en el diseño e implementación de la estrategia didáctica.

Estructura

Clark y Pause [5], definen la estructura como:

... formada por planos, por soportes aislados o por una combinación de ambos que el diseñador puede utilizar intencionalmente para reforzar o materializar ideas. En este contexto, los pilares, los muros y las vigas pueden entenderse en función de conceptos como frecuencia, trazado, simplicidad, regularidad, aleatoriedad y complejidad. Como tal, la estructura puede utilizarse para definir el espacio, crear unidades, articular la circulación, sugerir el movimiento o desarrollar la composición y las modulaciones. De este modo la estructura queda ligada de modo inextricable a los propios elementos que crean la arquitectura, su cualidad y su emoción.

Esta definición ayuda a entender que la estructura está totalmente ligada a la arquitectura, al diseño y distribución de los espacios, siendo la estructura una herramienta que debe ser aprovechada en el proceso del diseño arquitectónico de espacios y edificaciones.

Para fines de esta investigación, la estructura se entenderá como: el conjunto de elementos que funcionan entre sí para transmitir las cargas y resistir los esfuerzos a los que son sometidos, de acuerdo a su posición, forma y geometría.

En el estudio de Suckle [6], el arquitecto Arthur Erickson menciona que:

... la estructura es el elemento más fuerte y potente de la forma, hasta el punto de que, si no es el último en considerarse en la larga serie de decisiones que condicionan la forma, distorsiona o modifica todos los demás factores determinantes de un edificio. En ese caso deduciríamos que la estructura ha dictado todos los demás aspectos del proyecto. Los usuarios no deberían tener que comportarse tal como dictan los pilares; más bien debería ser lo contrario.

Considerando estas aportaciones se puede decir que la estructura es un elemento que se debe jerarquizar y proponer de manera simultánea durante en el proceso de diseño de proyectos arquitectónicos ya que en la medida que se tenga esta habilidad se lograrán resultados factibles y ahorro de los recursos económicos y materiales.

Geometría Descriptiva

Para Sánchez [7] la geometría descriptiva es la:

...ciencia aplicada cuyo fin específico es la racionalización geométrica de los temas espaciales en los lenguajes gráficos.

El objetivo principal de esta ciencia según Baeza [8] es:

...la capacidad de imaginar y representar las formas (arquitectónicas) que su imaginación sea capaz de producir y su teoría convalidar.

Geometría Estructural

Oliva [9] define la Geometría Estructural como:

...la complementación armónica y equilibrada de la geometría con la Mecánica, [...], la comprensión básica de la mecánica de materiales y en conjunción con el hábil manejo de la geometría y su relación con la forma y el comportamiento estructural más adecuado de la misma.

Oliva [1] define también la Mecametría como:

...la combinación de la mecánica y la geometría y su aplicación al diseño estructural y arquitectónico.

Diseño Estructural

El diseño estructural es otra faceta dentro del proyecto, K. Ching [10, p. 27], lo define como:

...proceso de organizar, interconectar, dimensionar y proporcionar los componentes de un sistema estructural cuya función consiste en transferir una serie dada de cargas, sin exceder la resistencia de los materiales empleados.

Sistemas estructurales

K. Ching [10, p. 22] define un sistema como:

...la unión de partes interrelacionadas o interdependientes que forman un conjunto más complejo y unificado al servicio de un propósito común".

También define al sistema estructural como:

...la unión estable de una serie de elementos estructurales, diseñados y construidos para soportar y transmitir las cargas aplicadas al terreno de una forma segura, sin exceder las tensiones admisibles de cada uno de los componentes.

Relación entre forma arquitectónica y la forma estructural

Existe una estrecha relación entre la forma arquitectónica y la estructural. Charleson [11, p. 34] observa algunas cuestiones arquitectónicas y reflexiona sobre ellas, menciona que:

...a cierta distancia, la forma o la volumetría del edificio, más que cualquier otro detalle exterior, es lo que domina visualmente e invita a investigar las relaciones entre la forma arquitectónica y la forma estructural.

Para Ching [12] la forma arquitectónica es:

... una expresión global que se refiere en primer lugar al contorno exterior o figura de un edificio y, en menor medida, a su organización interna y a sus rasgos unitarios: también señala que esa figura comprende varias propiedades visuales y relacionales a saber: tamaño, color y textura, posición, orientación e inercia visual.

Es importante explicar la expresión “forma estructural”, en algunos escritos de arquitectura y en sentido habitual se refiere a la esencia de la estructura de un edificio. Charleson [11, p. 36] la entiende como:

...el sistema estructural primario de un edificio o el que más domina visualmente.

Con base en las definiciones antes mencionadas y para fines de la investigación se entenderá como “forma arquitectónica” a “la volumetría de un proyecto arquitectónico”. De igual manera la expresión “forma estructural” también se entenderá en la investigación como “sistema estructural”.

Clasificación de los sistemas de estructuras por transferencia de carga

Engel [13, p. 41] desarrollo un sistema para clasificar las estructuras en cuatro categorías; forma activa, vector activo, superficie activa y sección activa, cada una se basa en:

- Forma activa: son sistemas de material flexible, no rígidos, en los que la transmisión de las cargas se realiza a través del diseño de una forma adecuada y una estabilización característica de la forma. (Estructuras de: arco, cables).
- Vector activo: son sistemas de elementos lineales cortos, sólidos y rectos (barras) en los que la transmisión de fuerzas se realiza mediante descomposición vectorial, es decir, a través de una subdivisión en fuerzas unidireccionales (compresiones o tracciones). (Estructuras espaciales, armaduras rectas y curvas, geodésicas)
- Superficie activa: son sistemas de superficies flexibles, pero resistentes a tracciones, compresiones y esfuerzos cortantes, en los que la transmisión de fuerzas se realiza a través de la resistencia de las superficies y una determinada forma de las superficies. (Estructuras: laminares, plegadas, membranas, cascarones)
- Sección activa: son sistemas de elementos lineales rígidos y macizos, en los que la transmisión de las cargas se efectúa a través de la movilización de fuerzas seccionales. (Estructuras de: vigas, losas, marcos)

Relación entre la estructura y el proyecto arquitectónico

Engel [13, p. 16] realiza una aportación interesante sobre este tema mencionando que:

...las estructuras definen las construcciones de forma fundamental: su generación, su ser, su efecto. Por ello, el desarrollo de un concepto estructural es una parte imprescindible del proyecto arquitectónico. De ahí que la diferenciación habitual entre diseño de estructuras y diseño arquitectónico - referente a los contenidos, procedimientos y valoración e, incluso, a su ejecución - no tiene justificación y está en contradicción con el ser y la idea de la arquitectura. La diferenciación entre diseño arquitectónico y estructural debe desaparecer.

Con respecto a la relación entre la estructura y el proyecto arquitectónico García [14] define que:

...la estructura de un edificio, determina unas dimensiones y proporciona una escala, provee orden y establece las principales proporciones. Define la forma básica de los espacios y determina la posibilidad/capacidad del edificio de modificar o transformar con el tiempo, sus funciones. Dicho de otra manera, un buen proyecto arquitectónico debe compaginar la definición espacial y estructural desde el primer momento en un ámbito de intersección que necesariamente, debe incluir estos dos conceptos, tipología estructural y predimensionado, dentro de su definición básica, fundamental.

Las aportaciones mencionadas apoyan el valor que tiene integrar criterios estructurales de forma simultánea al proceso de diseño del proyecto arquitectónico, ya que esto permite aprovechar la estrecha relación entre estos dos elementos del diseño.

Es interesante el hecho de integrar algunas definiciones y aportaciones que tengan relación con la intención de la estrategia didáctica, la cual tiene como objetivo generar en los alumnos conocimientos y criterios que sean útiles y aplicables al momento de integrar la estructura con el proyecto arquitectónico. Así como estos autores han resaltado la importancia de integrar estructura y proyecto, es también la intención del proyecto de investigación desarrollar en los alumnos la comprensión de estos conceptos y el aprovechamiento del conocimiento adquirido en la realización de propuestas arquitectónicas que consideren la aplicación e integración de criterios estructurales desde la etapa inicial del diseño del proyecto.

**Capítulo 2. Didáctica y proyectos con
aplicaciones de criterio estructural en
Universidades**

Capítulo 2. Didáctica y proyectos con aplicaciones de criterio estructural en Universidades

Como apoyo en la etapa de diseño de la estrategia didáctica y recursos didácticos se consultaron documentos sobre ejercicios de diseño relacionados con estudios, prácticas y ejercicios desarrollados en cursos taller en diferentes universidades del mundo, bajo el concepto de criterio y noción estructural ligada a la geometría, la forma y función.

Todo esto con la finalidad de identificar las técnicas, los objetivos, métodos aplicados y los resultados obtenidos en estos proyectos y cursos taller, para tener una visión inicial de que herramientas pudieran integrarse y ser útiles como parte de la estrategia didáctica propuesta en esta investigación.

Se presenta un mapa que muestra los países y algunas universidades y facultades en donde se realizan investigaciones y trabajos relacionados con el criterio y noción estructural, algunos de estos trabajos fueron consultados por el autor como parte de la investigación del tema.



Figura 1. Algunos países y universidades donde se realizan ejercicios de criterio estructural. Fuente: Elaboración propia

La imagen permite apreciar que en distintos lugares del mundo y en diferentes universidades los temas de la noción estructural y la enseñanza de las estructuras son de gran interés y se realizan propuestas y proyectos con diseños que permitan a los alumnos entender la temática, a continuación se presentaran algunos ejemplos de estos estudios y ejercicios desarrollados en algunas de estas universidades y países.

Japón: Mukogawa Women's University

Proyecto: Design and Fabrication of Modern Ger utilizing Pantadome System in Architectural Design Class [15].
(Diseño y fabricación de ger moderno utilizando el sistema pantadome en la clase de diseño arquitectónico).

Este ejercicio fue implementado para que a través de las experiencias prácticas los estudiantes aprendieran los principios del sistema pantadome y su aplicación en estructuras espaciales, así como, en el diseño arquitectónico.

Se desarrollaron diagramas de diseño para el ascenso y forma del sistema, además algunos modelos físicos a diferentes escalas para el estudio del sistema y construcción.



Figura 2. Algunos de los ejercicios elaborados para el desarrollo del sistema propuesto. Fuente: H. Tagawa, et al. [15]

Estados Unidos: Rensselaer Polytechnic Institute

Proyecto: Modeling and Load Testing of Cable Net Structures [16].

(Modelado y pruebas de carga en estructuras de red de cables).

Este curso tiene como objetivo que los estudiantes desarrollen e incrementen la intuición práctica y comprensión de los sistemas estructurales, de tal forma que durante el curso los alumnos resuelven los ejercicios tomando decisiones, probando modelos y observando visualmente el comportamiento de los modelos realizados.



Figura 3. Elaboración de modelos y pruebas de comportamiento en laboratorio. Fuente: I. Markov [16]

En este ejercicio se desarrollaron modelos de estructuras de red de cables y se analizó en un laboratorio el comportamiento de los modelos.

Estados Unidos: University at Buffalo

Proyecto: Casting Thin-Shell Structures With Experimental Materials and Fabrication Methods: An Architectural Design Pedagogy [17].

(Elaboración de estructuras de capa fina con materiales y métodos de fabricación experimentales: una pedagogía de diseño arquitectónico).

Este proyecto involucro a los estudiantes con la experimentación de materiales no convencionales para la fabricación de estructuras de cascarones delgadas, con el fin de cultivar en los estudiantes intuición estructural a través de pruebas y experimentos.

El curso se desarrolló mediante actividades prácticas lo que permite a los alumnos la constante experimentación de los comportamientos físicos de los materiales que fueron utilizados como son: fibras de desecho, papel, mortero, entre otros.



Figura 4. Ejercicios realizados por los alumnos durante el curso. Fuente: G. Rafailidis y S. Davidson [17]

Polonia: Wrocław University of Science and Technology

Proyecto: Teaching Spatial Structures Through Interdisciplinary Projects [18].

(Enseñanza de estructuras espaciales a través de proyectos interdisciplinarios).

En este curso los alumnos deben demostrar la aplicación práctica del conocimiento adquirido durante sus clases de sistemas estructurales mostrando la capacidad de comprensión integral del proceso de diseño arquitectónico como una relación interactiva entre la arquitectura y los sistemas estructurales.

Este ejercicio desarrolla análisis por medio de modelos 3d virtuales para simular el desarrollo del proyecto arquitectónico, así como la propuesta estructural y constructiva de los proyectos generados.



Figura 5. Ejemplos de algunos casos de estudio desarrollados en este curso. Fuente: R. Tarczewski, et al. [18]

Canada: University of Calgary

Proyecto: Understanding the Critical Role of Materiality in Academia through Design-Build Projects [19].

(Comprender el papel crítico de los materiales en la academia a través de proyectos de diseño y construcción).

Este proyecto examina la importancia de conocer y considerar las propiedades de los materiales y su comportamiento como elementos para construcción durante el proceso de desarrollo de proyectos arquitectónicos en la formación académica de los alumnos.

En este curso se realizó el diseño y construcción de un pabellón utilizando como material chapa de madera, elaborando modelos a escala y estudiando las propiedades del material y la posibilidad de generar formas.



Figura 6. Ejercicios y modelo realizado durante el diseño del pabellón. Fuente: M. Soto y C. Turney [19]

Canada: University of Calgary

Proyecto: The Use of Physical Models to Teach Structures in Architecture School: A Pedagogical Approach [20].
(El uso de modelos físicos para enseñar estructuras en la escuela de arquitectura: un enfoque pedagógico).

Este proyecto enfatiza la importancia de integrar modelos físicos como herramientas de análisis como respaldo a los contenidos de los cursos de mecánica de materiales y estructuras.

En este ejercicio se presentan las pruebas realizadas con algunos modelos físicos lo que permite a los alumnos analizar el comportamiento de estos modelos ante los esfuerzos a los que son sometidos.



Figura 7. Modelos físicos elaborados por los alumnos durante las pruebas realizadas. Fuente: M. Soto [20]

Reino Unido: Sheffield Hallam University

Proyecto: Structural Intuition and Creative Play: An Architectural Perspective to Shell Pedagogies [21].
(Intuición estructural y desempeño creativo: una perspectiva arquitectónica y pedagógica de los cascarones).

Este proyecto expone métodos de enseñanza y aprendizaje en la educación arquitectónica y en el diseño de cascarones mediante experiencias creativas y prácticas.

Se desarrollaron modelos físicos, estrategias y ejercicios implementados en diferentes cursos taller con la participación de los alumnos en la construcción de los modelos a diferentes escalas y con materiales diversos.



Figura 8. Modelos físicos desarrollados durante el curso taller. Fuente: G. Tang [21]

México: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente

Proyecto: Reciprocal Frame Structures, a First Academic Approach to Sustainable Structures [22].
(Estructuras de marcos recíprocos, un primer acercamiento académico a estructuras sostenibles).

En este proyecto los estudiantes aprendieron las propiedades sostenibles y estructurales de los materiales aplicándolos a sistemas de construcción desde la perspectiva geométrica y material, con un impacto mínimo en su entorno.

Se desarrollaron estructuras de marco recíproco, sin herramientas complejas y con materiales locales para construir sistemas estructurales para toldos y puentes.



Figura 9. Alumnos elaborando estructuras de marcos recíprocos. Fuente: N. Gutiérrez, et al. [22]

México: Facultad de Arquitectura - UNAM

Proyecto: Enseñando a diseñar y construir tenso-estructuras [1].

Este proyecto presenta los resultados obtenidos al implementar la enseñanza de las tenso-estructuras en alumnos de arquitectura a través de la transmisión de conocimientos simultáneos de geometría estructural y mecánica.

Se desarrollan propuestas de velarias en modelos físicos a escala reducida y posteriormente se realizan propuestas a escala mayor con el fin de que los alumnos apliquen los conocimientos adquiridos durante el curso.



Figura 10. Propuestas de velarias desarrolladas por los alumnos durante el curso. Fuente: J.G. Oliva y M.J. Ontiveros [1]

Capítulo 3. Estilos de aprendizaje y estrategias didácticas

Capítulo 3. Estilos de aprendizaje y estrategias didácticas

Modelos de estilos de aprendizaje

Algunos autores como Pantoja, Duque y Correa [23] han recopilado y documentado información con respecto a los modelos de aprendizaje, algunas de sus aportaciones serán mencionadas como apoyo al tema de investigación.

Dentro de la literatura diversos autores han definido el término “estilos de aprendizaje”, sin embargo, dentro de los más reconocidos se encuentran Keefe y Thompson [24], ellos los definen como:

...aquellos rasgos cognitivos, afectivos y fisiológicos que sirven como indicadores de la forma como los individuos perciben, interaccionan y responden a sus ambientes de aprendizaje.

Esta aportación permite identificar la existencia de una estrecha relación entre los estilos de aprendizaje y los estilos cognitivos (pensamiento, percepción, memoria, razonamiento, resolución de problemas, toma de decisiones) debido al vínculo estrecho con la personalidad, el temperamento y las motivaciones de quien aprende.

Hederich y Camargo [25], en referencia al estilo definen que:

...el concepto de estilo hace alusión a modalidades generales para la recepción, organización y procesamiento de la información, modalidades se manifiestan en variaciones de las estrategias, planes y caminos específicos que sigue una persona cuando lleva a cabo una tarea cognitiva.

Por otra parte, Velasco [26], define los estilos de aprendizaje como:

...el conjunto de características biológicas, sociales, motivacionales y ambientales que un individuo desarrolla a partir de una información nueva o difícil; para percibirla y procesarla, retenerla y acumularla, construir conceptos, categorías y solucionar problemas, que en su conjunto establecen sus preferencias de aprendizaje y definen su potencial cognitivo.

Cazau [27], al respecto menciona que;

...la principal característica de los estilos de aprendizaje es que no son estáticos, sino que están influenciados por factores propios del entorno, como la edad y las costumbres, lo cual lleva a pensar que una persona puede desarrollar más de un estilo de aprendizaje

Es bastante claro el hecho de que cada persona tiene diferentes estilos de aprendizaje relacionados con su entorno y su personalidad, de tal forma que cada persona aprende de formas distintas y esta característica le permite desarrollar habilidades de aprendizaje adecuadas a su personalidad.

Pantoja, Duque y Correa [23, pp. 84-86], agruparon los modelos de aprendizaje en ocho categorías con base en sus características, los autores y el enfoque que comparten en:

- Construcción del conocimiento
- Basados en la experiencia
- Basados en canales de percepción de información
- Basados en las estrategias de aprendizaje
- Interacción con otras personas (relación social)
- Bilateralidad cerebral
- Personalidad
- Aprendizaje organizacional

Gómez, et al. [28], retoman la clasificación presentada por Pablo Cazau [27], en la cual se describen seis modelos de estilos de aprendizaje y en cada uno explica el estilo que se manifiesta en los estudiantes adaptándose a sus necesidades, lo cual hace posible generar estrategias de enseñanza.

Modelo	Dimensiones del estilo de aprendizaje
Cuadrantes cerebrales (Ned Herrmann) Se clasifica por la dominancia cerebral	<ul style="list-style-type: none"> - Cortical izquierdo - Límbico izquierdo - Límbico derecho - Cortical derecho
Programación neurolingüística (PNL) Clasificación por la representación mental de la información	<ul style="list-style-type: none"> - Visual - Auditivo - Reflexivo
Kolb Clasificación por la forma de procesar y comprender la información	<ul style="list-style-type: none"> - Activo - Reflexivo - Pragmático - Teórico
Felder y Silverman Clasificación por la forma de comprender y procesar la información	<ul style="list-style-type: none"> - Activo/Reflexivo - Sensorial/Intuitivo - Visual/Verbal - Secuencial/Global - Inductivo/Deductivo
Gardner (inteligencias múltiples) Por el tipo de inteligencia	<ul style="list-style-type: none"> - Lógico-Matemático - Lingüístico-Verbal - Corporal-Kinésico - Espacial - Musical - Interpersonal - Intrapersonal
Hemisferio Cerebral Se clasifican los hemisferios cerebrales	<ul style="list-style-type: none"> - Logístico - Holístico

Figura 11. Tabla "Clasificación de modelos de aprendizaje".

Fuente: Gómez, et al. [28]. Según Cazau [27].

Conocer y entender las características de los modelos de aprendizaje y la forma en que se genera el conocimiento en ellos permite ampliar la visión y las herramientas a integrar en el diseño de estrategias didácticas con el propósito de incrementar el alcance de los contenidos y lograr una mayor calidad de aprendizaje en los alumnos.

Tipos de aprendizaje

Camacho y Aladro [29], hacen referencia a Castellanos, definiendo el aprendizaje como:

...aprender es un proceso de toda la vida en múltiples espacios, tiempos y formas, es tanto una experiencia intelectual como emocional, es un proceso de participación, de colaboración y de interacción en el grupo, en la comunicación con los otros, es un proceso activo de re-construcción de conocimientos.

Con base en las siguientes aportaciones Camacho y Aladro [29], Zabalza [30], Barriga [31], Escribano [32] y Bolívar [33], se describen algunas características de los cuatro tipos de aprendizaje considerados durante la investigación como los más representativos:

Cooperativo

- La enseñanza en grupos donde los alumnos trabajan conjuntamente para resolver problemas y profundizar su aprendizaje.
- La solución de los problemas se realiza en forma colectiva.
- El estudiante descubre lo relevante desarrollando habilidades para resolver problemas cotidianos.
- Promueve la capacidad de comunicación de grupo
- El resultado del grupo será consecuencia de la participación individual de los miembros.
- El docente participa como regulador de este aprendizaje, organiza los grupos distribuyendo los roles.

Significativo

- La adquisición de nuevos conocimientos relacionados con los previamente aprendidos, el conocimiento se integra al alumno y se ubica en la memoria permanente.
- El estudiante relaciona sustancialmente formando y adquiriendo conceptos.
- El estudiante relaciona la nueva información con sus conocimientos y experiencias previas.
- Tiene relevancia en el ámbito académico y cotidiano.
- El docente participa como director de este aprendizaje.

Colaborativo

- Aprendizaje centrado en la solución de problemas, abordados por decisiones y soluciones de los alumnos.
- Promueve la interacción en grupos pequeños de estudiantes en clase, con diferentes niveles de habilidad.
- Los estudiantes trabajan en tareas en conjunto para lograr el objetivo de la actividad.
- Los estudiantes son responsables de manera individual pero comprenden la actividad de todos los integrantes del grupo.
- Experiencias relevantes de aprendizaje que permiten al alumno enfrentarse a fenómenos de la vida real.

- El docente participa como postulador de problemas y solo interviene si es consultado o detecta la necesidad de intervenir.

Autónomo

- Implica asumir la responsabilidad y el control interno del proceso del aprendizaje por parte del alumno.
- Acostumbra a los estudiantes a trabajar por su cuenta y motiva el deseo de aprender por sí mismos.
- Desarrolla un método que permita el propio aprendizaje del estudiante.
- Busca que el estudiante se haga protagonista y responsable de su proceso de aprendizaje.
- El estudiante deberá asumir parte importante de la responsabilidad en la organización de su aprendizaje desarrollando un hábito para su formación a lo largo de la vida.
- El estudiante debe tener los recursos y herramientas de información precisas para su aprendizaje.
- De manera progresiva el estudiante debería hacerse cada vez más dueño de su propio aprendizaje.
- El docente actúa como mediador del aprendizaje de los estudiantes.

Estas características se deben considerar en la planeación de actividades y planteamiento de problemas en las sesiones de clase, ya que permiten integrar contenidos y prácticas con ciertos tipos de aprendizaje que pueden ayudar a que los estudiantes tengan participación en el proceso de aprendizaje y desarrollen habilidades que le permitan generar ideas y tomar decisiones durante este proceso, generando experiencia y conocimiento.

Estrategias didácticas de enseñanza-aprendizaje

Estrategias didácticas

Velasco y Mosquera [34] definen el concepto de estrategias didácticas como:

...la selección de actividades y prácticas pedagógicas en diferentes momentos formativos, métodos y recursos de la docencia, [...], un procedimiento organizado, formalizado y orientado para la obtención de una meta claramente establecida. Su aplicación en la práctica requiere del perfeccionamiento de procedimientos y de técnicas cuya elección detallada y diseño son responsabilidad del docente. La estrategia didáctica es la planificación del proceso de enseñanza aprendizaje para la cual el docente elige las técnicas y actividades que puede utilizar a fin de alcanzar los objetivos propuestos.

Bajo este entendido las estrategias didácticas están formadas por los métodos, contenidos y recursos didácticos a implementar en los cursos y clases con el fin de alcanzar los objetivos planteados por los docentes, considerando las actividades que motiven el aprendizaje de los estudiantes.

Estrategias de aprendizaje

Díaz y Hernández [35, p. 234] consideran que son:

...procedimientos (conjuntos de operaciones o habilidades), que un aprendiz emplea en forma consciente, controlada e intencional como instrumentos flexibles para aprender significativamente y solucionar problemas.

Esto tiene relación directa con los modelos y estilos de aprendizaje mencionados previamente, es decir es la forma en que cada persona aprende y desarrolla habilidades de aprendizaje de acuerdo a su personalidad y su entorno.

Estrategias de enseñanza

Orellana [36] define las estrategias de enseñanza como:

...todas aquellas ayudas planteadas por el docente que se le proporcionan al estudiante para facilitar un procesamiento más profundo de la información.

Díaz y Hernández [35, p. 141] lo definen como:

...procedimientos que el agente de enseñanza utiliza en forma reflexiva y flexible para promover el logro de aprendizajes significativos en los alumnos, [...], son medios o recursos para prestar la ayuda pedagógica.

Función y objetivos de las estrategias de enseñanza

Díaz y Hernández [35, p. 152] hacen referencia a Cooper (1990); García Madruga, Martín Cordero, Luque y Santamaría (1995) y Shuell (1988) para definir que la función y objetivos son:

- Actuar como elementos orientadores de los procesos de atención y de aprendizaje.
- Servir como criterios para poder discriminar los aspectos relevantes de los contenidos curriculares (sea por vía oral o escrita), sobre los que hay que realizar un mayor esfuerzo y procesamiento cognitivo.
- Permitir generar expectativas apropiadas acerca de lo que se va a aprender.
- Permitir a los alumnos formar un criterio sobre qué se esperará de ellos al término de una clase, episodio o curso.
- Mejorar considerablemente el aprendizaje intencional; el aprendizaje es más exitoso si el aprendiz es consciente del objetivo.
- Proporcionar al aprendiz los elementos indispensables para orientar sus actividades de automonitoreo y de autoevaluación.

Finalmente, se debe considerar que la importancia de las estrategias de enseñanza radica en el logro de los objetivos planteados en los cursos escolares, ya que son las herramientas que utiliza el docente para generar el proceso de enseñanza-aprendizaje, estas estrategias deben considerar que existen diferentes estilos de aprendizaje en los alumnos y bajo esta consideración deben promover el aprendizaje desde diversas perspectivas y enfoques, por medio de diversos recursos didácticos que motiven la participación y la apropiación del conocimiento en los estudiantes.

Capítulo 4. Diseño e implementación de la estrategia didáctica

Capítulo 4. Diseño e implementación de la estrategia didáctica

Resumen

Para el diseño de la estrategia didáctica se realizaron diversas etapas de organización y planeación entre las que podemos destacar:

- Elección de contenidos teóricos útiles para cumplir los objetivos planteados en la estrategia didáctica.
- Integrar estos contenidos de forma práctica a la estrategia de enseñanza mediante recursos didácticos que generen el aprendizaje y la participación de los estudiantes
- Diagnóstico como apoyo para tener una referencia del grupo de estudiantes con respecto a sus conocimientos teóricos y criterios de diseño arquitectónicos y estructurales utilizados durante su formación académica en la universidad.
- Implementación del curso taller en el cual se utilizaron múltiples recursos didácticos como: clips de video, videos documentales, consulta de textos, análisis y diálogos en clase, maquetas y modelos físicos de estudio, prácticas de laboratorio, prácticas de campo, dinámicas de grupo, ejercicios prácticos, modelos 3d virtuales, análisis de construcciones representativas, uso de tecnologías de información y redes sociales para la difusión y retroalimentación de las temáticas de clase.

Cabe señalar que estas herramientas fueron utilizadas con el objetivo de identificar qué recursos pueden despertar mayor interés en los estudiantes y ampliar los recursos didácticos de la estrategia de enseñanza, con el fin de motivar el aprendizaje significativo y autónomo de los estudiantes.

A su vez, con el propósito de comprobar la efectividad de la estrategia didáctica, se planteó a los estudiantes un ejercicio práctico de diseño basado en la propuesta arquitectónica y estructural de una alberca olímpica, la cual, se presentó en dos etapas; la primera, antes de aplicar la estrategia didáctica y una segunda etapa, después de los contenidos y ejercicios de la estrategia didáctica aplicada, en esta segunda etapa, los estudiantes presentaron nuevamente su propuesta de alberca olímpica, aplicando en la solución de su proyecto el conocimiento adquirido durante la sesiones de clase donde se pueden apreciar los resultados obtenidos al implementar la estrategia didáctica .

Finalmente, se aplicó un cuestionario escrito en el aula de clases para conocer la opinión de los alumnos sobre la estrategia didáctica y los recursos didácticos utilizados, con la finalidad de obtener información para la mejora continua de dicha estrategia y conocer que herramientas didácticas fueron de mayor agrado entre los estudiantes.

Etapas

El diseño de la estrategia didáctica tuvo como etapas principales las siguientes:

1. Diagnóstico del grupo
2. Diseño de estrategia didáctica, elección de contenidos y recursos didácticos
3. Ejercicio práctico de diseño
4. Implementación del curso-taller
5. Resultados del ejercicio práctico de diseño
6. Comentarios del grupo sobre la estrategia didáctica implementada.

1. Diagnóstico del grupo

Para iniciar el proceso de implementación diseño de la estrategia didáctica, se aplicó un cuestionario escrito en el aula de clase, este cuestionario fue útil para obtener un diagnóstico de los conocimientos teóricos de los estudiantes y además para tener un punto de referencia sobre los contenidos a integrar en la estrategia didáctica.



Figura 12. Grupo de estudiantes realizando el cuestionario en el aula de clase



Figura 13. El cuestionario funcionó para tener referencias sobre los contenidos de la estrategia didáctica

Questionario escrito aplicado en aula

El contenido del cuestionario aplicado en el aula de clases es el siguiente:

a) Escribe tu definición de estructura y ¿cuál es su función?

b) Escribe tu definición de sistema estructural

c) ¿Qué tipos de estructuras conoces?

d) ¿Qué tipo de estructura consideras más útil para la construcción?

e) Escribe tu definición sobre los siguientes conceptos:

Equilibrio, fuerza, deformación, resistencia, tensión

f) Escribe tu definición sobre los siguientes conceptos y dibuja un croquis como ejemplo de tu descripción:

Compresión, tracción, cortante, flexión, torsión:

g) ¿Qué materiales conoces que son utilizados para la construcción de estructuras?

h) Escribe tu definición sobre los siguientes conceptos:

Carga viva, carga muerta, carga vertical, carga lateral, carga puntual, carga uniformemente repartida, contravientos, estabilidad, anclaje, marco rígido, voladizo, centro de gravedad.

i) Describe como es el mecanismo o sistema de transferencia de cargas de los siguientes tipos de sistemas estructurales:

Forma activa, vector activo, superficie activa, sección activa.

j) Escribe tu definición y ejemplifica que son los siguientes elementos estructurales:

Elementos de carga (verticales), elementos de claros (horizontales).

k) Describe como es el mecanismo o sistema de transferencia de cargas de los siguientes tipos de sistemas estructurales e indica ejemplos:

Estructuras a compresión, estructuras a tracción.

Encuesta realizada por medio de la red social

Simultáneamente, se realizó una encuesta por medio de un grupo en una red social popular entre los estudiantes, donde se obtuvieron opiniones y comentarios con respecto a los criterios estructurales que utilizan los estudiantes, su visión acerca de cómo les han enseñado este tema y cómo perciben el desarrollo del criterio estructural en el diseño de proyectos escolares.

Cabe mencionar que en esta encuesta por medio de la red social, los estudiantes mostraron mayor confianza para realizar comentarios relativos a sus criterios y prácticas de diseño, así como también para expresar su perspectiva sobre la enseñanza y el aprendizaje.

Se presentan a continuación algunos de los datos obtenidos de la encuesta realizada por medio de la red social:

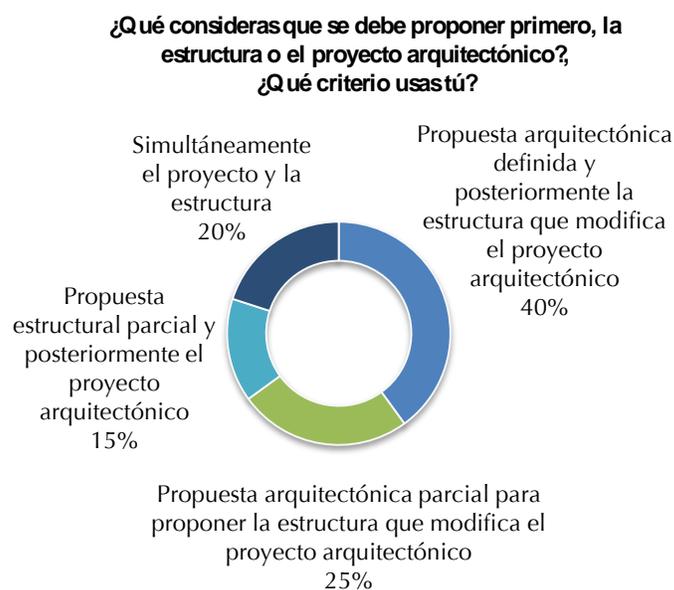


Figura 14. Gráfica "criterios utilizados por los alumnos en propuestas de proyectos"

¿Cuáles son los criterios estructurales y constructivos que utilizas para elegir y proponer el tipo de estructura en tus proyectos escolares?

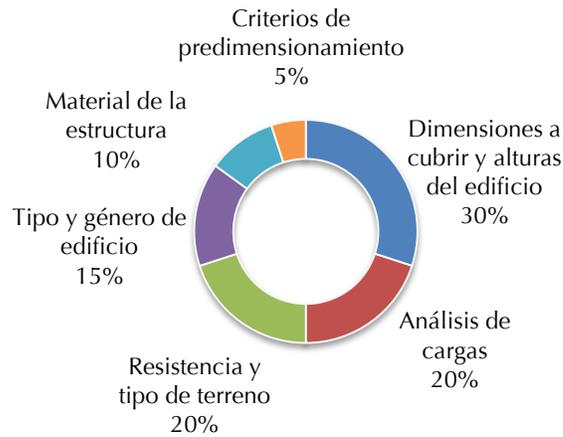


Figura 15. Gráfica "criterios estructurales y constructivos utilizados por los alumnos en proyectos escolares"

¿Consideras que tienes conocimientos de criterio estructural? ¿Si, no, pocos, suficientes? ¿Por qué?

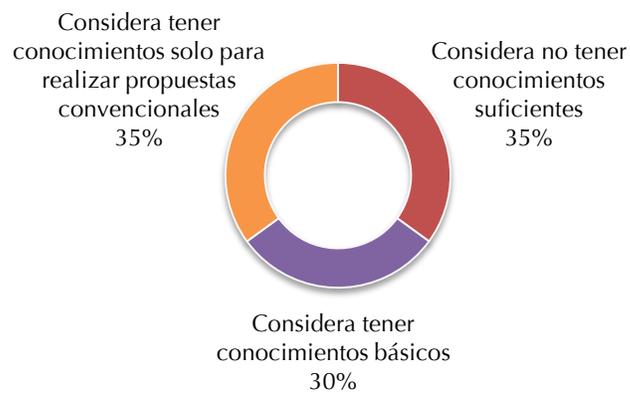


Figura 16. Gráfica "comentarios de los alumnos sobre sus conocimientos de criterio estructural"

¿Consideras que es complicado para los arquitectos tener criterio estructural? ¿Si, no?, ¿Por qué?

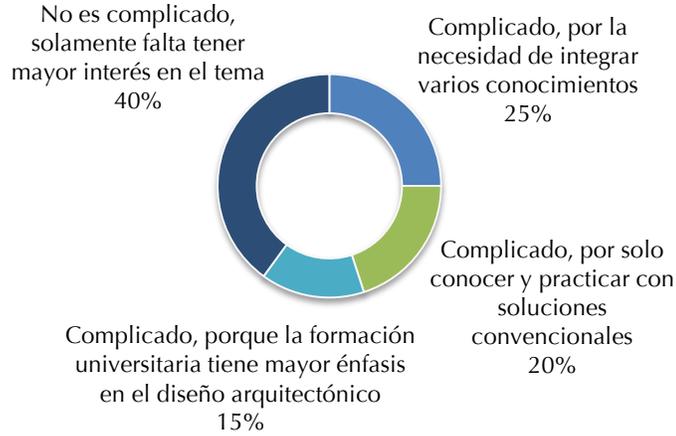


Figura 17. Gráfica "comentarios de los alumnos sobre la complejidad del criterio estructural"

¿Cómo te enseñaron estructuras y criterio estructural?

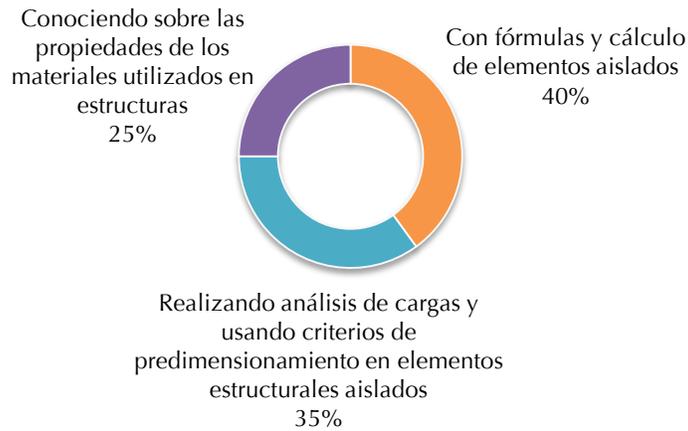


Figura 18. Gráfica "comentarios de los alumnos sobre cómo les enseñaron estructuras y criterio estructural"

2. Diseño de estrategia didáctica, elección de contenidos y recursos didácticos.

Posterior al diagnóstico realizado y a la información obtenida con el cuestionario y las encuestas, se complementó la selección de las temáticas generales para el desarrollo del material didáctico a utilizar y los contenidos a desarrollar en el aula de clases, teniendo como temas generales los siguientes:

- Estructuras y esfuerzos en el entorno natural y vida cotidiana
- Esfuerzos, resistencia y deformación
- Clasificación y tipos de estructuras según su transferencia de carga, forma y esfuerzo
- Elementos estructurales por tipo y posición
- Sistemas estructurales estabilidad y esfuerzos
- Materiales utilizados en estructuras
- Prácticas experimentales y de campo
- Análisis de construcciones representativas
- Normas y recomendaciones
- Pre dimensionamiento
- Foro de difusión por medio de red social.

A partir de estas temáticas, se plantearon sesiones de clase con contenidos y ejercicios prácticos que apoyaran la comprensión del tema, dentro de las actividades se programaron prácticas de laboratorio en las instalaciones del campus de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán-UNAM. Además, se programaron prácticas de campo para visualizar el uso de materiales y elementos estructurales, al mismo tiempo, se utilizó el grupo en la red social para realizar actividades con material de difusión, ejercicios y tareas para apoyar los contenidos de clase y reforzar el aprendizaje de los estudiantes.

Recursos didácticos

Para la implementación del curso-taller se recopilaron diversos materiales didácticos como apoyo para la presentación de los temas en las diferentes sesiones del curso, este material fue organizado y recopilado para ser presentado en las sesiones, entre los recursos utilizados podemos mencionar el uso de: imágenes, videos, animaciones, documentales y diversos ejercicios prácticos, como ejemplo se muestran algunas imágenes de la presentación de estos recursos en el curso-taller.

Visualizar las fuerzas

Estructura de barco de velas
Un barco navegando con las velas hinchadas por el viento.
Podemos perfectamente entender todo este conjunto vivo bajo los efectos del viento.



Ejercicios



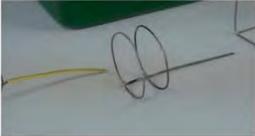
Compresión



Torsión



Película de Jabón



Videos



Visualizar las fuerzas



Video



Figura 19. Ejemplos del material didáctico utilizado en clase como apoyo en la presentación de los contenidos del curso.

Nota: imágenes utilizadas con fines didácticos, extraídas de Internet. - **Fuentes:** [En línea]. **Disponibles en :**
<http://edicoespqp.blogs.sapo.pt/2011/06/> - <http://peru.com/actualidad/mi-ciudad/callao-buque-peru-vela-union-puso-prueba-su-navegabilidad-noticia-460732-1451658> - https://www.youtube.com/watch?v=0k-MGh_ssuo - <https://www.youtube.com/watch?v=e5aZslnGg0> - <https://www.youtube.com/watch?v=t6lNOQYprXo> - <https://www.youtube.com/watch?v=AF-7gj8Wrx8> - https://www.youtube.com/watch?v=FAjvZaY_trk - [Accedido: Febrero 2017].

3. Ejercicio práctico de diseño.

Previo a la implementación de la estrategia didáctica, se solicitó a los estudiantes la propuesta inicial del diseño de una alberca olímpica con la intención de que este ejercicio fuera revisado y analizado posteriormente a las sesiones de clase para comprobar la utilidad y efectividad de los conocimientos adquiridos por los estudiantes durante las sesiones de clase programadas en la estrategia didáctica.

Se muestran algunos de los ejercicios presentados por los alumnos:

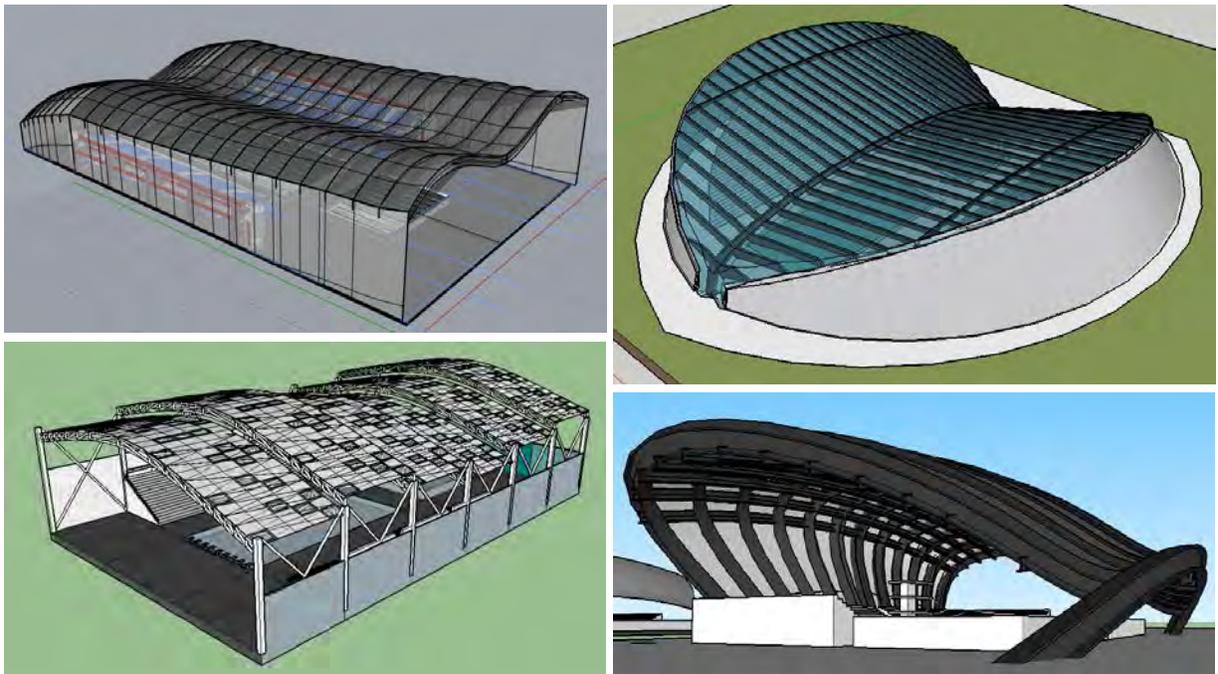


Figura 20. Propuestas de alberca olímpica presentadas por los alumnos previo a implementar la estrategia didáctica

4. Implementación del curso-taller.

Para las sesiones de taller en el aula, se buscó integrar dinámicas prácticas para reforzar los conceptos teóricos expuestos en clase, mediante ejercicios gráficos en pizarrón, ejercicios análogos de esfuerzos y fuerzas, así como diversos tipos de ejercicios físicos; todo esto con el objetivo de explicar la relación entre la forma del proyecto y la transmisión de los esfuerzos por medio de los elementos estructurales, de tal forma que las sesiones de clase se llevaran en torno al manejo del grupo con la participación de los estudiantes y dirigiendo la clase con respecto a sus preguntas, comentarios y observaciones durante la sesión.



Figura 21. Sesiones de taller con participación de los estudiantes en dinámicas y ejercicios prácticos relacionados con los temas de la sesión

En un laboratorio del campus, se realizaron pruebas de compresión en cilindros de concreto y pruebas de tensión en varillas de acero con la finalidad de comprobar los valores iniciales de diseño de las muestras y su resistencia final a los esfuerzos, estas pruebas fueron muy útiles para que los estudiantes entendieran la relación que existe entre, los resultados de las pruebas con los valores de diseño utilizados al momento de proponer elementos y secciones estructurales.



Figura 22. Pruebas de tensión en varillas de acero



Figura 23. Pruebas de compresión en cilindros de concreto

Para entender la tensión superficial y las superficies mínimas, se realizaron ejercicios con película de jabón, utilizando figuras y elementos geométricos elaborados por los estudiantes, generando intersecciones de planos y volúmenes, proponiendo formas y observando el comportamiento de la película de jabón.



Figura 24. Ejercicios con película de jabón

Con respecto a las prácticas de campo, se realizaron visitas a plantas de producción de elementos estructurales prefabricados de concreto, para conocer sobre sus métodos de diseño y fabricación, las características de los materiales que utilizan en su proceso de producción, los criterios y resistencias de diseño, así como, el procedimiento constructivo con este tipo de elementos estructurales.



Figura 25. Visita con los estudiantes a plantas de producción de elementos estructurales prefabricados de concreto.
Nota: imágenes utilizadas con fines didácticos

Como parte de las sesiones de taller se realizaron dinámicas de grupo, como ejemplo: los estudiantes elaboraron modelos de estructuras de papel bond enrolladas en sentido longitudinal y transversal, para probar la resistencia de cada tipo de estructura con respecto a la relación de longitud de sus elementos y el comportamiento de los componentes.



Figura 26. Dinámicas de grupo con modelos de estructuras elaboradas con papel bond

En un laboratorio del campus, se realizó una dinámica de grupo, simulando cascarones reticulados y estructuras espaciales reticuladas, con la finalidad de entender y visualizar este tipo de estructuras, utilizando tubos de policloruro de vinilo colorado (cpvc) de 6 metros de longitud y de $\frac{1}{2}$ " de diámetro, un material que por su flexibilidad permitió la generación de diferentes formas, ajustando los nodos con cinchos de plástico flexibles y utilizando una cuerda de piola para tensar el contorno perimetral y diferentes secciones de la retícula para modificar las formas.



Figura 27. Dinámicas de grupo simulando cascarones reticulados y estructuras espaciales reticuladas

Participación de los alumnos en grupo de red social

Se presentan algunas publicaciones como ejemplo de la participación de los alumnos en el grupo de red social, cabe mencionar que esta dinámica despertó mucho interés en los alumnos, los cuales tuvieron bastante participación en el grupo social, tanto con las actividades solicitadas como con publicaciones que los alumnos querían difundir sobre temáticas relacionadas al curso-taller.

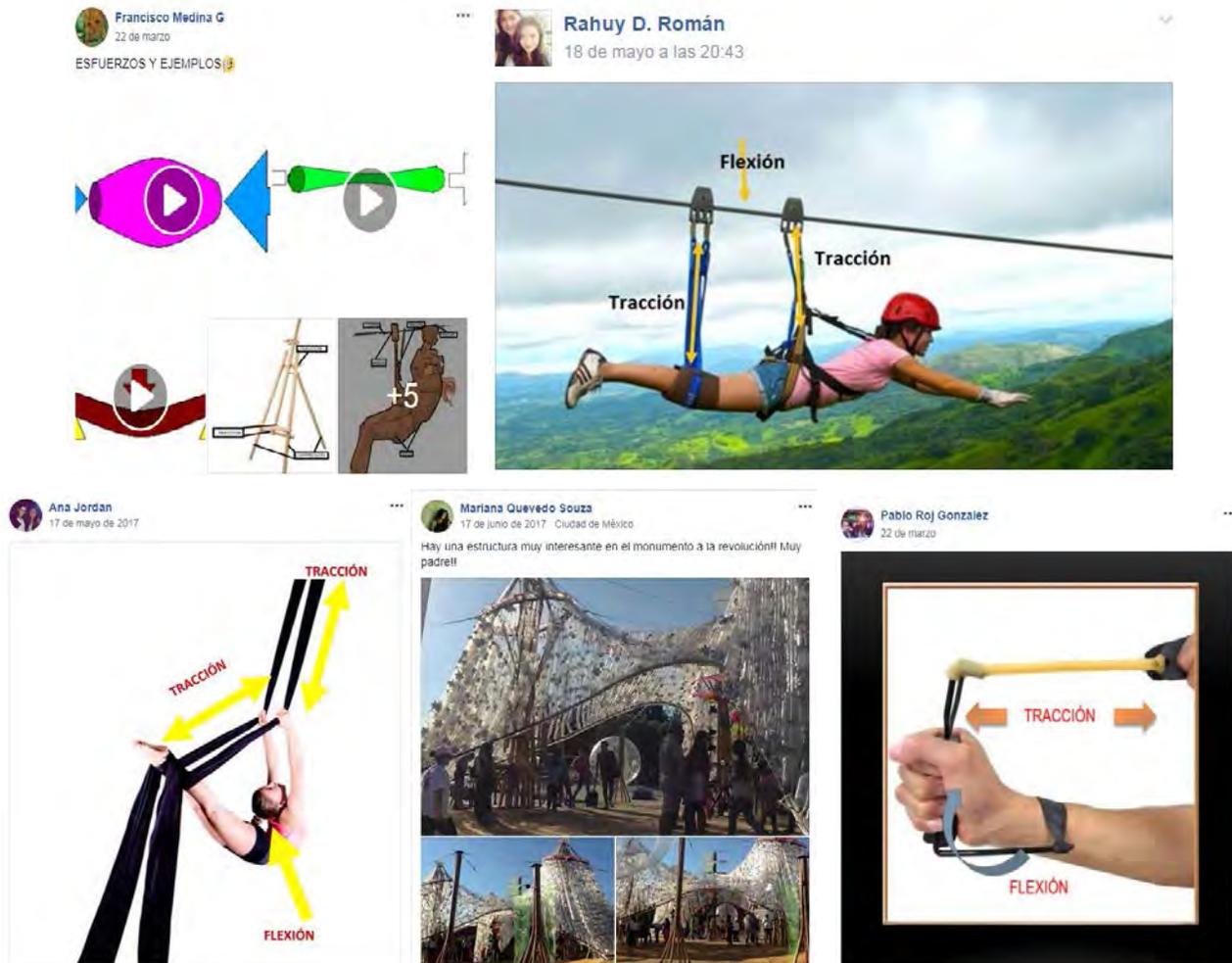


Figura 28. Ejemplo de publicaciones de los alumnos en el grupo de red social.
Nota: imágenes utilizadas con fines didácticos, extraídas de Internet

5. Resultados del ejercicio práctico de diseño

Los estudiantes tuvieron como ejercicio presentar nuevamente la propuesta de proyecto de la alberca olímpica, con la finalidad de mostrar el conocimiento adquirido durante las sesiones y la utilidad de la estrategia didáctica implementada, teniendo como resultados proyectos y propuestas bastante interesantes donde los estudiantes mostraron el estudio del proyecto por medio de modelos 3d virtuales, planos de proyecto, maquetas y/o modelos físicos de estudio, que fueron útiles para realizar el análisis entre la relación de la forma y el comportamiento estructural de las propuestas de proyecto.

Definitivamente, se pudo constatar una notable diferencia entre las propuestas iniciales y las propuestas posteriores, donde los estudiantes mostraron el criterio de diseño utilizado para integrar las propuestas arquitectónicas con las propuestas estructurales del proyecto.

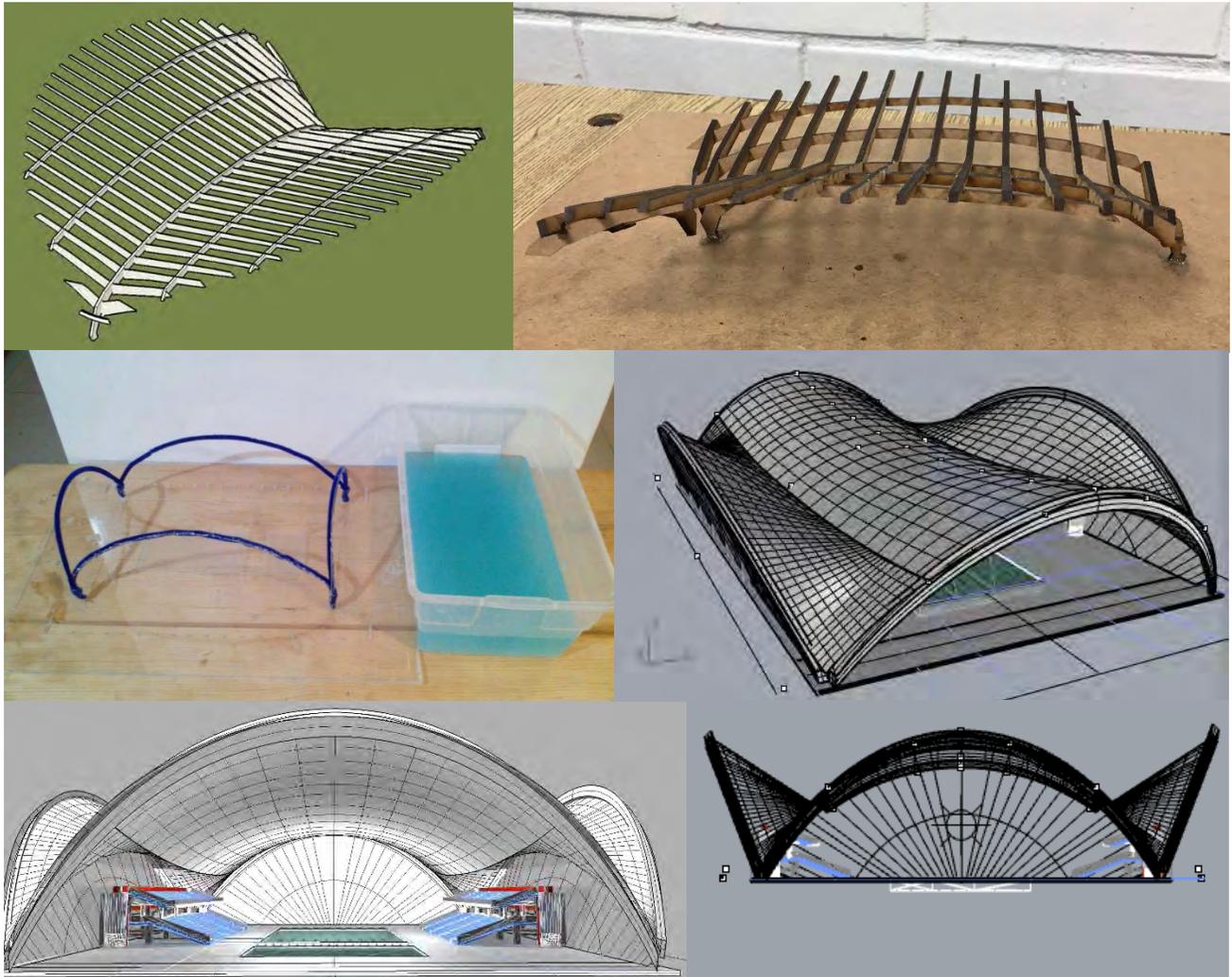


Figura 29. Maquetas y modelos de estudio elaborados por los estudiantes en el proyecto de alberca olímpica

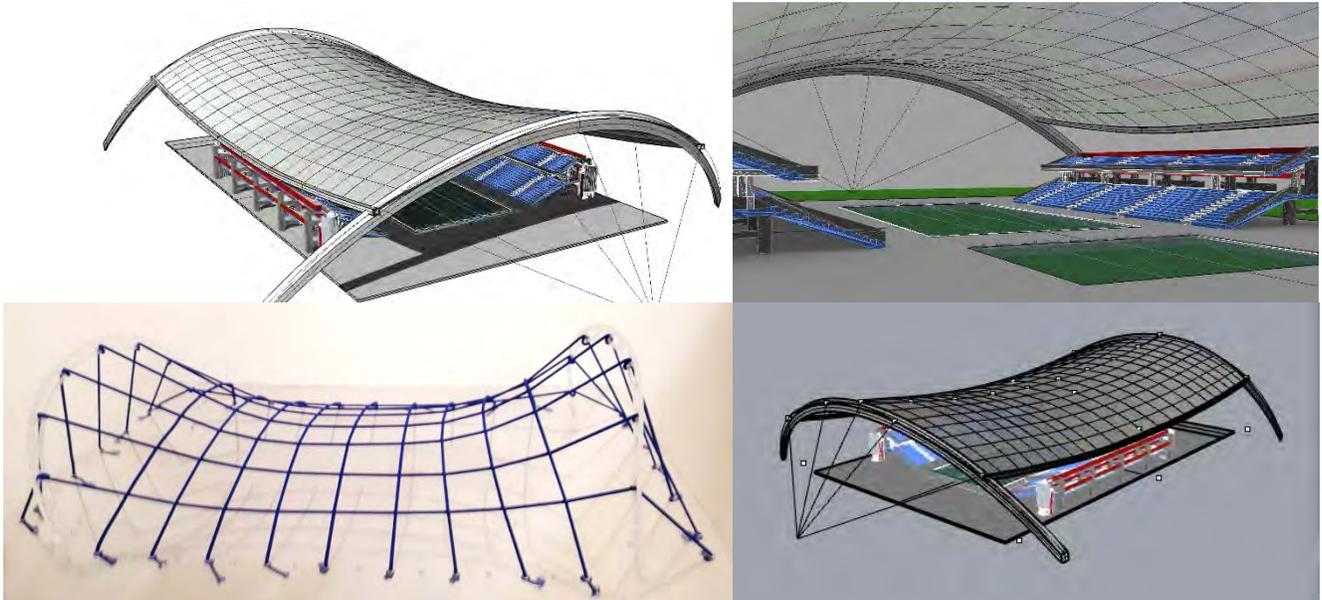


Figura 30. Análisis y propuestas de los estudiantes en el proyecto de alberca olímpica posteriores al curso-taller

6. Comentarios del grupo sobre la estrategia didáctica implementada

Con la intención de conocer la opinión de los estudiantes sobre el curso-taller y la estrategia didáctica implementada se realizó una encuesta escrita en el aula de clases, la cual permitió identificar la opinión de los alumnos sobre el curso y las temáticas presentadas, así como, el tipo de herramientas didácticas que fueron de mayor preferencia entre los alumnos y también algunas recomendaciones que pueden ser consideradas para la mejora continua de la estrategia didáctica.

Se presentan a continuación algunos de los datos obtenidos de la encuesta realizada:

¿Qué opinión tienes del curso?

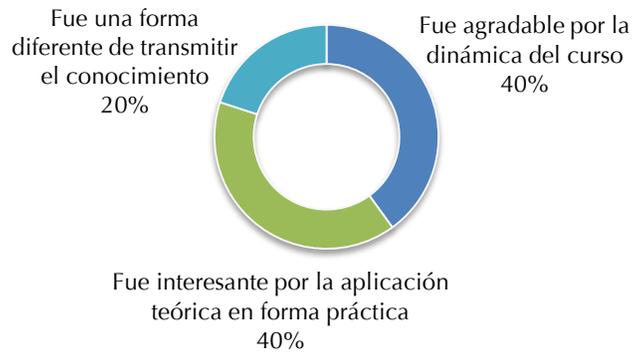


Figura 31. Gráfica "comentarios de los alumnos sobre el curso"

¿Consideras que el curso te ayudo a mejorar tus conocimientos sobre criterio estructural?

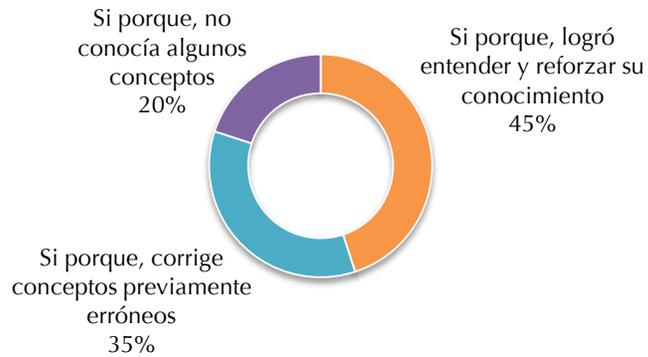


Figura 32. Gráfica "comentarios de los alumnos sobre el conocimiento adquirido"

¿Qué tipos de herramientas didácticas fueron más agradables?

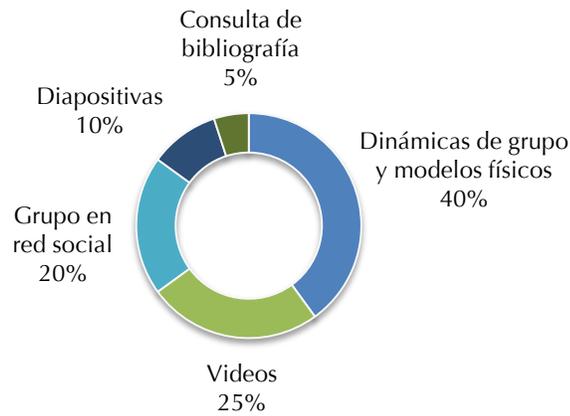


Figura 33. Gráfica "comentarios de los alumnos sobre la preferencia de herramientas didácticas"

¿Qué recomendaciones tienes para mejorar el curso?

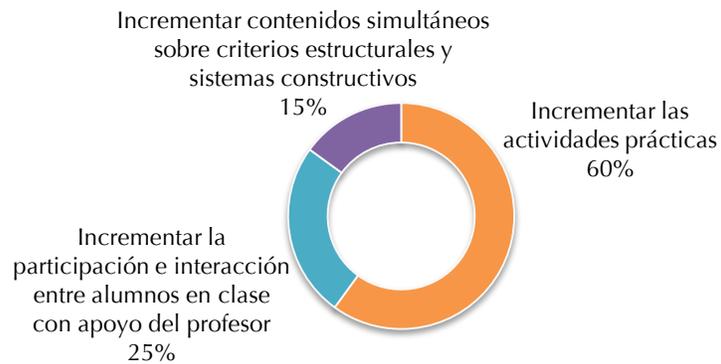


Figura 34. Gráfica "comentarios de los alumnos sobre recomendaciones para mejorar el curso-taller"

Comentarios finales

El curso-taller fue desarrollado en aproximadamente 30 horas incluyendo las sesiones de clase, las dinámicas de grupo, prácticas de campo y prácticas de laboratorio. Se ha presentado a manera de síntesis en este capítulo el desarrollo, diseño e implementación de la estrategia didáctica, en donde se destaca el notable interés de los estudiantes con la participación en las actividades y su respuesta positiva en las sesiones de clase, teniendo aportaciones y comentarios en las diferentes sesiones con respecto a las temáticas planteadas.

Se presentó un cambio bastante marcado entre los conocimientos de los alumnos previos a la implementación del curso y sus conocimientos posteriores, de la misma forma, se puede distinguir una notable diferencia entre las propuestas iniciales del ejercicio práctico y las propuestas presentadas al final del curso, los alumnos realizaron análisis más detallados y experimentaron durante la realización de sus proyectos para decidir cuál sería su propuesta final a entregar, lo que demuestra que el curso despertó en los alumnos el interés de aprender y aplicar los conocimientos adquiridos.

Se considera también muy importante la información obtenida en el diagnóstico y comentarios finales sobre la estrategia didáctica implementada ya que estos datos permiten conocer la opinión y los criterios de los alumnos y de esta forma poder plantear contenidos y ejercicios que generen conocimientos en los estudiantes, que sean agradables y motiven en los alumnos el interés para generar ideas útiles y aplicables en sus propuestas de proyectos.

La propuesta desarrollada en este proyecto de investigación tiene que ser mejorada y complementada con más ejercicios y pruebas en aula así como implementarse con diferentes grupos y tipos de estudiantes, con el objetivo de nutrir e incrementar la calidad y contenidos planteados, sin embargo se debe destacar que fue efectivo el hecho de cambiar las dinámicas de las sesiones con respecto a los contenidos sobre criterios estructurales, lo que permite definir que la estrategia didáctica es útil y tiene resultados positivos.

Con respecto a la implementación de la estrategia didáctica en la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, sería interesante probar esta estrategia con alumnos de semestres iniciales o intermedios y evaluar la efectividad de la estrategia con respecto a sus propuestas de proyectos.

Conclusiones y trabajo futuro

Conclusiones y trabajo futuro

Conclusiones

En definitiva, se logró obtener resultados positivos en los objetivos planteados al inicio del proyecto de investigación y en la implementación de la estrategia didáctica, estos objetivos fueron comprobados con las propuestas de proyecto realizadas por los estudiantes pero también por la participación y entusiasmo mostrados por los alumnos durante las sesiones de taller, las dinámicas de grupo y actividades relacionadas a las temáticas presentadas en las sesiones.

En consecuencia, los estudiantes mostraron empatía por la forma en que la estrategia didáctica fue implementada, la cual logró motivar e incentivar el aprendizaje de los temas que previo a la implementación de la estrategia, consideraban como difíciles y complicados.

Indiscutiblemente se confirmó la utilidad de probar métodos de enseñanza alternativos y complementarios a los regularmente utilizados, ya que los estudiantes desarrollan y aplican criterios que se ven reflejados en mejores propuestas de diseño.

Si bien es el talento de los estudiantes el que permite tener propuestas de diseño innovadoras, es también una parte importante que los profesores motiven este talento en los estudiantes en la búsqueda de mejorar su formación académica con visión a su futura integración como profesionistas en el campo laboral.

La parte correspondiente a la didáctica en universidades nos muestra que existe un interés actual en diferentes partes del mundo por desarrollar conocimientos de criterios estructurales en los alumnos, utilizando diversos recursos didácticos, proponiendo ejercicios de enseñanza aprendizaje, uso de materiales, desarrollo de modelos físicos de estudio, de tal forma que los alumnos a través de ejercicios prácticos obtengan práctica y experiencia para la generación de ideas durante el desarrollo de propuestas con criterios estructurales y constructivos. Estos ejercicios permiten comprobar el conocimiento adquirido por los alumnos mediante las propuestas realizadas tanto por medio de modelos 3d virtuales, como por modelos físicos de estudio a diferentes escalas, mostrando propuestas de enseñanza interesantes y sobre todo con intención de generar la creatividad en los alumnos.

Sobre el diagnóstico realizado, se desarrolló en dos etapas, la etapa del cuestionario escrito en aula permitió obtener un panorama sobre los conocimientos teóricos de los alumnos, la etapa relacionada con los criterios de diseño utilizados por los alumnos y su percepción sobre la enseñanza de los criterios estructurales, la cual se realizó por medio de una encuesta a través de una red social, permitió obtener información importante para el desarrollo y diseño de la estrategia didáctica conociendo la forma en que los estudiantes realizan propuestas arquitectónicas y estructurales, que criterios y herramientas utilizan, que percepción tienen los alumnos sobre los conocimientos adquiridos en su formación escolar con respecto al tema de las estructuras y la forma en que les han enseñado las temáticas relacionadas con las estructuras y el criterio estructural, fue este diagnóstico el punto de referencia para la integración de contenidos y la búsqueda de herramientas y recursos didácticos que fueron integrados durante la implementación de la estrategia didáctica por medio del curso-taller.

Por lo cual es importante resaltar la utilidad de realizar diagnósticos de grupo, ya que esto además de ayudar en el planteamiento de los contenidos de los cursos también son una herramienta que permite conocer la opinión de los estudiantes y permiten conocer que carencias y fortalezas tienen los alumnos en cuanto a criterios y conocimientos, de tal forma que los contenidos de los cursos planteados puedan cubrir y complementar criterios y conceptos que los alumnos adquieren con mayor interés ya que valoran la utilidad de las temáticas presentadas en las sesiones de clase.

En relación al curso taller se pudo notar el entusiasmo de los alumnos durante el curso, con la participación e interés mostrado durante las sesiones, la dinámica de integrar a los estudiantes durante las clases con ejercicios prácticos despertó el interés en los alumnos y motivo que realizaran la búsqueda y aportación de información que fue compartida por medio de la red social, la cual sirvió como foro de difusión de temáticas relacionadas con las clases. Pero también la dinámica del curso despertó el interés de los alumnos por participar en las sesiones de clase mediante las dinámicas de intercambio de opiniones y revisiones de proyecto, lo que permite apreciar que los alumnos se sienten a gusto siendo parte del desarrollo de las clases y participando activamente en el proceso de enseñanza-aprendizaje, siendo apoyados por el profesor durante estos procesos.

Con respecto a las dinámicas de grupo, cabe mencionar que estas dinámicas permiten el intercambio de conocimiento entre los alumnos y también funcionan como detonantes en la participación de alumnos, los cuales se sienten más cómodos en actividades de grupo, ya que presentan más habilidad con ciertas dinámicas prácticas, este tipo de actividades despierta la creatividad de los alumnos y les brinda confianza en la realización de propuestas de proyectos individuales y de grupo.

Es importante resaltar la parte correspondiente a los comentarios realizados por los alumnos sobre la estrategia didáctica implementada ya que brindo información bastante interesante entre las cuales podemos mencionar lo siguiente:

- La opinión sobre el curso indico que fue agradable para los alumnos la dinámica del curso, la aplicación teórica de forma práctica durante las sesiones y particularmente consideran que el curso presento una forma diferente de transmitir el conocimiento.
- Sobre los conocimientos adquiridos los estudiantes consideraron que reforzaron su conocimiento ya que entendieron nuevos conceptos y corrigieron algunos que previamente al curso eran erróneos.
- Las herramientas didácticas que fueron de mayor agrado entre el grupo fueron las dinámicas de grupo y los modelos físicos a escala ya que pudieron constatar los conceptos expuestos durante las sesiones, la difusión por medio del grupo de la red social también tuvo gran aceptación para los estudiantes ya que utilizaron la herramienta como un medio para difundir y adquirir conocimiento, utilizando una plataforma que para ellos es de uso cotidiano, pero usándola como herramienta didáctica de aprendizaje.
- Con relación a sugerencias para mejorar la estrategia los alumnos sugieren incrementar las actividades y ejercicios prácticos y realizar actividades donde los alumnos tengan intercambio de opiniones y sean partícipes del conocimiento por experiencias compartidas mediante el dialogo e intercambio de criterios, es decir el alumno quiere ser parte del desarrollo de las clases participando y recibiendo apoyo del profesor durante este tipo de dinámicas, sobre los contenidos teóricos la sugerencia principal considera la integración de contenidos simultáneos de criterios estructurales y sistemas constructivos.

Finalmente, sobre los estilos de aprendizaje y las estrategias didácticas quedo comprobado que es de gran utilidad conocer y aplicar estos modelos con diversos recursos didácticos de tal forma que se desarrollen mejores propuestas de enseñanza que apoyen el aprendizaje de los alumnos. Se vuelve muy importante la participación del profesor desde diferentes perspectivas en diferentes etapas y contenidos impartidos, adecuándose al grupo de estudiantes correspondientes a sus diferentes cursos.

Trabajo futuro

Particularmente, se deberán ampliar los objetivos y los alcances del proyecto de investigación y la estrategia didáctica, se buscará profundizar en los contenidos teóricos, incrementar las actividades, los ejercicios prácticos y las dinámicas de grupo para la mejora continua de la estrategia didáctica, una vez que se ha comprobado que los estudiantes muestran interés en este tipo de dinámicas y ejercicios.

También se incrementará la dificultad de los ejercicios prácticos de diseño con el objetivo de motivar a los estudiantes a desarrollar propuestas y soluciones cada vez más complejas, apoyados en el aprendizaje adquirido.

Con respecto al material didáctico se buscare el desarrollo de una página web con contenidos teóricos para consulta, así como el uso de un aula virtual para complementar contenidos y etapas del curso, se promoverá el uso de tecnologías de información como apoyo al curso taller, como grupos en redes sociales y la integración de contenidos a aplicaciones para teléfonos móviles, creación de videos y animaciones para consulta en sitios de video. Las posibilidades con respecto al material didáctico son bastante interesantes y tienen un gran campo de acción, por cual se buscare integrar a especialistas y profesionales en el diseño y manejo de los recursos tecnológicos y de información para tener un material didáctico que sea útil para la enseñanza de las temáticas planteadas.

Para estudios e investigaciones futuras será interesante ampliar los alcances y variables en la implementación de la estrategia didáctica, sería interesante probar la estrategia siendo impartida por distintos profesores, con alumnos de semestres iniciales o intermedios, probablemente se podría profundizar en la experimentación y pruebas en cursos con los estilos de aprendizaje para determinar que tal vez ciertos estilos de aprendizaje son más adecuados a cierto tipo de contenidos,

A su vez se debe considerar el integrar estrategias didácticas para la comprensión de sistemas constructivos de forma simultánea a la enseñanza de criterios estructurales, con el objetivo de que los alumnos relacionen directamente sus propuestas de proyecto con el criterio constructivo que permita la factibilidad de construcción de sus propuestas de proyectos.

Igualmente sería recomendable e interesante apoyar el diseño de la estrategia didáctica con aportaciones y comentarios por parte de despachos de diseño y construcción e inclusive realizar sesiones con apoyo de especialistas de estos despachos de tal forma que los alumnos corroboren que los conocimientos adquiridos tienen una aplicación en el ejercicio profesional, integrando a la formación escolar las técnicas y herramientas que utilizan estos despachos en la solución de sus propuestas de proyecto.

Este tema despertó el interés del autor en buscar la posible integración de una red de conocimientos relacionadas con las estructuras, buscando la participación de especialistas en diferentes temáticas que colaboren en conjunto en la realización de proyectos de enseñanza y aplicación de criterios estructurales y constructivos, mediante la realización de proyectos de investigación, eventos de difusión y trabajo colaborativo.

Finalmente, como parte de la difusión y divulgación de la investigación, el tema se presentó en el **6th Structural Engineers World Congress**, (6 ° Congreso Mundial de Ingenieros Estructurales) realizado en el Centro Internacional de Convenciones de Cancún, México en noviembre del 2017, en la temática de enseñanza de las estructuras a estudiantes de arquitectura, recibiendo comentarios positivos sobre la propuesta presentada.

La experiencia adquirida y los comentarios recibidos en este congreso despertó el interés del autor por difundir la propuesta realizada, de tal forma que el tema se presentara en el **IV International Conference on Structural Engineering, "Education Without Borders"**, (IV Conferencia Internacional de Ingeniería Estructural, "Educación Sin Fronteras") a realizarse en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, Madrid, España en junio del 2018.

Como resultado de la formación adquirida durante los estudios de maestría y el desarrollo la investigación en relación con las temáticas de la enseñanza y los resultados obtenidos en las propuestas de proyectos de los alumnos de arquitectura, una propuesta de enseñanza de criterios constructivos con elementos prefabricados de concreto arquitectónicos y estructurales será presentada por el autor en **The Annual Symposium of the IASS-International Association for Shell and Spatial Structures**, (Simposio Anual de la Asociación Internacional de Cascarones y Estructuras Espaciales) a realizarse en *el campus del Instituto Tecnológico de Massachusetts MIT, Boston, U.S.A. en julio del 2018.*



Figura 35. Logotipos de los eventos donde se presentaran ponencias, Fuente: Imágenes extraídas de Internet.

La participación, presentación y publicación en los proceedings del tema en estos eventos le brinda un valor agregado, ya que le otorga la cualidad de ser un tema actual y vigente, además de que este tipo de eventos promueve el dialogo con especialistas del tema lo cual genera la discusión y el debate de las temáticas presentadas. Entre las principales aportaciones de estos eventos se encuentra el intercambio de conocimientos y criterios, así como la oportunidad de apreciar y conocer las aplicaciones y estrategias de enseñanza utilizadas actualmente en diferentes partes del mundo, lo que permite incrementar la visión y las ideas relacionadas con el tema de la enseñanza no solo de las estructuras sino de la arquitectura en general, con el fin de mejorar las prácticas como docente e investigador.

José Luis Encarnación Miranda
Junio 2018

Referencias

Referencias

- [1] J. G. Oliva y M. J. Ontiveros, «Enseñando a diseñar y construir tenso-estructuras,» de *Proceedings of the International Association for Shell and Spatial Structures (IASS). Symposium*, Brasilia, Brazil, 2014.
- [2] N. C. Brown y C. T. Mueller, «The effect of performance feedback and optimization on the conceptual design process,» de *Proceedings of the International Association for Shell and Spatial Structures (IASS). Symposium*, Tokyo, Japan, 2016.
- [3] J. G. Oliva, A. Hernández, M. J. Ontiveros y M. Trujillo, «Sustainable construction materials and their application to architectural and structural design,» de *Proceedings of the International Association for Shell and Spatial Structures (IASS). Symposium*, Amsterdam, Netherlands, 2015.
- [4] M. F. Ashby, H. Shercliff y D. Cebon, *Materials, Engineering, Science, Processing and Design*, Oxford, England: Butterworth-Heinemann, 2013.
- [5] R. Clark y M. Pause, *Precedents in Architecture*, Nueva York: Van Nostrand Reinhold, 1985.
- [6] A. Suckle, *By Their Own Design*, Nueva York: Whitney Library of Design, 1980.
- [7] J. A. Sánchez Gallego, *Geometría Descriptiva. Sistemas de Proyección Cilíndrica*, Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña, 1993.
- [8] J. Baeza Medina, *Geometría y arquitectura. Algunas Consideraciones Sobre el Uso Didáctico de la Geometría Descriptiva en la Arquitectura*, Guadalajara, Jalisco: Universidad de Guadalajara, 1992.
- [9] J. G. Oliva Salinas y J. J. Ramírez Zamora, «Geometría Estructural, el Eslabón Perdido entre Ingeniería y Arquitectura,» de *XV Congreso Nacional de Ingeniería Estructural. Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural*, Puerto Vallarta, Jalisco, 2006.
- [10] F. Ching, B. Onouye y D. Zuberbuhler, *Manual de Estructuras Ilustrado*, Barcelona: Gustavo Gili, 2014.
- [11] A. Charleson, *La Estructura Como Arquitectura*, Barcelona: Reverté, S.A., 2007.
- [12] F. Ching, *Architecture: Form, Space and Order*, Nueva York: 2da edición, Van Nostrand Reinhold, 1979.
- [13] H. Engel, *Sistemas de Estructuras*, Barcelona: Gustavo Gili, 2001.
- [14] D. García Carrera, *La Estructura y el Proyecto*, Barcelona: Colecciones Papers Sert, Escola Sert, 2004.
- [15] H. Tagawa, Y. Tazaki, K. Yanagisawa, S. Okazaki y M. Kawaguchi, «Design and Fabrication of Modern Ger utilizing Pantadome System in Architectural Design Class,» de *Proceedings of the International Association for Shell and Spatial Structures (IASS). Symposium*, Tokyo, Japan, 2016.
- [16] I. Markov, «Modeling and Load Testing of Cable Net Structures,» de *Proceedings of the International Association for Shell and Spatial Structures (IASS). Symposium*, Tokyo, Japan, 2016.

- [17] G. Rafailidis y S. Davidson, «Casting Thin-Shell Structures With Experimental Materials and Fabrication Methods: An Architectural Design Pedagogy,» de *Proceedings of the International Association for Shell and Spatial Structures (IASS). Symposium*, Tokyo, Japan, 2016.
- [18] R. Tarczewski, J. Jablonska y E. Trocka-Leszczynska, «Teaching Spatial Structures Through Interdisciplinary Projects,» de *Proceedings of the International Association for Shell and Spatial Structures (IASS). Symposium*, Tokyo, Japan, 2016.
- [19] M. Soto y C. Turney, «Understanding the Critical Role of Materiality in Academia through Design-Build Projects,» de *Proceedings of the International Association for Shell and Spatial Structures (IASS). Symposium*, Tokyo, Japan, 2016.
- [20] M. Soto , «The Use of Physical Models to Teach Structures in Architecture School: A Pedagogical Approach,» de *Proceedings of the International Association for Shell and Spatial Structures (IASS). Symposium*, Hamburg, Germany, 2017.
- [21] G. Tang, «Structural Intuition and Creative Play: An Architectural Perspective to Shell Pedagogies,» de *Proceedings of the International Association for Shell and Spatial Structures (IASS). Symposium*, Tokyo, Japan, 2016.
- [22] N. Gutiérrez, A. Flores y A. Preciado, «Reciprocal Frame Structures, a First Academic Approach to Sustainable Structures,» de *Proceedings of the International Association for Shell and Spatial Structures (IASS). Symposium*, Tokyo, Japan, 2016.
- [23] M. A. Pantoja Ospina, L. I. Duque Salazar y J. S. Correa Meneses, «Modelos de Estilos de Aprendizaje: Una Actualización para su Revisión y Análisis,» *Revista Colombiana de Educación*, nº 64, pp. 79-105, 2013.
- [24] J. W. Keefe y S. D. Thompson, *Learning Style: Theory and Practice*, Reston: VA: NASSP, 1987.
- [25] C. Hederich y A. Camargo, *Estilos Cognitivos en Colombia: Resultados en Cinco Regiones Culturales*, Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional, Centro de investigaciones, 1999.
- [26] S. Velasco Yáñez, «Preferencias Perceptuales de Estilos de Aprendizaje en Cuatro Escuelas Primarias: Comparaciones y Sugerencias para la Formación y Actualización de Docentes,» *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, vol. 1, nº 2, p. 4, 1996.
- [27] P. Cazau, «Estilos de Aprendizaje: Generalidades,» 2003. [En línea]. Available: <http://absta.info/estilos-de-aprendizaje-generalidades-por-pablo-cazau-el-concep.html>. [Último acceso: mayo 2018].
- [28] A. Gómez Sánchez, R. G. Recio Reyes, D. Gómez Sánchez y H. López Gama, «Diagnóstico de Estilos de Aprendizaje en Estudiantes Universitarios de Nuevo Ingreso Basado en la Dominancia Cerebral,» *Revista Estilos de Aprendizaje*, vol. 5, nº 5, 2010.
- [29] Y. d. C. Camacho Sojo y M. Aladro Alonso, «Estilos y Tipos de Aprendizaje. Un problema Contemporáneo de la Educación.,» *Cuadernos de Educación y Desarrollo. Revista Académica Semestral*, vol. 3, nº 28, 2011.
- [30] M. Á. Zabalza, «Aprendizaje Autónomo, Parte 1,» 02 septiembre 2009. [En línea]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=MoOt8H-i_W0. [Último acceso: mayo 2018].

- [31] F. Barriga, «Cognición Situada y Estrategias para el Aprendizaje Significativo,» *Revista Electrónica de Investigación Educativa, Universidad Autónoma de Baja California México*, vol. 5, nº 2, pp. pp. 105-117, 2003.
- [32] A. Escribano González, «Aprendizaje Cooperativo y Autónomo en la Enseñanza Universitaria,» *Enseñanza & Teaching: Revista Interuniversitaria de Didáctica*, vol. 13, pp. 89-104, 1995.
- [33] M. R. Bolívar Ruano , «¿Cómo Fomentar el Aprendizaje Significativo en el Aula?,» *Revista Digital para Profesionales de la Enseñanza: Federación de Enseñanza de CC.OO. de Andalucía*, nº 3, 2009.
- [34] M. Velasco y F. Mosquera , «Estrategias Didácticas para el Aprendizaje Colaborativo,» *PAIEP*, p. http://acreditacion.udistrital.edu.co/flexibilidad/estrategias_didacticas_aprendizaje_colaborativo.pdf.
- [35] F. Díaz Barriga Arceo y G. Hernández Rojas, *Estrategias Docentes para un Aprendizaje Significativo, Una Interpretación Constructivista*, México, D.F.: McGraw-Hill, 2002.
- [36] A. Orellana, *Estrategias en Educación*, Venezuela: Mc. Graw Hill, 2008.

Índice de Figuras

Índice de Figuras

Figura 1. Algunos países y universidades donde se realizan ejercicios de criterio estructural. Fuente: Elaboración propia.....	19
Figura 2. Algunos de los ejercicios elaborados para el desarrollo del sistema propuesto. Fuente: H. Tagawa, et al. [15].....	20
Figura 3. Elaboración de modelos y pruebas de comportamiento en laboratorio. Fuente: I. Markov [16].....	21
Figura 4. Ejercicios realizados por los alumnos durante el curso. Fuente: G. Rafailidis y S. Davidson [17].....	21
Figura 5. Ejemplos de algunos casos de estudio desarrollados en este curso. Fuente: R. Tarczewski, et al. [18]...22	
Figura 6. Ejercicios y modelo realizado durante el diseño del pabellón. Fuente: M. Soto y C. Turney [19].....	22
Figura 7. Modelos físicos elaborados por los alumnos durante las pruebas realizadas. Fuente: M. Soto [20].....	23
Figura 8. Modelos físicos desarrollados durante el curso taller. Fuente: G. Tang [21].....	23
Figura 9. Alumnos elaborando estructuras de marcos recíprocos. Fuente: N. Gutiérrez, et al. [22].....	24
Figura 10. Propuestas de velarias desarrolladas por los alumnos durante el curso. Fuente: J.G. Oliva y M.J. Ontiveros [1].....	24
Figura 11. Tabla “Clasificación de modelos de aprendizaje”. Fuente: Gómez, et al. [37]. Según Cazau P. (2004).	27
Figura 12. Grupo de estudiantes realizando el cuestionario en el aula de clase.....	33
Figura 13. El cuestionario funcionó para tener referencias sobre los contenidos de la estrategia didáctica.....	33
Figura 14. Gráfica “criterios utilizados por los alumnos en propuestas de proyectos”.....	35
Figura 15. Gráfica “criterios estructurales y constructivos utilizados por los alumnos en proyectos escolares”....	36
Figura 16. Gráfica “comentarios de los alumnos sobre sus conocimientos de criterio estructural”.....	36
Figura 17. Gráfica “comentarios de los alumnos sobre la complejidad del criterio estructural”.....	37
Figura 18. Gráfica “comentarios de los alumnos sobre cómo les enseñaron estructuras y criterio estructural”...37	

Figura 19. Ejemplos del material didáctico utilizado en clase como apoyo en la presentación de los contenidos del curso. Nota: imágenes utilizadas con fines didácticos, extraídas de Internet. - Fuentes: [En línea]. Disponibles en : http://edicoespqp.blogs.sapo.pt/2011/06/ - http://peru.com/actualidad/mi-ciudad/callao-buqueperu-vela-union-puso-prueba-su-navegabilidad-noticia-460732-1451658 - https://www.youtube.com/watch?v=0kMGh_ssuo - https://www.youtube.com/watch?v=e5aZslnGg0 - https://www.youtube.com/watch?v=t6lNOQYprXo - https://www.youtube.com/watch?v=AF-7gj8Wrx8 - https://www.youtube.com/watch?v=FAjvZaY_trk - [Accedido: Febrero 2017].	39
Figura 20. Propuestas de alberca olímpica presentadas por los alumnos previo a implementar la estrategia didáctica.....	40
Figura 21. Sesiones de taller con participación de los estudiantes en dinámicas y ejercicios prácticos relacionados con los temas de la sesión.....	41
Figura 22. Pruebas de tensión en varillas de acero.....	42
Figura 23. Pruebas de compresión en cilindros de concreto.....	42
Figura 24. Ejercicios con película de jabón.....	43
Figura 25. Visita con los estudiantes a plantas de producción de elementos estructurales prefabricados de concreto. Nota: imágenes utilizadas con fines didácticos.....	44
Figura 26. Dinámicas de grupo con modelos de estructuras elaboradas con papel bond.....	44
Figura 27. Dinámicas de grupo simulando cascarones reticulados y estructuras espaciales reticuladas.....	45
Figura 28. Ejemplo de publicaciones de los alumnos en el grupo de red social. Nota: imágenes utilizadas con fines didácticos, extraídas de Internet.....	46
Figura 29. Maquetas y modelos de estudio elaborados por los estudiantes en el proyecto de alberca olímpica....	47
Figura 30. Análisis y propuestas de los estudiantes en el proyecto de alberca olímpica posteriores al curso-taller.....	48
Figura 31. Gráfica “comentarios de los alumnos sobre el curso”.....	49
Figura 32. Gráfica “comentarios de los alumnos sobre el conocimiento adquirido”.....	49
Figura 33. Gráfica “comentarios de los alumnos sobre la preferencia de herramientas didácticas”.....	50
Figura 34. Gráfica “comentarios de los alumnos sobre recomendaciones para mejorar el curso-taller”.....	50
Figura 35. Logotipos de los eventos donde se presentaran ponencias, Fuente: Imágenes extraídas de Internet.	56