

**GUÍA DE ESTRUCTURAS NO CONVENCIONALES DENTRO DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA DE LA
UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA.
CASO DE ESTUDIO: ESTRUCTURAS ARBORIFORMES.**

Andrés Felipe Olaya Ordoñez

Erika Alejandra González Velandia



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

Vigilada MINEDUCACIÓN

Facultad de Arquitectura

Universidad La Gran Colombia

Bogotá D.C.

2023

**Guía de estructuras no convencionales dentro de la Facultad de Arquitectura de la Universidad La
Gran Colombia.**

Caso de estudio: estructuras arboriformes.

Andrés Felipe Olaya Ordoñez

Erika Alejandra González Velandia

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Arquitecto

Director, Arq. Manuel Fernando Martínez Forero, Mag. en construcción.

Asesora, Arq. Melisa Galvez Bohorquez.



**UNIVERSIDAD
La Gran Colombia**

Vigilada MINEDUCACIÓN

**Facultad de Arquitectura
Universidad La Gran Colombia
Bogotá D.C**

2023

ÍNDICE

RESUMEN 10

ABSTRACT..... 11

INTRODUCCIÓN 12

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. 14

 VACÍO EN EL CONOCIMIENTO:15

 BAJA IMPLEMENTACIÓN:.....15

 ESCASEZ DE MATERIAL COMPLEMENTARIO DE ESTUDIO:15

PREGUNTA PROBLEMA 17

HIPÓTESIS..... 17

JUSTIFICACIÓN..... 18

 DIFICULTAD EN LA COMPRESIÓN DE ESTRUCTURAS:18

 IMPORTANCIA DE LAS ESTRUCTURAS EN EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO:19

 CONSEGUIR UNA MAYOR PROFUNDIZACIÓN DE ESTAS TEMÁTICAS:.....19

 DIVERSIFICAR EL CONTENIDO ACADÉMICO ESTRUCTURAL:19

 MEJORAR LOS RESULTADOS ARQUITECTÓNICOS DE LOS PROYECTOS DE LOS ESTUDIANTES:20

ALCANCE..... 21

OBJETIVOS 22

 OBJETIVO GENERAL22

 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....22

ESTADO DEL ARTE..... 23

 - DIEZ (2005) DISEÑO ESTRUCTURAL EN ARQUITECTURA: INTRODUCCIÓN:23

 - CHARLESON (2007): LA ESTRUCTURA COMO ARQUITECTURA:.....23

 - VILLATE (2008). ESTRUCTURAS NO CONVENCIONALES EN ARQUITECTURA:24

 -MAURY (2009). LA ESENCIA DEL ÁRBOL:24

GUÍA DE ESTRUCTURAS ARBORIFORMES	4
- ALONSO (2018). LA ESTRUCTURA COMO POÉTICA ARQUITECTÓNICA:	25
CONCLUSIONES:	25
MARCO TEÓRICO	26
PEDAGÓGICO:.....	26
<i>Constructivismo:</i>	26
<i>Inteligencias múltiples:</i>	28
<i>Aprendizaje significativo:</i>	29
<i>Pirámide del aprendizaje:</i>	29
CONCLUSIONES:	29
MARCO CONCEPTUAL	31
ESTRUCTURAS NO CONVENCIONALES:	31
ESTRUCTURA ARBORIFORME:	31
GAMIFICACIÓN:	32
STORYTELLING:	33
ESFUERZOS:	33
<i>Tracción:</i>	34
<i>Compresión:</i>	34
<i>Flexión:</i>	34
<i>Torsión:</i>	35
<i>Corte:</i>	35
APOYOS:.....	36
<i>Apoyo móvil:</i>	36
<i>Apoyo articulado fijo:</i>	37
<i>Empotramiento:</i>	37
<i>Pedagogía:</i>	38

GUÍA DE ESTRUCTURAS ARBORIFORMES	5
CONCLUSIONES:.....	39
MARCO HISTÓRICO.....	40
-Año 13000 - SIGLO XVII:.....	40
-SIGLO XVIII:.....	40
-SIGLO XX:.....	41
CONCLUSIONES:.....	41
MARCO NORMATIVO.....	42
ACERO ESTRUCTURAL (NSR 10 ESTRUCTURA DE ACERO CON PERFILES LAMINADOS, ARMADOS Y TUBULARES ESTRUCTURALES	
F.2.1.5.1):.....	42
ACERO ESTRUCTURAL (NSR 10 CÁLCULOS DE LAS RESISTENCIAS REQUERIDAS F.2.3.2):.....	42
ACERO ESTRUCTURAL (NSR 10 DISEÑO DE CONEXIONES DE PERFILES TUBULARES ESTRUCTURALES (PTE) Y MIEMBROS EN CAJO	
F.2.11):.....	43
ESTRUCTURAS DE MADERA Y ESTRUCTURAS DE GUADUA (NSR 10 GRUPOS ESTRUCTURALES G.1.3.5):.....	43
ESTRUCTURAS DE MADERA Y ESTRUCTURAS DE GUADUA (NSR 10 REQUISITOS DE DISEÑO G.2.1):.....	43
ESTRUCTURAS DE MADERA Y ESTRUCTURAS DE GUADUA (NSR 10 MÉTODO DE DISEÑO ESTRUCTURAL G.2.2):.....	44
ESTRUCTURAS EN GUADUA (NSR 10 CLASIFICACIÓN DE COLUMNAS G.12.9.2.6):.....	44
ESTRUCTURAS DE MADERA Y ESTRUCTURAS DE GUADUA (NSR 10 CORTE PICO DE FLAUTA G.12.11.2.3):.....	44
CONCLUSIONES:.....	45
MARCO REFERENCIAL.....	46
REFERENCIAS PEDAGÓGICAS:.....	46
REFERENTES ARQUITECTÓNICOS:.....	48
CONCLUSIONES:.....	50
METODOLOGÍA.....	52
DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EMPLEADA:.....	52

ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN:	52
<i>Etapa de planificación:</i>	52
<i>Etapa de recolección de información:</i>	53
<i>Etapa de diagnóstico:</i>	54
<i>Etapa de análisis de datos:</i>	55
<i>Estrategias pedagógicas:</i>	55
<i>Productos didácticos:</i>	55
<i>Etapa de construcción de la guía didáctica:</i>	58
<i>Etapa de aplicación:</i>	58
DIAGNÓSTICO.....	60
PROPUESTA.	64
PRIMER CAPÍTULO: ESTRUCTURAS.....	64
SEGUNDO CAPÍTULO: CONCEPTOS GENERALES.....	64
<i>Elementos estructurales:</i>	65
<i>Esfuerzos:</i>	65
<i>Uniones:</i>	66
<i>Cargas:</i>	67
<i>Apoyos:</i>	68
TERCER CAPÍTULO: ESTRUCTURAS CONVENCIONALES.	69
CUARTO CAPÍTULO: ESTRUCTURAS NO CONVENCIONALES.	69
QUINTO CAPÍTULO: ESTRUCTURAS ARBORIFORMES.	70
CONCEPTOS DE GAMIFICACIÓN:.....	75
IMPLEMENTACIÓN DE PÁGINA WEB:	76
RESULTADOS.	79
CONCLUSIONES.....	81
BIBLIOGRAFÍA.....	83

Lista de Figuras.

FIGURA 1: <i>ENFOQUES CONSTRUCTIVISTAS EN EDUCACIÓN.</i>	27
FIGURA 2: <i>TRACCIÓN</i>	34
FIGURA 3: <i>COMPRESIÓN.</i>	34
FIGURA 4: <i>FLEXIÓN.</i>	35
FIGURA 5: <i>TORSIÓN.</i>	35
FIGURA 6: <i>CORTE.</i>	36
FIGURA 7: <i>APOYO MÓVIL.</i>	37
FIGURA 8: <i>APOYO ARTICULADO FIJO.</i>	37
FIGURA 9: <i>EMPOTRAMIENTO.</i>	38
FIGURA 10: <i>CORTE PICO DE FLAUTA.</i>	45
FIGURA 11: <i>AEROPUERTO DE STUTTGART.</i>	48
FIGURA 12: <i>ESTRUCTURA DE LA IGLESIA SIN RELIGIÓN.</i>	49
FIGURA 13: <i>RAMIFICACIONES COMO ATRACTIVO VISUAL EN CAIXAFORUM BARCELONA</i>	49
FIGURA 14: <i>ARBORIFORMES POR CALATRAVA.</i>	50
FIGURA 15: <i>MEMBRANA TITÁN PLAZA.</i>	57
FIGURA 16: <i>UNIÓN DEL MÁSTIL AL PISO.</i>	57
FIGURA 17: <i>ESTRUCTURAS NEUMÁTICAS TITÁN PLAZA.</i>	58
FIGURA 18: <i>PIRÁMIDE DE APRENDIZAJE.</i>	63
FIGURA 19: <i>PROCESO DE ELABORACIÓN DE VIDEO ANIMADO.</i>	65
FIGURA 20: <i>PROCESO DE ANIMACIÓN DE ESFUERZOS.</i>	66
FIGURA 21: <i>UNIÓN ATORNILLADA.</i>	67
FIGURA 22: <i>TIPOS DE CARGAS.</i>	68
FIGURA 23: <i>TIPOS DE APOYOS.</i>	68
FIGURA 24: <i>VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS ESTRUCTURAS CONVENCIONALES.</i>	69

FIGURA 25: INFOGRAFÍA O2 ARENA.....	70
FIGURA 26: APLICACIÓN DE LA REALIDAD VIRTUAL EN ESTRUCTURAS ARBORIFORMES.	71
FIGURA 27: CÓDIGO DE DESCARGA DE LA APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA.	72
FIGURA 28: MODELO DE ESTRUCTURAS ARBORIFORMES.	73
FIGURA 29: MODELO DE UNIÓN PARA ESTRUCTURAS ARBORIFORMES EN GUADUA.	74
FIGURA 30: MODELO DE UNIÓN PARA ESTRUCTURAS ARBORIFORMES EN MADERA.	74
FIGURA 31: VIDEO: ELABORACIÓN DE MAQUETAS CASERAS.....	75
FIGURA 32: APLICACIÓN DE CUESTIONARIOS POR MÓDULOS.....	76
FIGURA 33: INTERFAZ DE LA PÁGINA WEB.	77
FIGURA 34: QR DE ACCESO A LA PÁGINA WEB.	78

Lista de tablas.

TABLA 1: *CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES*. 53

TABLA 2: *FICHAS DE LECTURA*. 54

Resumen

Este trabajo de grado es una investigación enfocada en las estructuras arboriformes, construida con el fin de diversificar las herramientas de aprendizaje y mejorar la comprensión de estos tipos de estructuras por parte de los estudiantes pertenecientes a la facultad de Arquitectura de la Universidad La Gran Colombia.

En principio, para llevar a cabo el estudio se realiza un diagnóstico de la población estudiantil de la universidad mediante la aplicación de unas encuestas que permiten determinar los contenidos correspondientes teniendo en cuenta las necesidades de los estudiantes. Además de ello, se realizó una consulta bibliográfica relacionada con pedagogía, estrategias de aprendizaje, teoría relacionada con estructuras no convencionales, referentes arquitectónicos, entre otros; que se tomaron como base para generar el contenido que permitiera una mejor comprensión de las temáticas incluidas en el desarrollo de esta.

Teniendo en cuenta los resultados de las encuestas y la consulta realizada, se elabora una guía como producto de la investigación, mediante una página web ya que permite mayor interactividad y dinamismo para los estudiantes, que se estructuró mediante un índice, que comienza con una contextualización de conceptos básicos generales para que al abordar el capítulo de profundización los contenidos fueran claros y de fácil comprensión. En la guía se abordan las diferentes temáticas mediante herramientas como animaciones que recrean conceptos estructurales, actividades con conceptos de gamificación que le permiten al estudiante interactuar con el conocimiento, la exploración de la realidad aumentada, ilustraciones, infografías, entre otras.

Palabras clave: *estructuras no convencionales, estructuras arboriformes, aprendizaje significativo, guía de aprendizaje, planteamiento estructural, gamificación, realidad aumentada.*

Abstract.

This degree work is a research focused on arboriform structures, built in order to diversify the learning tools and improve the understanding of these types of structures by students belonging to the Faculty of Architecture of the Universidad La Gran Colombia.

In principle, to carry out the study, a diagnosis of the student population of the university is carried out through the application of surveys that allow determining the corresponding contents taking into account the needs of the students. In addition, a bibliographic consultation was carried out related to pedagogy, learning strategies, theory related to unconventional structures, architectural references, among others; that were taken as a basis to generate the content that would allow a better understanding of the topics included in the development of this.

Taking into account the results of the surveys and the consultation carried out, a guide is elaborated as a product of the research, through a web page since it allows greater interactivity and dynamism for the students, which was structured through an index, which begins with a contextualization of general basic concepts so that when addressing the deepening chapter the contents were clear and easy to understand. The guide addresses the different topics through tools such as animations that recreate structural concepts, activities with gamification concepts that allow the student to interact with knowledge, the exploration of augmented reality, illustrations, infographics, among others.

Keywords: *unconventional structures, arboriform structures, meaningful learning, learning guide, structural approach, gamification, augmented reality.*

Introducción

El diseño estructural conforma una parte fundamental para el desarrollo de un proyecto y los elementos de dicha estructura tienen un gran potencial para el enriquecimiento del diseño arquitectónico. Como lo menciona Villate (2008) en su libro, *Estructuras no convencionales en arquitectura*: “El conocimiento de las posibilidades estructurales permite en arquitectura propuestas fundamentadas y construibles” (p. 7).

Con el fin de contribuir a dicha exploración de posibilidades estructurales y construir contenidos dinámicos para los estudiantes, en este documento se abordarán las estructuras no convencionales, enfocadas en las arboriformes que como su nombre lo indica son aquellas que poseen forma de árbol y que su comportamiento estructural se basa en el flujo de cargas por las bifurcaciones de los elementos estructurales hasta concentrarse en un punto central y llegar al suelo. O como en su libro *La esencia del árbol*, Maury (1978) menciona: “Este sistema vertical de cargas se conoce como Estructura Arboriforme, ya que su nombre proviene de la forma del árbol y no del trabajo estructural de un árbol.” (p. 15)

A partir de un proceso de observación dentro de la facultad de arquitectura de la Universidad La Gran Colombia se observó la falta de incorporación de las estructuras no convencionales en el desarrollo del diseño arquitectónico. La complejidad de los proyectos de los estudiantes a nivel estructural es baja, ya que es de mayor relevancia la configuración formal mediante otros elementos como los principios de diseño, la implantación, el contexto y, el diseño estructural se implementa como último paso del edificio. Con el propósito de mitigar dicha situación observada, se decidió realizar consolidar dicha investigación realizada en una guía, mediante una página web, que contribuya a la formación de los estudiantes en dichas temáticas por medio de referentes, diagramas, ilustraciones, animaciones y contenidos de realidad aumentada que permitan a los estudiantes comprender con mayor facilidad el manejo de las estructuras.

Dentro del desarrollo del proyecto se aplicaron encuestas a diferentes actores del problema donde se analizan las dinámicas de la población docente y estudiantil con respecto a la temática a estudiar. Este análisis se realiza mediante estadísticas que permiten filtrar la información y definir el estado de conocimiento de las estructuras a manejar, con el fin de realizar un diagnóstico principal. Dicho diagnóstico configuró la base para la estructuración y el desarrollo de la guía, empezando por la definición de los contenidos, teniendo en cuenta las necesidades de los estudiantes según los resultados de las encuestas; las estrategias de aprendizaje obtenidas mediante consulta bibliográfica, el contenido teórico relacionado con los tipos de estructuras, las encuestas a profesores, el análisis de referentes arquitectónicos, entre otros aspectos.

Para mitigar dicha problemática se desarrolló una guía, que estudia dichas estructuras mediante diferentes metodologías como proyectos audiovisuales o animaciones, ilustraciones de elaboración propia, análisis de proyectos existentes y modelos de realidad aumentada con el fin de lograr una mejor comprensión para incentivar el manejo de estas estructuras en los proyectos de los estudiantes de arquitectura. Esto basado en estrategias de aprendizaje y comprensión que se consultaron durante el desarrollo de la investigación para garantizar la efectividad del proyecto en cuanto a la implementación de estrategias didácticas para asegurar una correcta formación respecto a las estructuras arboriformes.

Todos estos contenidos de elaboración propia se consolidaron en una página construida mediante Google Sites, que está dividida por capítulos según lo evidenciado en las encuestas de diagnóstico y según el material bibliográfico recolectado.

Planteamiento del problema.

Dentro de la vida académica y profesional arquitectónica es de gran envergadura entender que es un oficio integral e interdisciplinar. Además de componer y construir ideas, se deben tener en cuenta bastantes variables para llegar a dicha construcción; el aspecto social, climático, morfológico, funcional, ambiental, estructural, prospectivo, etc. En el contexto de la actividad académica estructural, es bastante frecuente escuchar estudiantes de arquitectura que aluden que el desarrollo del diseño estructural es un tema que le concierne únicamente al ingeniero. Sin embargo, como se mencionaba anteriormente, dicho ejercicio también hace parte del oficio arquitectónico y es de gran importancia, puesto que este aspecto puede llegar a configurar una ventaja o desventaja dentro del valor estético de la pieza arquitectónica dependiendo como se implemente dentro del mismo. Existen una gran cantidad de posibilidades estructurales dentro del campo de la construcción, sin embargo, hay algunas en específico de las cuales no hay bastante implementación, son poco conocidas y tienen gran potencial; así como su nombre lo indica son las estructuras no convencionales.

En lo referente a la Universidad La Gran Colombia, ubicada en la ciudad de Bogotá, se observó que esta problemática también se percibe en la facultad de arquitectura; los estudiantes no han profundizado en lo relacionado al diseño estructural, no conocen ni tienen claro los tipos de estructuras no convencionales y es el aspecto más débil en su aprendizaje; por ende, dichos tipos de estructuras no se tienen en cuenta en sus diseños.

Esto se determinó mediante un proceso de observación dentro de la facultad, un análisis de diferentes variables por las que atraviesa el estudiante de arquitectura de la universidad que son las siguientes:

Vacío en el conocimiento:

Se ha detectado un vacío del conocimiento por parte de los estudiantes respecto a temas o materias relacionadas con las estructuras en general, añadiendo que en los proyectos de taller el diseño estructural se convierte en una variable secundaria que se desarrolla en último lugar y de forma apresurada, obteniendo resultados poco eficientes y desarrollando sistemas estructurales que no traspasan lo tradicional.

Baja implementación:

Debido a la complejidad de las estructuras no convencionales no es común encontrar proyectos que desarrollen, dentro de su proceso de taller, este tipo de estructuras. Ya sea por la complejidad que implica llevar a cabo la construcción de la maqueta, el modelo 3D, la justificación, entre otros aspectos que podrían relacionarse con la baja comprensión y exploración de estos tipos de morfologías estructurales por parte de los estudiantes de la facultad.

Escasez de material complementario de estudio:

En el contexto de la Facultad de Arquitectura de la Universidad La Gran Colombia, se evidencia una insuficiente cantidad de material o espacios de apoyo para el estudio de estructuras en general. Encontramos laboratorios presenciales como el de fotografía, bioclimática y SIG; y de manera complementaria virtual adicional encontramos el de tierras y madera. En estos laboratorios se encuentran videos, libros, artículos y diferente material de apoyo que influye en un mejor aprendizaje por parte de los estudiantes. Sin embargo, no existe aún un espacio que comprenda las temáticas relacionadas al desarrollo tecnológico de los proyectos, es decir, comportamiento estructural, uniones, esfuerzos, flujo de cargas, sistemas estructurales, entre otros. Posiblemente se desconoce la importancia de su implementación o su uso no es de gran relevancia dentro de las estrategias de aprendizaje. Por otro lado, el material bibliográfico que se logra encontrar en internet o bibliotecas

posee un desarrollo teórico, más que práctico o gráfico; lo cual no es llamativo en cierta forma para los estudiantes.

Pregunta problema.

¿Cómo se puede mejorar el aprendizaje de estructuras no convencionales por parte de los estudiantes de arquitectura, mediante el desarrollo de una guía didáctica, tomando como ejemplo la facultad de la Universidad La Gran Colombia en la ciudad de Bogotá?

Hipótesis.

El desarrollo de una herramienta que apoye el estudio estructural facilitará a los estudiantes de arquitectura el aprendizaje y la comprensión de estructuras no convencionales para que así mismo las puedan implementar en el ejercicio académico y profesional.

Justificación.

La presente investigación, está orientada hacia el estudio de las estructuras no convencionales tomando como ejemplo las arboriformes mediante el desarrollo de una guía, consolidada en una plataforma web, con un enfoque específico hacia las mismas. Esto debido a que no hay un reconocimiento de la importancia y el potencial que tiene el diseño estructural en el proyecto arquitectónico, ya que existe un vacío en el conocimiento por parte de los estudiantes de arquitectura. Como Villate (2008) menciona en su libro *Estructuras no convencionales en arquitectura*: “El conocimiento de las posibilidades estructurales permite en arquitectura propuestas fundamentadas y construibles.” (p. 7) Esto evidencia que entender el diseño estructural permite que las propuestas arquitectónicas adquieran un carácter considerable en cuanto a su funcionalidad y sustento al construirse.

Como consolidación de la investigación realizada se desarrollará una guía que configurará un material de apoyo y permitirá a los estudiantes profundizar sobre las temáticas mencionadas, con el fin de disminuir la brecha existente en el conocimiento de estas estructuras.

Teniendo en cuenta lo anterior, esta guía es de gran importancia por las siguientes razones:

Dificultad en la comprensión de estructuras:

Los estudiantes, como lo revelan las encuestas, no comprenden el concepto estructural, tienden a confundir los conceptos y los tipos de estructuras existentes. Además de ello, debido a que no comprenden dichos conceptos, la complejidad de estos genera que dentro de sus proyectos implementen el uso de estructuras tradicionales como metálicas y de pórticos, dejando a un lado las estructuras no convencionales. Por otro lado, la falta de material complementario o de apoyo para el aprendizaje de estas temáticas dificulta los procesos de comprensión puesto que no se encuentra mucha información y los contenidos que se manejan están basados solo en teoría.

Importancia de las estructuras en el diseño arquitectónico:

En el ejercicio profesional es de gran importancia realizar diseños integrales, que tengan en cuenta las diferentes variables, así como lo menciona Diez (2005) “El arquitecto necesariamente debe dominar el conocimiento, la estrategia y el arte del diseño estructural” (p. 11) Teniendo en cuenta dichos elementos se logran resultados eficaces, estéticos y resistentes. Además, la importancia de las estructuras no solo radica en el sustento del edificio, también aporta un carácter estético y de diseño si se sabe usar de manera adecuada y si se concibe desde el inicio del diseño. Existen diferentes estrategias para integrar el diseño estructural al arquitectónico con el fin de embellecer el aspecto del proyecto o con otros fines.

Conseguir una mayor profundización de estas temáticas:

Dicha guía configurará un material de apoyo y una alternativa de consulta para los estudiantes, les permitirá profundizar sobre las temáticas mencionadas. Esto es de gran importancia puesto que se tiene una visión integral del profesional de arquitectura, teniendo en cuenta que no solo se tiene en cuenta la variable estética del diseño, sino que se deben tener en cuenta distintos aspectos que configuran una multidisciplinariedad del campo de acción de la arquitectura. La complejidad de los temas estructurales demanda bastante profundización ya que poseen bastantes conceptos que suelen ser difíciles de entender desde la teoría. Por otro lado, es importante resaltar que la información existente de este tipo de estructuras es muy poca y algunos contenidos encontrados no son de fuentes confiables o reconocidas.

Diversificar el contenido académico estructural:

Dentro del material que se encuentra, relacionado a las estructuras no convencionales, generalmente son libros teóricos y artículos con referentes arquitectónicos que se convierten en

información bastante compleja de entender y poco atractiva para los estudiantes. Por otro lado, los contenidos relacionados con el diseño estructural están enfocados en los sistemas convencionales, no se encuentra información suficiente que permita profundizar en las estructuras no convencionales para así mismo implementarlas de manera adecuada. Por esto mismo, el desarrollo de la guía didáctica promueve el aprendizaje autónomo mediante estrategias que orienten su comprensión a través de elementos ilustrativos, audiovisuales, referenciales y con un campo de implementación de herramientas tecnológicas como la realidad aumentada, que ayuden al estudiante a entender de manera más eficaz estas temáticas.

Mejorar los resultados arquitectónicos de los proyectos de los estudiantes:

El construir conlleva alteraciones tanto espaciales como sociales, por lo tanto, se deben concebir diferentes aspectos que contribuyan a mejorar el resultado estético y funcional de la obra arquitectónica. Hablando respecto al diseño estructural se debe comprender que esto también hace parte fundamental del aspecto estético y contribuye a mejorar el aspecto de la edificación si se trabaja de manera adecuada, así como lo menciona en su libro *Diseño estructural en arquitectura*, Diez (2005) “La estructura deberá sostener estáticamente y estéticamente la composición” (p, 18.). Esto evidencia la importancia de las estructuras, no solo en el ámbito de la resistencia y rigidez sino también en la morfología y aspecto visual de la construcción, dándole un valor agregado al proyecto.

Por otro lado, en el aspecto social, como lo menciona en *Disciplina, alcances de su definición. Apuntes para la comprensión disciplinar de la Arquitectura* por Miranda (2016): “la arquitectura (...) ha requerido aventurarse y exponerse a lo inmensurable, lo indecible, lo indeterminado, hecho que le caracteriza desde su origen.” (p. 98). Esto como tal implica que un profesional graduado de arquitectura debe tener conocimientos de diferentes disciplinas y aspectos que le permitan entender el impacto que tiene un diseño en la sociedad y el espacio.

Alcance.

El proyecto se desarrolló con el fin de diversificar el contenido académico estructural mediante el desarrollo de una guía desarrollada en una plataforma web, que tomó como ejemplo un tipo de estructuras no convencionales y se profundizó sobre el mismo. Sin embargo, las encuestas arrojaron necesidades que conllevan a incluir otros contenidos ya que no se tenían claras algunas temáticas y conceptos relacionados con el tema.

El desarrollo de la guía incluye todo lo relacionado con estructuras arboriformes, pero para poder comprenderlas fue necesario hacer un acercamiento a los conceptos estructurales, la clasificación de las estructuras, el comportamiento frente a las cargas, etc.

Por otro lado, se proyecta que dicha guía sea ampliada con otro tipo de estructuras, ya sea elaboración de docentes o estudiantes y que, a su vez, se usen como metodología de aprendizaje dentro de las aulas de clase.

Objetivos

Objetivo General

Ofrecer una alternativa que permitan a los estudiantes de arquitectura ampliar el conocimiento de las estructuras no convencionales tomando como ejemplo las estructuras arboriformes, su aplicación y construcción, con el fin de que puedan comprender de manera adecuada estas temáticas y así mismo implementarlas en el ejercicio académico y profesional.

Objetivos Específicos:

-Evaluar el conocimiento de las estructuras por parte de los estudiantes de la Facultad de Arquitectura de la Universidad La Gran Colombia.

-Diagnosticar el contenido académico existente referente a las estructuras con el fin de determinar las necesidades y contenidos que requieren profundización.

-Establecer las herramientas pedagógicas que permitan mejorar la comprensión de las estructuras no convencionales por parte de los estudiantes de arquitectura de la Universidad La Gran Colombia.

-Consolidar el instrumento pedagógico de apoyo a los estudiantes para el estudio y comprensión de las temáticas estructurales tomando como ejemplo las estructuras arboriformes.

Estado del arte.

- Diez (2005) Diseño estructural en arquitectura: introducción:

Este libro expone conceptos para el aprendizaje de las estructuras contemplándose desde el ejercicio de la arquitectura. Por otro lado, da una mirada hacia la arquitectura desde una perspectiva universal en la que se contempla la asociación de distintos elementos que enmarcan el diseño. Contempla los conceptos de forma, función y técnica (solidez, utilidad y belleza); enfatiza la importancia de cada uno de ellos y expone el diseño estructural como un arte que el arquitecto como profesional debe tener en cuenta en el momento de planeación de un diseño.

La posición del autor durante el desarrollo del libro es un punto de vista crítico, pero a la vez técnico, alude en ciertas ocasiones en forma de analogías a ciertos conceptos y esto permite un mayor entendimiento de las temáticas desarrolladas.

- Charleson (2007): La estructura como arquitectura:

En este libro se resalta la importancia de la integración del diseño arquitectónico con el estructural, se expone el potencial que tiene el uso de la estructura como elemento estético. Se abordan estrategias para darle importancia a la estructura dentro de la configuración arquitectónica del proyecto como el uso de los elementos portantes para el paso de la luz generando efectos visuales que enriquecen el aspecto de la construcción.

La postura que maneja el autor respecto a la importancia del diseño estructural se expone conforme a las postulaciones que se quisieron presentar en el desarrollo de este proyecto. Reconocer la relevancia del manejo adecuado de los elementos estructurales vinculados a la propuesta es de gran importancia para obtener resultados técnicos y estéticos.

- Villate (2008). Estructuras no convencionales en arquitectura:

Este libro contiene en primera instancia un análisis formal a partir de sólidos, las diferentes transformaciones a las que puede ser sometido y las aplicaciones de estos a algún tipo de estructura. Dicho estudio formal permite entender las conexiones y los puntos claves de las figuras para así mismo aplicarlas en un contexto real. Además, se hace referencia al concepto de estabilidad formal. Luego de esto, el libro se divide en varios capítulos que explican algunas de las estructuras no convencionales aplicadas a la arquitectura. Inicialmente, se encuentran las estructuras dinámicas, se expone su definición, se subdividen según su clasificación, se muestran las posibles agrupaciones que se realizan con este tipo y la relación de las mismas con los poliedros. Y este mismo proceso se realiza con los demás tipos de estructuras. Luego, se abordan otros tipos de estructuras mediante la misma metodología, explicación y análisis formal, conceptos estructurales, entre otros.

Para el desarrollo de este texto, la autora muestra metodologías basadas en pruebas con modelos a escala micro que permiten analizar el comportamiento de los elementos, sus uniones y logran explicar de manera más dinámica los conceptos.

-Maury (2009). La esencia del árbol:

Este es un estudio formal y técnico de las estructuras arboriformes; en el desarrollo del texto se plantean definiciones y conceptos acompañados de esquemas explicativos que permiten comprender de forma asertiva el comportamiento estructural, los tipos de uniones, el flujo de cargas y la transmisión de estas en este tipo de estructuras. Al final del texto, se plantea una propuesta que enmarca los conceptos mencionados a lo largo de la investigación. El autor del texto expone sus ideas de manera similar a María Claudia Villate, los esquemas que se desarrollan son parecidos, pero hay una mayor profundización enfocada en las estructuras arboriformes.

- Alonso (2018). La estructura como poética arquitectónica:

En este artículo se realiza un análisis histórico mediante el uso de analogías y dibujos que permiten entender la evolución de los conceptos estructurales a través del tiempo y cómo se relaciona la composición con la construcción. Se presenta la estructura como poesía que sustenta la obra arquitectónica y además, la mirada del autor del texto está enfocada en el arte de construir; una comparación que realiza entre la poesía y la estructura, que permite entender la envergadura del diseño estructural como elemento modelador de la apariencia y talante de un edificio. Es interesante la relación que establece entre disciplinas externas a la arquitectura con elementos que la configuran, puesto que, si la poesía no tiene una estrecha relación con la construcción, hace parecer como si esta fuera fundamental dentro de la misma.

Conclusiones:

Teniendo en cuenta el material analizado, se evidencia que los contenidos dispuestos se abordan desde la parte teórica en su mayoría, acompañados de dibujos técnicos que suelen ser complejos para los estudiantes. Además de ello, se maneja un lenguaje técnico que contiene vocabulario desconocido para algunos estudiantes, no se abordan conceptos básicos para contextualizar al lector sobre lo que se está manejando, sino que, por el contrario, los contenidos están dirigidos a un público especializado y no se especifican ciertas definiciones.

Por esta razón, se decidió implementar dentro de la guía, capítulos de contextualización donde se exponen conceptos básicos que le ayudan al lector a comprender las temáticas que se emplean en los demás apartados, se usó un lenguaje sencillo de forma tal que el estudiante pueda dominar el tema y por otro lado se implementaron contenidos llamativos, para que la persona pueda interactuar con los temas mediante herramientas multimedia.

Marco teórico.

Pedagógico:

Constructivismo:

Dentro de las teorías que apoyan la investigación se encuentra el constructivismo, que plantea la participación del estudiante en el proceso de aprendizaje como lo menciona Ortiz (2015) desde un enfoque de percepción particular, en el cual existe una recepción de la realidad, se organiza la información y se plantean constructos propios que varían dependiendo del contexto del aprendiz, su contexto físico y social, cultural, y económico y político. Esto supone que el estudiante debe tener una postura crítica sobre su aprendizaje en la que cuestione y analice los contenidos y así mismo, dependiendo de su desarrollo e interacción con el contexto, se ve reflejado en sus pensamientos.

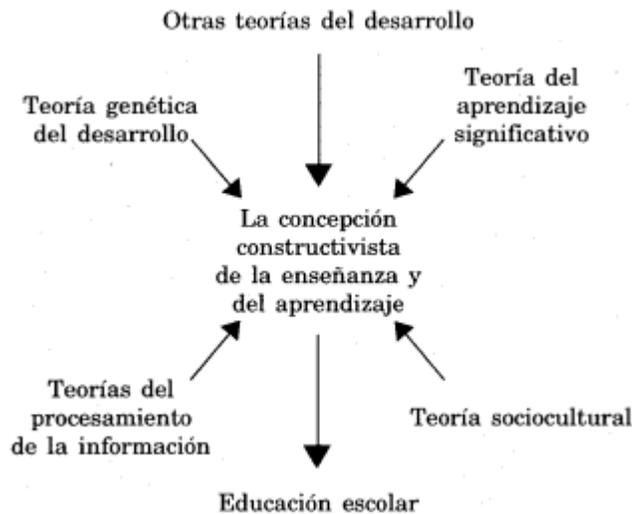
Dicha teoría afirma que el conocimiento es una construcción del ser humano y para que este proceso sea logable se debe tener en cuenta el papel fundamental tanto del docente como del alumno. Para esto es importante concebir que existen diferentes realidades particulares que se transforman en el proceso de aprendizaje condicionadas por el contexto específico ya sea físico, social, cultural, económico y/o político. Generando un cambio en la educación donde el alumno generará su conocimiento adquiriendo por medio del aprendizaje empírico añadiendo las interacciones que tenga con el docente, evitando la educación tradicional que se basaba en un alumno pasivo, solo adquiriendo el conocimiento que se presentaba en el aula de clase, sin adquirir un protagonismo o relevancia en el proceso de aprendizaje.

Así mismo, Tafur y Coloma (1999) muestran la teoría del constructivismo mediante tres bases principales que serían la filosofía, la psicología y la pedagogía, haciendo relación con la filosofía nombra a Kant, ya que fue el que planteó las preguntas que tienen como base dicha teoría que son: “¿que conocemos?, ¿por qué conocemos? y ¿a través de qué nos conocemos?” (p. 220), siendo de cierta

manera el principio del constructivismo ya que este se basa en generar preguntas y resolverlas. Y, por otro lado, hacia la corriente del empirismo, es nombrado Piaget diciendo que cuando se adquiere un conocimiento se genera un espacio para elaborar uno más complejo.

Figura 1:

Enfoques constructivistas en educación.



Tomado de "El constructivismo y sus implicancias en la educación" Tafur y Coloma, 1999.

(<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5056798.pdf>)

Además, presentando una contraparte en la investigación *Límites del constructivismo pedagógico* por Barreto, et al. (2009) se muestran las dificultades que presenta la teoría mencionada, puesto que muchas veces se centran a que el resultado tenga sentido en vez de encontrar la verdad sobre lo investigado, generando una dificultad ya que el conocimiento se base en lo empírico y si existiera un material y objeto teórico, planteando que el constructivismo se adaptara como hipótesis podría generar una mejor práctica para la educación. Contando que, si al momento de realizar una investigación y la evidencia es subjetiva, tomando como ejemplo una población y el conocimiento que maneja los sujeto no se podría llegar a una conclusión verdadera ya que cada individuo cuenta con diferente conocimiento, llegando hacer resultados objetivos dando razón a que el constructivismo se

basa más en el proceso que en la finalidad, generando conflictos de si existe o no la conclusión de la investigación.

Inteligencias múltiples:

Según Gardner (1995) en su libro *Inteligencias múltiples* afirma que hay “una visión pluralista de la mente, que reconoce muchas facetas distintas de la cognición, que tiene en cuenta que las personas tienen diferentes potenciales cognitivos y que contrasta diversos estilos cognitivos” (p. 31). Esto se traduce en que la mente tiene diferentes facetas de recepción y procesamiento de la información y cada persona posee un estilo distinto de aprendizaje. Una “visión polifacética” de la inteligencia, que se desarrolla a partir del contexto en el que se desenvuelve la persona y su manera de vivir.

Gardner, (1995) define 8 tipos de inteligencias múltiples resumidas a continuación:

- Inteligencia interpersonal.
- Inteligencia intrapersonal.
- Inteligencia espacial.
- Inteligencia lingüística.
- Inteligencia lógica – matemática.
- Inteligencia cinética – corporal.
- Inteligencia naturalista.
- Inteligencia musical.

Por otro lado, en la investigación *Inteligencia: Múltiples perspectivas* por Gardner et al. (2010) explican un poco la teoría de Piaget y su forma de concebir las capacidades intelectuales mostrando que existían varios tipos de inteligencia. Explican que, mediante test aplicados a niños, estos deben pasar por un proceso para garantizar su desarrollo cognitivo, comenzando por el desarrollo del vocabulario,

conocimiento de la biología y la lógica, entre otros. Además, se exponen ciertas críticas que ha tenido esta teoría, ya que según algunos autores se aborda la inteligencia de una manera superficial.

Aprendizaje significativo:

El aprendizaje significativo tiene como prioridad conocer la estructura cognitiva del estudiante, sabiendo que bases conceptuales anteceden en su intelecto y determinar su estructura cognitiva, permitiendo una orientación académica mucho más factible y haciéndole sentir que no inicia desde cero su actividad pedagógica, aprovechando el proceso que se llevó y fortaleciendo lo que falta. También Ausubel (1983) lo resume diciendo "El factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe." (p. 32), queriendo expresar que el conocimiento previo al que se va a adquirir es el más provechoso. Para este autor es importante, traduciendo lo anterior, se debe tener en cuenta el conocimiento previo del alumno para así mismo saber cómo va a complementar lo que aprenderá.

Pirámide del aprendizaje:

Como complemento de la teoría anterior se aborda la pirámide del aprendizaje, en la cual se le asigna determinado porcentaje de aprendizaje a diferentes actividades. Es decir, se clasifican las actividades con las cuales se mejora la recepción de la información. Según Prieto (s.f), la una gran parte de lo que aprendemos, lo obtenemos mediante medios audiovisuales, mediante demostración y enseñando a otras personas. Esto apoya la presente investigación puesto que esto nos permite analizar y plantear qué tipo de contenidos se van a generar para complementar y mejorar el aprendizaje de los estudiantes usando diferentes herramientas.

Conclusiones:

Como parte del análisis de las teorías investigadas, se decidió generar múltiples contenidos relacionados con los tipos de inteligencias y la pirámide del aprendizaje, como ilustraciones, videos,

animaciones, documentos, entre otros, que permiten la interacción del estudiante con los contenidos y teorías, produciendo lo que llamamos aprendizaje significativo. Esto también está enfocado en la relación del estudiante con su proceso de aprendizaje y la apropiación del conocimiento por parte del mismo, relacionando dicha información con la teoría del constructivismo y el aprendizaje significativo.

Marco conceptual

Estructuras no convencionales:

Las estructuras no convencionales son aquellas que, por su forma, materialidad, diseño u otro aspecto rompen el esquema de tradicionalidad y se enmarcan de cierto modo en conceptos como la innovación, las formas orgánicas en algunos casos, la invención de materiales novedosos, entre otros. Según Villate (2008) una estructura no convencional se puede clasificar según diferentes aspectos en estructuras dinámicas, tensegrity, arboriformes, entre otras. Dependiendo de sus características y su método de desarrollo. Estos tipos de estructuras permiten el enriquecimiento de un proyecto ya que le brindan un aspecto diferente, son funcionales, algunas de bajo costo, entre otros aspectos.

Estructura arboriforme:

Las estructuras arboriformes, como su nombre lo indica, son aquellas basadas en la forma de un árbol, en las que las cargas se transmiten desde determinados puntos, mediante bifurcaciones a un soporte central y este a su vez las transmite a la cimentación. Maury, M (2005) en su libro *La esencia del árbol* explica de manera muy gráfica y adecuada cómo funciona el concepto de estructura arboriforme por medio de diagramas que muestran el funcionamiento estructural, los tipos de uniones dinámicas o fijas, materialidad y otros conceptos.

Además, el autor se expresa de las estructuras arboriformes por medio de diferentes referentes arquitectónicos mostrando cuáles son las propiedades de esta estructura haciendo uso de imágenes, diagramas de transmisión de cargas mediante nodos y barras y por otro lado, como parte de la consolidación de la investigación que realizó, implementa dicho tipo de estructuras en un proyecto que el mismo diseñó. Además, la autora Villate (2008) incluye un capítulo respecto a estas estructuras en su libro *Estructuras no convencionales en arquitectura* fortaleciendo la explicación sobre las uniones y su sistema de transmisión de cargas, teniendo un espacio enfocado en la geometría que se puede aplicar a

este sistema constructivo, teniendo como núcleo la forma de un árbol, desde un tronco que abarque todas las cargas finales, haciendo alegoría a una cimentación estructural, unas ramas que transmitan esa misma carga, aludiendo a las barras. Dichas estructuras poseen la ventaja de ser estéticamente aceptables, con respecto a luces de gran magnitud que se puede presentar en un proyecto es una solución favorable.

Gamificación:

Este concepto es concebido desde diferentes perspectivas, pero es importante aclarar que dentro del desarrollo del proyecto en mención se percibe desde el contexto educativo en el que se introducen herramientas y dinámicas de videojuegos dentro de la explicación de un determinado contenido de aprendizaje en un proceso educativo.

Sin embargo, para tener una base conceptual se aborda según Contreras y Eguia (2017) que mencionan:

Con el uso de la gamificación es posible incluir actividades como el estudio formal, la observación, evaluación, reflexión, práctica, gestión y el perfeccionamiento de habilidades (...) es la respuesta a una necesidad donde se busca trabajar unos contenidos educativos proporcionando experiencias (p. 13).

Con esto, se justifica la posibilidad de aprendizaje dinámico mediante el uso de herramientas lúdicas que permitan un aprendizaje significativo dentro del proceso del estudiante. La idea, como el mismo autor lo menciona, es brindar una experiencia al estudiante mediante la cual salga de la dinámica de la teoría e interactúe con algún tipo de juego que le permita entender lo que acaba de estudiar. Esto, enmarcado en un tipo de quiz que pueda resolver teniendo en cuenta lo que acaba de consultar y aprender en la guía.

Storytelling:

Dentro del contexto de la educación el *storytelling* configura una herramienta de enseñanza - aprendizaje mediante la que se cuenta una historia con la que se logra ejemplificar una temática en específico para lograr una mejor comprensión por parte del receptor de la información. Dentro del artículo *Storytelling: Una metodología de aprendizaje activo para la enseñanza de la psicología social en la educación superior* según Ramos et al. (2019) mencionan: “Su principal ventaja radica en que la narración y su funcionamiento es familiar para todas las personas, y tiene una demostrada capacidad para transmitir información y ejemplificar la aplicación de conocimientos” (p. 12) Esta técnica como se establece anteriormente, facilita la comprensión puesto que se relaciona al aprendiz con el tema que va a aprender y esto le permite generar un vínculo con el conocimiento previo y adquirido.

Esfuerzos:

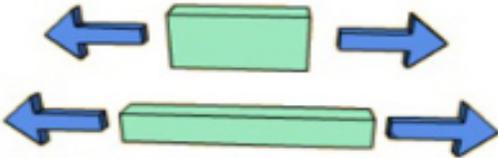
De acuerdo con Cervera y Blanco (2001) definen los esfuerzos cuando actúan cargas sobre un cuerpo que generan algún tipo de deformación. Los elementos de una estructura están sometidos a dichos esfuerzos y según la distribución de estos se pueden mitigar las deformaciones que se pueden causar por su actuar.

Por otro lado, los esfuerzos son cargas que tienen una reacción que se aplica al cuerpo de la estructura, afectando el equilibrio que se encontraba en la estructura. Dichas fuerzas reaccionan con las fuerzas internas que contiene la estructura generando un esfuerzo. Según la deformación que generen en el elemento estructural los esfuerzos pueden ser: tracción, compresión, flexión, torsión, cizalla y pandeo, siendo diferentes debido a la forma que la fuerza sea aplicada al material.

Tracción:

Es aquel en el que a una estructura se le aplica dos fuerzas al lado contrario generando que se estire produciendo la deformación correspondiente a un alargamiento o elongación.

Figura 2:
Tracción

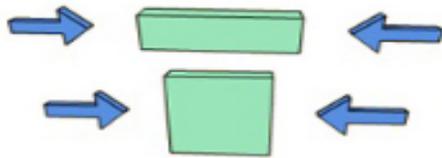


Tomado de: "Estructuras" Alonso, R. s.f. <http://webquestcreator2.com/majwq/ver/verc/38667>

Compresión:

Es cuando la estructura está sometida a dos fuerzas contrarias generando un aplastamiento.

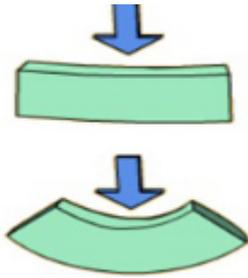
Figura 3:
Compresión.



Tomado de: "Estructuras" Alonso, R. s.f. <http://webquestcreator2.com/majwq/ver/verc/38667>

Flexión:

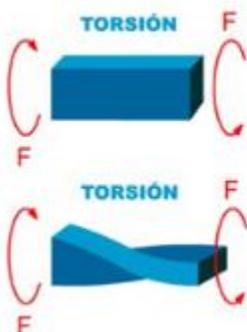
Es aquella que se presenta cuando la estructura recibe fuerzas o cargas que tienden a doblar la estructura.

Figura 4:*Flexión.*

Tomado de: "Estructuras" Alonso, R. s.f. <http://webquestcreator2.com/majwg/ver/verc/38667>

Torsión:

Es cuando se generan cargas o fuerzas que tienden a ir en sentido contrario girando, generando una torcedura.

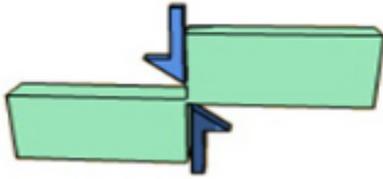
Figura 5:*Torsión.*

Tomado de: "Estructuras" Alonso, R. s.f. <http://webquestcreator2.com/majwg/ver/verc/38667>

Corte:

Son aquellas cargas o fuerzas contrarias que tienden a generar un corte o rompimiento de la estructura.

Figura 6:
Corte.



Tomado de: "Estructuras" Alonso, R. s.f. <http://webquestcreator2.com/majwq/ver/verc/38667>

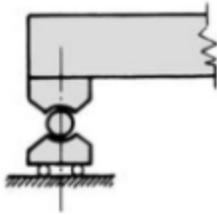
Apoyos:

Los apoyos estructurales son aquellos soportes que contribuyen a resistir las cargas que se le aplican a la estructura, teniendo diferentes clasificaciones debido a las reacciones que tienen con respecto a la estructura y sus aplicaciones en proyectos, siendo las encargadas de transferir las fuerzas generadas del proyecto hacia el suelo. Sus clasificaciones se dividen en apoyo móvil, apoyo fijo y apoyo empotrado.

Apoyo móvil:

Este apoyo tiene una libre movilidad por medio de rodillos que se pueden posicionar para que su movimiento sea de forma horizontal, vertical o la inclinación en cualquier ángulo. Comúnmente usado para realizar cubiertas que permitan la contracción o expansión de esta. El apoyo solo puede recibir cargas verticales, ya que las cargas laterales se consideran cargas vivas y las fuerzas que aplican es en dirección horizontal.

Figura 7:
Apoyo móvil.



Tomado de: "Estructuras" Alonso, R. s.f. <http://webquestcreator2.com/majwq/ver/verc/38667>

Apoyo articulado fijo:

El apoyo articulado fijo cuenta con características del anterior tratado solo que su movimiento ya no es tan libre ya que solo cuenta con movilidad en los ejes X o Y, teniendo como soportes las reacciones verticales y horizontales.

Figura 8:
Apoyo articulado fijo.

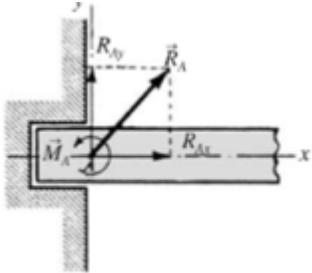


Tomado de: "Estructuras" Alonso, R. s.f. <http://webquestcreator2.com/majwq/ver/verc/38667>

Empotramiento:

Este tipo de apoyo no permite ningún movimiento de ningún tipo ni eje, manteniendo una posición estática siendo capaz de resistir cualquier tipo de cargas proporcionando una mejor estabilidad a la estructura a comparación de los otros apoyos.

Figura 9:
Empotramiento.



Tomado de: "Estructuras" Alonso, R. s.f. <http://webquestcreator2.com/majwg/ver/verc/38667>

Pedagogía:

El autor Kant (2009) expone a la pedagogía como lo esencial del hombre para seguir avanzando, abarcando en diferentes aspectos como la disciplina y las instrucciones, comparando al ser humano con criaturas que deben ser educadas, a la vez dando la perspectiva que los animales al ya cuentan con un conocimiento instintivo, expresando una comparación entre un humano y un animal "Si un animal, por ejemplo, grita al nacer, como hacen los niños, sería infaliblemente presa de los lobos y otros animales salvajes, atraído por sus gritos" (p.29), haciendo un énfasis en el instinto natural y mostrando que los humanos no presentamos eso ya que se planea las acciones y conducta, dándole carácter a la disciplina ya que esta es la que impide que los impulsos salgan a flote, teniendo como resultado una relación en la sociedad, planteando la idea de que los niños no van a la escuela con la idea de aprender, sino a comportarse adquirir habilidades que le permitan desarrollarse en un entorno y no sucumban a caprichos; dando una conclusión de que si el hombre recibe mucha libertad sucumbirá a sus caprichos, presentando la educación como un método para excitar este resultado.

La investigación de diferentes estilos de pedagogía dio como resultado manejar tres conceptos educativos sobre los que se soporta esta investigación: el constructivismo, inteligencias múltiples y aprendizaje significativo.

Conclusiones:

En un principio los conceptos mencionados contribuyen a enriquecer la propuesta desde diferentes perspectivas. Por ejemplo, teniendo en cuenta la gamificación se realizaron juegos en los que el estudiante evalúa sus conocimientos, interactúa con imágenes, personajes y demás. Esto ayuda a que su aprendizaje sea más efectivo y logre captar una mayor cantidad de información.

Por otro lado, abordando las temáticas desde el concepto del storytelling, se propone la caracterización de personajes que, mediante su experiencia, le cuenten al estudiante la definición de determinados conceptos, su aplicación, ventajas, desventajas, entre otros aspectos. Dicha caracterización se realizó mediante powtoon, elaborando videos animados en los que los personajes mediante charlas realizan preguntas y aclaran dudas sobre determinadas temáticas.

Marco histórico.

Desde el inicio de la historia, este ha tenido la necesidad de refugiarse ante diferentes circunstancias climáticas y sociales, que le permitan delimitar su espacio y privacidad. Para ello, ha implementado a lo largo del tiempo, diferentes métodos con los que ha construido espacios que resistan dichas variables mencionadas anteriormente. A continuación, se mostrará la evolución de dichas técnicas constructivas:

-Año 13000 - SIGLO XVII:

Los primeros pobladores usaban en sus tiendas sistemas basados en el entrelazamiento de palos de madera que forraban con pieles de animales, a los que denominaban armazones. Por otro lado, también se realizaron construcciones de puentes con troncos y pilares construidos en piedra con el fin de brindar a las comunidades una oportunidad segura para cruzar los ríos. Además de ello, se inventó el andamio que configuró un importante avance para la construcción, con el fin de poder transportar materiales en altura como la piedra y la madera.

-SIGLO XVIII:

Por un lado, la arquitectura religiosa de la época expone elementos representativos como cúpulas, bóvedas, arcos, entre otros. Además, debido a los procesos relacionados con la Revolución industrial se empiezan a reemplazar materiales como la piedra y la madera por el acero y el metal.

Los procesos de evolución industrial de la época empiezan a generar una demanda de edificaciones que solventen las necesidades de la población y por esta misma razón empiezan a surgir conceptos como la prefabricación, que permite optimizar los procesos de construcción dando prioridad a la utilidad sobre la estética. Para llevar a cabo este desarrollo en la industria, el hierro cumplió una

función primordial ya que se empezó a implementar como elemento estructural dejando atrás la madera que presentaba algunos inconvenientes en cuanto a su capacidad inflamable.

-SIGLO XX:

Según Ducón et al. (2013) debido a la aparición de materiales innovadores en la industria de la construcción, se empiezan a generar proyectos con unas características distintas en cuanto a forma, estructura y estética. En este proceso se ve involucrado Frei Otto, arquitecto y profesor alemán que tuvo gran influencia en cuanto a la implementación de estructuras no convencionales dentro de la construcción, tratando de dar solución a problemáticas como las grandes luces, la resistencia, la exploración de formas y materiales innovadores, entre otros aspectos. Dicho arquitecto basaba sus planteamientos en la funcionalidad de la naturaleza, las plantas y los animales. De allí surge el concepto de estructura arboriforme, puesto que esta se basa en la forma del árbol para el análisis del funcionamiento estructural.

Conclusiones:

Teniendo en cuenta la evolución histórica presentada, las estructuras no convencionales, a pesar de su potencial, son muy poco usadas dentro del marco de las construcciones arquitectónicas y también son pocos también los autores que las abordan en sus textos. Además, se hace necesario la innovación en los diseños, la materialidad y diferentes conceptos adicionales dentro del desarrollo de los proyectos arquitectónicos ya que el avance tecnológico y técnico exige dichas características.

Marco normativo.

Para el desarrollo del marco normativo, se tuvo en cuenta las disposiciones expuestas en la NSR (Reglamento colombiano de construcción sismorresistentes) del año 2010, en lo que concierne a temas de materialidad y resistencia de estos, uniones entre elementos y su morfología, entre otros aspectos como se exponen a continuación:

NSR (2010). Acero estructural. (Estructura de acero con perfiles laminados, armados y tubulares estructurales F.2.1.5.1):

La NSR 10 caracteriza qué tipo de aceros estructurales se pueden manejar, ya que se han realizado diferentes ensayos realizados por ASTM (American Society for Testing and Materials), para reconocer su credibilidad al momento de implementarlos en un proyecto y se maneje de manera adecuada y con los materiales correctos para que la estructura sea sismorresistente, sugiriendo cuáles usar dependiendo si son perfiles estructurales laminados, tubería estructural, tubería circular, entre otros.

NSR (2010). Acero estructural. (Cálculos de las resistencias requeridas F.2.3.2):

El análisis tendrá cuatro bases entre ellas está la resistencia que de los componentes en la estructura, imperfecciones que cuente el material y la rigidez que se aplique en este teniendo en cuenta las deformaciones que puedan ocurrir como flexiones, cortante y carga axial o cualquier otra deformación en los componentes y conexiones que generen una estabilidad a la estructura, teniendo en cuenta ciertos aspectos como “La estructura soporta las cargas de gravedad principalmente a través de columnas, muros y pórticos verticales; la relación entre la máxima deriva del análisis de segundo orden y la máxima deriva del análisis de primer orden” (NSR 10, 2010, p. 719), incluyendo todas las cargas que se aplican como las de gravedad entre otras.

NSR (2010). Acero estructural. (Diseño de conexiones de perfiles tubulares estructurales (PTE) y miembros en cajo F.2.11):

Se especifica en el diseño que se debe aplicar en las conexiones para perfiles tubulares o secciones en cajón, controlando la dimensión y espesor teniendo en cuentas los apartados de la norma.

- Fuerzas concentradas,
- Conexiones de PET a PTE EN armaduras,
- Conexiones a Momento de PTE a PTE
- Soldaduras a ramales

Siendo las soldaduras ramales las más relevantes con respecto a una debida unión con respecto a la estructura arboriforme tratándose de soldadura entre metales siendo una de las principales consideraciones es evitar la baja o nula uniformidad en la transferencia de cargas a lo largo de la soldadura.

NSR (2010). Estructuras de madera y estructuras de guadua (Grupos estructurales G.1.3.5):

Dependiendo de la capacidad de elasticidad y de resistencia, aplicando lo diferentes esfuerzos como flexión, compresión paralela, compresión perpendicular, corte y tensión, se generó una clasificación de estas en grupos estructurales evidenciados a lo largo de la NSR 10.

NSR (2010). Estructuras de madera y estructuras de guadua (Requisitos de diseño G.2.1):

Se especifica que cada elemento estructural debe ser diseñado y construido para resistir los esfuerzos que son generados por las diferentes cargas que se presentan en un proyecto, teniendo como base cuatro puntos de un sistema estructural para maderas, caracterizándose que el diseño estructural debe soportar todas las cargas que se puedan presentar y que pueden actuar en el proyecto, sin dejar a un lado las condiciones ambientales como humedad, temperatura entre otros, respetando de igual

manera los principios básicos de mecánica estructural, y los principios que se especifican en la NSR 10 A.3.1 donde se habla de la mayor flexibilidad y los límites de la deflexión.

NSR (2010). Estructuras de madera y estructuras de guadua (Método de diseño estructural G.2.2):

Se genera un diseño estructural dependiendo de los esfuerzos admisibles que se presentan en el título G de la NSR 10 para su debida utilización, siendo los esfuerzos admisibles como la flexión, tensión, compresión y cortante que se encuentran en la tabla G.2.2-1 y con respecto a la elasticidad se divide en tres variables que sería módulo promedio, modulo percentil y módulo mínimo siendo estos demostrados en la tabla G.2.2-2

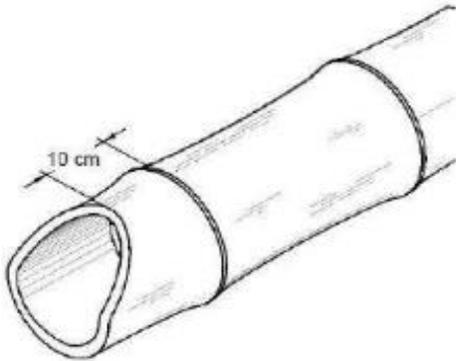
NSR (2010). Estructuras en guadua (Clasificación de columnas G.12.9.2.6):

Se realiza una clasificación de la longitud de la guadua teniendo en cuenta que esfuerzos se pueden realizar, y dependiendo de su elasticidad. La clasificación se divide en tres longitudes corta, intermedia y larga siendo la esbeltez el límite entre las columnas intermedias y largas. mostrando de forma gráfica la medida y el punto máximo de la esbeltez en una tabla siendo la G. 12.9-2.

NSR (2010). Estructuras de madera y estructuras de guadua (Corte pico de flauta G.12.11.2.3):

Se explican diferentes uniones que se pueden practicar a la guadua, pero debido a que las estructuras arboriformes siempre presentan una inclinación una unión presenta la característica que contiene un corte diferente al ángulo de 0° y 90° .

Figura 10:
Corte pico de flauta.



NSR-10 Título G - estructuras de madera y estructuras de guadua. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. 1997.

http://www.uptc.edu.co/export/sites/default/facultades/f_ingenieria/pregrado/civil/documentos/NSR-10_Titulo_G.pdf

Conclusiones:

Dentro del planteamiento de las normas relacionadas con la construcción en Colombia, se evidencia que no existe un apartado específico que mencione las estructuras no convencionales o su forma de ejecución. Sin embargo, se basó la consulta en lo concerniente a materialidad, tipos de uniones, apoyos, detalles técnicos, entre otros conceptos que complementan la información contenida en la guía.

Marco referencial.

Referencias pedagógicas:

Manual de estructuras ilustrado:

En este libro se examinan diferentes conceptos estructurales desde un ámbito global expuestos mediante ilustraciones y textos que facilitan la comprensión de estos temas. Dentro de las temáticas abordadas se encuentra un apartado de estructuras donde se hace un recuento histórico de la evolución de estas; luego se habla de los esquemas estructurales que según los autores del libro Ching et al. (2020) “la disposición bidimensional de pilares y vigas, o bien como disposiciones tridimensionales que tienen implicaciones formales y espaciales para un proyecto arquitectónico” (p. 40); por otro lado, también se explican en dos capítulos diferentes los elementos portantes verticales y horizontales; además se explica el concepto de estabilidad lateral; también hay un capítulo para estructuras de grandes luces y otro para estructuras en altura y en el último capítulo se explica la integración de las instalaciones a la estructura.

Este libro sirvió de referencia para la disposición de los contenidos de la guía de estructuras, además cabe resaltar que es ilustrada, por lo tanto, maneja un concepto similar a lo que se quiere desarrollar en la construcción de esta.

Diseño de guías didácticas para la enseñanza aprendizaje de la morfología humana a estudiantes de citohistotecnología primer semestre fundación universitaria de ciencias de la salud -fucs:

En el desarrollo de esta tesis, al igual que en la presente, se plantea la implementación de unas guías didácticas, pero en este caso están dirigidas hacia estudiantes de la Fundación Universitaria de Ciencias de la salud, que le permitan al estudiante comprender de manera integral los contenidos académicos en relación con morfología humana.

Para el desarrollo de esta idea, manejan una metodología que sirvió de referencia para el actual proyecto. Dicha metodología comienza por una fase de diseño en la cual se formuló la ruta a seguir y los

instrumentos necesarios para el desarrollo de la propuesta; seguido de esto, se plantea la fase de caracterización en la que se aplica un taller a los estudiantes de la universidad para reconocer las áreas susceptibles de mejora dentro del aprendizaje de morfología humana; luego se trabaja en la construcción de dichas guías y en último lugar se consolidan los resultados obtenidos durante el proceso.

Proyecto abriendo espacios humanitarios: Guía Didáctica del Docente Módulo II AEH: 8° Grado:

En este proyecto se realiza de igual manera la implementación de una guía didáctica en Honduras para un proyecto social realizado en torno a la violencia organizada que está generando una dificultad en los procesos de enseñanza-aprendizaje por parte de los alumnos y docentes. Dicho documento contribuye a la estructuración de los contenidos de la guía y además de ello, dentro de ella se encuentra un apartado donde se especifica el enfoque metodológico que sirvió para enfatizar el de este proyecto. Además de ello, allí mantienen un estilo en el diseño de las páginas de la guía que permite orientar el desarrollo de una estructura visual del contenido y demás.

Desarrollo de guías didácticas con herramientas colaborativas para cursos de bibliotecología y ciencias de la información:

Este artículo es un manual para la construcción de guías de aprendizaje enfocado en la Escuela de Bibliotecología y Ciencias de la Información de la Universidad de Costa Rica. En este se exponen las pautas para estructurar tanto el diseño como el contenido de estas. Además de ello, mencionan herramientas colaborativas que apoyan el proceso de creación de la guía y la convierten en un contenido más dinámico, favoreciendo el aprendizaje. Por otro lado, también mencionan datos (métodos, estrategias, ventajas, desventajas, entre otros) que sirvieron de apoyo para la sustentación del proyecto.

Referentes arquitectónicos:**Stuttgart airport:**

Es el séptimo aeropuerto de mayor importancia en Alemania, ubicado específicamente en Stuttgart, construido en 1939 con el fin de sustituir el aeropuerto anterior (Böblingen).

En el interior se puede observar un tipo de estructura metálica basada en ramificaciones que sostiene la cubierta principal de las salas.

Figura 11:

Aeropuerto de Stuttgart.



Tomado de: "El aeropuerto de Stuttgart es el aeropuerto internacional de Stuttgart". Hunterblis. s.f.

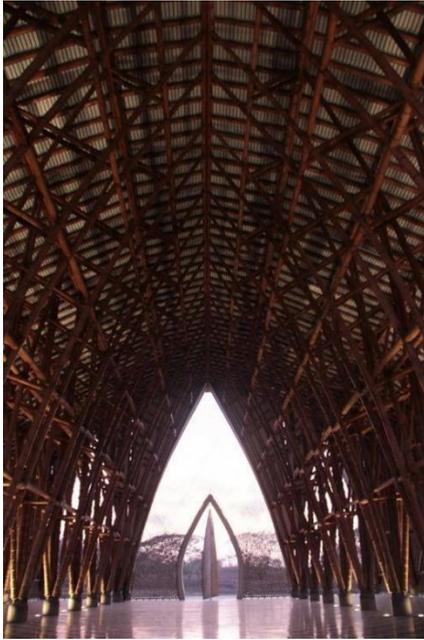
(https://es.dreamstime.com/imagen-editorial-el-aeropuerto-de-stuttgart-es-el-aeropuerto-internacional-de-stuttgart-image95039005#_)

Iglesia sin religión - Simón Vélez

Fue diseñada por el arquitecto Simón Vélez en un principio para la ciudad de Pereira (año 2000) y luego se reconstruyó sobre un lago artificial en la ciudad de Cartagena (año 2005). Es un buen referente para el estudio de estructuras arboriformes, maneja arcos apuntados, pilares en las bases que están unidos al bambú y además de ello se implementa en ella el uso de este último como material de construcción principal dándole un carácter distintivo a la obra arquitectónica.

Figura 12:

Estructura de la iglesia sin religión.



Tomada de: "Catedral Sin Religión" Simón, V. 2016. (<https://arqa.com/arquitectura/catedral-sin-religion.html>)

Caixaforum - Josep Puig:

Fue construido en 1912 por el arquitecto Josep Puig i Cadafalch, diseñada para una fábrica textil, con un estilo sencillo, que se basa en ladrillos a la intemperie y hierros forjados, jerarquizando la entrada principal mediante el desarrollo de una cubierta basada en ramificaciones como estructura generando un atractivo visual en el proyecto.

Figura 13:

Ramificaciones como atractivo visual en CaixaForum Barcelona



Tomada de: "Exibart" Puig, J. s.f. (<https://www.exibart.es/museo-galeria-arte/caixaforum-barcelona/>)

Museo de las ciencias -Santiago Calatrava:

Es un museo diseñado por Santiago Calatrava y construido en el año 2000 en Valencia, España con fines culturales y educativos. En sus interiores se encuentra jerarquizando la estructura ramificada que configura la forma del edificio y le da carácter, además de su materialidad en metal y vidrio que hace que la luz domine el espacio. Los arcos ramificados sostienen la cubierta de aluminio generando un efecto visual de invernadero.

Esta obra arquitectónica configura un buen referente puesto que se ve la relación entre la estructura y la forma del edificio, se concibe el diseño estructural como parte de la estética y la visual del Museo y se percibe el diseño como un todo.

Figura 14:
Arboriformes por Calatrava.



Tomada de: "Roland Halbe" S. Calatrava. 2000. (<https://arquitecturaviva.com/obras/museo-de-las-ciencias>)

Conclusiones:

Los referentes analizados brindan información que complementa de diferentes maneras el proyecto. Desde el punto de vista teórico, se consultaron materiales bibliográficos que manejan conceptos de ilustración, de aprendizaje visual y abordan temáticas como el desarrollo de guías. De

estos referentes se obtuvieron ideas para el desarrollo visual de la guía planteada, la forma y estética de las ilustraciones, el contenido y montaje de esta, entre otros aspectos. Además, de los referentes consultados también se analizó la disposición de los contenidos en las páginas, la forma de relacionar los contenidos teóricos con los gráficos, el uso de la tipografía, de los colores, la expresión y otros elementos que forman parte del aspecto visual de la guía.

Por el lado de los referentes arquitectónicos, se obtuvo información necesaria para el análisis de los elementos y configuración estructural que sirvió de base para el desarrollo de infografías en las cuales se analizan distintos aspectos como uniones, transmisión de cargas, tipos de apoyos, comportamiento ante esfuerzos, etc.

Metodología

Descripción de la metodología empleada:

Dentro del desarrollo de la investigación se implementó el tipo de metodología mixta ya que para el análisis de las dinámicas estudiantiles se realizan encuestas y entrevistas analizadas mediante estadísticas que permiten cuantificar los datos obtenidos a partir de dichos métodos. Por otro lado, hacia el enfoque del aprendizaje se analizan los diferentes tipos de comprensión de la información, los medios por los cuales se les facilita a los estudiantes la recepción de la información, la didáctica, entre otras variables que se presentaron respecto a la problemática principal. Esto genera las dinámicas cualitativas mediante las cuales se caracteriza y se estructura el contenido de la guía de acuerdo con las necesidades de la misma población estudiada.

Etapas de la investigación:

Para el desarrollo de la presente investigación se plantearon una serie de etapas para su correspondiente seguimiento con el fin de llegar a los objetivos planteados. Para ello, se dividieron de la siguiente manera:

Etapas de planificación:

En dicha etapa se realizó un correspondiente análisis de las herramientas necesarias para realizar la investigación, un tipo de presupuesto a nivel de herramientas e información necesaria para llevar a cabo el proyecto. En esta etapa se establece básicamente la metodología a seguir para alcanzar los objetivos.

Para ello también se realizó un cronograma de las actividades a realizar durante la investigación que permitieran organizar y optimizar los tiempos de ejecución de dichas actividades propuestas. Dicho cronograma se generó de la siguiente manera:

Tabla 2:
Fichas de lectura.

TÍTULO DEL LIBRO:	LIBRO : Estructuras no convencionales en arquitectura.		
AUTOR	Maria Claudia Villate		
EDITORIAL DE PUBLICACIÓN	Universidad Nacional de Colombia	AÑO DE PUBLICACIÓN Y CIUDAD	2008
OTRAS EDICIONES/AÑO	No aplica		
CITA APA	(Villate, M. 2008)		
OBSERVACIONES	Este documento brinda información acerca de la clasificación de las estructuras no convencionales lo que me aporta en el momento de la estructuración del contenido de la guía. Además de ello, posee también argumentaciones acerca de la importancia de explorar nuevas formas en el diseño estructural y como desde los sólidos se obtienen dichas formas.		
ELABORADA POR:	Erika Alejandra González Velandia	Fecha	Agosto de 2022
TEMA	Estructuras no convencionales, morfología estructural, clasificación estructural, estructuras arboriformes		
RESUMEN:	Este libro está estructurado en varios capítulos. En primer lugar, se realiza un estudio formal exhaustivo de sólidos, con el fin de identificar las distintas figuras geométricas que se pueden usar dentro de un diseño arquitectónico. Luego, en la segunda parte del libro relaciona los conceptos básicos de dichos sólidos con cada tipo de estructura no convencional: tensegrity, estructuras arboriformes y estructuras reciprocas.		

CITAS – INTERPRETACIÓN/COMENTARIO

CITA BIBLIOGRÁFICA TEXTUAL <small>(En esta columna deberán plantearse las citas tal cual se extraen del libro y con comillas)</small>	INTERPRETACIÓN – COMENTARIO <small>(La interpretación se refiere a la manera en que se pueden deducir o inferir elementos de esa cita y que pueden ser usados en un tema particular)</small>
"El conocimiento de las posibilidades estructurales permite en arquitectura propuestas fundamentadas y construibles" (Villate, M, 2008, p1).	Maria Claudia Villate menciona en su libro que la estructura hace parte fundamental de un proyecto pues sin ella no sería posible su desarrollo, le da un orden al planteamiento de la idea formal y la modela. Además, conocer y saber plantear la estructura juega un papel muy importante en la fundamentación de la idea formal del proyecto.
"El planteamiento de estructuras no convencionales, denominadas así por su escasa y casi inexistente aplicación en proyectos arquitectónicos	Por otro lado, también menciona las estructuras no convencionales aportarían un aspecto diferente al proyecto, ya que como su nombre lo indica son muy poco implementadas dentro de los proyectos arquitectónicos.

Elaboración propia.

Etapas de diagnóstico:

En esta etapa se realizaron encuestas, a través de un formulario de Google, que se compartió a través de canales digitales, a diferentes actores dentro del problema de investigación para recolectar una serie de datos que brindaran información necesaria para sentar las bases de la guía didáctica. Dichas encuestas se aplicaron, en primer lugar, a estudiantes de sexto a décimo semestre de la facultad de arquitectura de la universidad, puesto que ellos ya han culminado su proceso de formación en estructuras; con la intención de comprender el estado de aprendizaje al que han llegado dentro de la facultad. Por otro lado, también se realizaron encuestas a docentes encargados del área de taller para conocer su opinión respecto al desarrollo académico de este contenido y por último, encuestas a los

tutores de la facultad con la finalidad de saber cuáles son las temáticas de las que solicitan mayores tutorías y qué metodologías usan para la enseñanza de dichas temáticas.

Etapa de análisis de datos:

Luego de lo anterior, se realizó una clasificación y análisis de la información, mediante gráficas basadas en las encuestas y la información recolectada a lo largo de la investigación. Dicho análisis permitió entender los resultados obtenidos a partir de estas herramientas metodológicas y así mismo determinar los contenidos necesarios para la guía, de acuerdo a la población.

Estrategias pedagógicas:

Dentro de la educación comúnmente suelen presentarse dificultades relacionadas con distintos factores que ralentizan los procesos de comprensión de determinados temas. Para ello, en esta etapa se consultaron metodologías de aprendizaje que mejoran los procesos de comprensión mediante estrategias o formas de exponer ciertos contenidos. Para ello también se usaron los resultados de las encuestas en los que una de las preguntas a estudiantes resaltaba los métodos que utilizaban cuando no comprenden alguna temática de sus clases y por otro lado, a los docentes se les formuló una pregunta similar relacionada con los métodos que usan para enseñar contenidos difíciles de comprender.

Productos didácticos:

Dentro de los contenidos de la guía didáctica se contemplaron diferentes contenidos interactivos y formativos que contribuyen al aprendizaje significativo de los estudiantes. Dichos contenidos se establecieron según las estrategias de aprendizaje que los mismos estudiantes y docentes sugirieron en las encuestas realizadas dentro del desarrollo del diagnóstico del proyecto. La guía contiene componentes ilustrativos, animados, audiovisuales, documentales, entre otros.

Componentes ilustrativos:

Para el desarrollo de las ilustraciones que acompañan los contenidos teóricos de la guía, se realizó la respectiva revisión de bibliografía dependiendo del tema a abordar, se buscaron detalles que sirvieran de referente para lo que se quería mostrar y se elaboraron dichos esquemas en adobe illustrator.

Componentes animados:

Para el tema de las animaciones, se realizó la respectiva consulta bibliográfica en la que se obtuvo la información necesaria para poder explicar los conceptos expuestos. Teniendo como base dicha información, se realizaron, en primer lugar, las ilustraciones en Adobe Fresco de los conceptos y se procedió a animarlas en el programa After Effects.

Componentes infográficos:

Para este tipo de productos didácticos se realizaron visitas de campo a determinados edificios de la ciudad de Bogotá, con el fin de analizar tipos de estructuras no convencionales presentes en los entornos propios. En primer lugar, se realizó la visita al centro comercial Titán Plaza donde se encontraron varios tipos de estructuras que permitieron el desarrollo de piezas infográficas que contienen el respectivo análisis estructural del lugar.

Dentro de la visita, se realizó el respectivo registro fotográfico empezando por las estructuras en general. Por un lado, se encontró el uso de membranas en los espacios abiertos correspondientes a la terraza, teniendo la siguiente configuración:

Figura 15:
Membrana Titán Plaza.



Elaboración propia.

Este referente permite analizar tipos de apoyos, uniones, esfuerzos a los que está sometida la estructura en general, elementos estructurales, entre otros conceptos.

Figura 16:
Unión del mástil al piso.



Nota: El mástil se encuentra sometido a compresión y su orientación permite equilibrar las cargas. Elaboración propia.

Además de ello, también en el mismo centro comercial se encontraron estructuras neumáticas ubicadas de igual forma en la terraza, cubriendo el espacio de algunas de las plazoletas de comidas.

Figura 17:
Estructuras neumáticas Titán Plaza.



Elaboración propia.

Etapas de construcción de la guía didáctica:

Luego del análisis de la población y de la consulta bibliográfica se procedió a realizar la estructuración del contenido de la guía teniendo como bases referentes de dichos contenidos y el desarrollo de materiales didácticos. Dentro de un primer alcance, dicho contenido se propuso con las siguientes temáticas divididas en capítulos: en un primer capítulo se encuentra la contextualización hacia una posible clasificación de las estructuras en general y de las no convencionales; luego de ello, se encuentra un apartado de las características generales, ventajas y desventajas de dichas estructuras; más adelante se explica el comportamiento estructural general; el siguiente apartado se enfoca hacia el desarrollo del contenido específico en estructuras arboriformes y se profundizan los ítems anteriormente nombrados en este sistema (ventajas, desventajas, comportamiento estructural, uniones, aplicaciones, usos, etc.) Para terminar, se realizó un análisis de referentes arquitectónicos y proyectos existentes que implementan en su diseño un diseño estructural basado en el sistema arboriforme.

Etapas de aplicación:

Como trabajo de campo, posterior a la construcción de la guía, se decide realizar una encuesta con el fin de conocer la opinión de los estudiantes acerca del diseño, funcionalidad y contenidos de la

guía para así mismo, realizar una retroalimentación del trabajo realizado y a su vez, para complementar el apartado de resultados, siendo más objetivos, reconociendo la opinión de la población objetivo.

La idea de dicha encuesta es aplicar preguntas abiertas que le permitan al estudiante dar su opinión abiertamente y dar a conocer sugerencias para así mismo reconocer las debilidades del proyecto y la forma en la que se abordan las temáticas. Así mismo, también identificar si los estudiantes se sienten conformes con los contenidos generados.

Para ello, los estudiantes en primer lugar interactúan y navegan a través de la página web, exploran los contenidos, los videos, las ilustraciones, la teoría y demás; y luego de ello, responden las preguntas a través de un formulario de Google, donde plasman su opinión acerca de lo observado al navegar a través de la guía.

Diagnóstico.

Se llevó a cabo la aplicación de las encuestas mediante un formulario de Google, el cual fue divulgado a través de un código QR dentro de la Facultad de Arquitectura de la universidad La Gran Colombia. Dicho formulario se aplicó a 50 estudiantes que se encuentran cursando entre sexto y décimo semestre puesto que estos ya han culminado su proceso de formación en estructura. Dicha encuesta se configuró por las siguientes preguntas:

- ¿Qué tan preparado se siente en cuanto a temas estructurales?
- ¿Cree que necesita ampliar su formación en cuanto a temas estructurales?
- ¿Qué tan importante considera el estudio de las estructuras dentro del ejercicio académico y profesional?
- ¿Conoce las estructuras no convencionales?
- ¿Qué tipo de estructuras implementa dentro de sus proyectos de taller?
- ¿Con qué frecuencia implementa estructuras no convencionales dentro de sus proyectos de taller?
- ¿Qué tipo de estructuras no convencionales conoce?
- ¿Conoce las estructuras arboriformes?
- ¿Qué métodos utiliza para comprender temas de gran complejidad?
- ¿Qué ventajas y desventajas cree que tienen las estructuras no convencionales?

Algunas de estas preguntas se establecieron con el fin de diagnosticar el estado actual de conocimiento de los estudiantes relacionado a las estructuras no convencionales; y otras de ellas se aplicaron con el fin de reconocer las metodologías más utilizadas para la comprensión de diferentes temáticas por parte de los estudiantes. Dichas preguntas arrojaron resultados que se convirtieron en determinantes para la construcción de la guía y el enfoque del contenido de la misma.

Por un lado, en la pregunta *¿Qué tan preparado se siente en cuanto a temas estructurales?*, los estudiantes manifiestan una inconformidad en cuanto a su formación ya que el 55.9% de los encuestados expresan que se encuentran *regular* y el 13.6% *mal*, lo que en total sumaría el 69.5% de la población y además el 100% de los alumnos revelan que necesitan ampliar su formación. Además de ello, en la pregunta *¿Conoce las estructuras no convencionales?*, el 23.7% de la muestra responde que *no* y el 39% responde que *muy poco* y a su vez, en la pregunta relacionada a las estructuras arboriformes el 83.1% menciona que no las conoce evidenciando que existe un vacío en el conocimiento respecto a estas temáticas.

De igual forma, teniendo en cuenta las respuestas a las preguntas abiertas se evidencia que al preguntar *¿Qué tipo de estructuras no convencionales conoce?*, los estudiantes responden *Pórticos, Acero, Prefabricado, Metálicas, Diagrid*, entre otros; esto demuestra que los estudiantes no tienen claridad en la clasificación de las estructuras y además de ello confunden las no convencionales con otras, incluso con sistemas constructivos. Por esta razón se hace necesario incluir dentro de la construcción de la guía un capítulo que aborda la clasificación de las estructuras. Sin embargo, es importante añadirle a este apartado un subcapítulo de ventajas y desventajas ya que los estudiantes tampoco tienen claro estos aspectos.

Además, en las preguntas establecidas como medio para conocer a los estudiantes se evidencia que la mayoría de estos utiliza videos, prácticas y tutorías para el aprendizaje de temas con grados altos de complejidad. Por esto mismo, se contempla la implementación de videos que expliquen determinados conceptos estructurales y le permitan al estudiante comprender cómo funciona determinado tipo de estructura; videos interactivos que genere un intercambio de información entre el estudiante y los contenidos de la guía e ilustraciones que resalten determinada información relacionada con el tema.

También se aplicaron encuestas a docentes de la facultad con el fin de conocer su opinión acerca de la formación de los estudiantes en cuanto a diseño estructural y a su vez, los métodos de enseñanza que implementan dentro de sus clases para incentivar el aprendizaje; esto mediante preguntas cerradas y abiertas que permitieran evidenciar su criterio propio. Dichas preguntas se formularon de la siguiente manera:

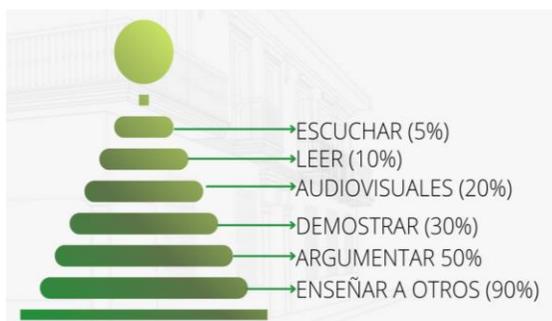
- A su parecer, ¿Cómo se encuentran preparados los estudiantes de la facultad en cuanto a temas estructurales?
- ¿Cómo cree que se encuentra el plan de estudios de la universidad en temas estructurales?
- ¿Cree que es necesario que los estudiantes profundicen su aprendizaje respecto al diseño estructural?
- Dentro de su experiencia docente, ¿con qué frecuencia los estudiantes implementan el uso de estructuras no convencionales dentro del desarrollo del taller?
- ¿Qué metodologías usa o usaría para enseñar contenidos relacionados con estructuras no convencionales?
- ¿Cómo cree que los estudiantes mejorarían su aprendizaje en temas estructurales?

De estas encuestas pudimos determinar, que el problema evidenciado mediante el proceso de observación durante el desarrollo de la investigación es verídico, ya que los docentes también se sienten inconformes con la formación de los estudiantes en temas relacionados con estructuras. Por ejemplo, el 86% de ellos manifiestan que los conocimientos de los estudiantes respecto a estas temáticas son regulares; el 50% que el plan de estudios de la universidad en cuanto a estas temáticas es también regular y el 100% manifiestan que se hace necesario que los alumnos profundicen en dichos contenidos.

Asimismo, dentro de las metodologías más comunes usadas por los docentes para enseñar contenidos sobre estructuras no convencionales, se encuentran el desarrollo de prácticas y la implementación de contenidos BIM. Por esta razón, se deciden implementar los videos de aprendizaje, usando la elaboración de maquetas mediante materiales caseros, con el fin de generar contenidos prácticos en los que el estudiante pueda interactuar con los conocimientos. Y a la vez, teniendo en cuenta el uso de tecnologías actuales que plantean los docentes, se opta por la ejecución de modelos 3D de realidad aumentada, para que los estudiantes puedan observar detalles de ciertos puntos de la estructura y entiendan su funcionamiento, tipos de uniones, entre otros aspectos.

Igualmente, considerando la pirámide de aprendizaje mostrada a continuación, se determina que es importante tener en cuenta varios de estos aspectos para la estructuración de la guía, tomando como referencia que los mayores porcentajes corresponden al tema de la demostración de lo aprendido. Por lo tanto, se hace necesario determinar un apartado en el que los estudiantes puedan poner en práctica lo aprendido mediante el desarrollo de una maqueta en materiales de fácil acceso que les permita interactuar con los conceptos estudiados.

Figura 18:
Pirámide de aprendizaje.



Adaptado de: La pirámide del aprendizaje, Ángela, P. (s.f) (<https://webs.ucm.es/BUCM/revcul/e-learning-innova/27/art1263.pdf>)

Propuesta.

Teniendo en cuenta las variables mencionadas con anterioridad, se desarrolló el índice de acuerdo con las necesidades presentadas en las encuestas realizadas, incluyendo las estrategias de aprendizaje obtenidas en la consulta bibliográfica y a su vez, según las respuestas de los estudiantes, se incorporaron las herramientas y contenidos que utilizan los estudiantes en su proceso de aprendizaje, para la elaboración de la guía correspondiente a estructuras arboriformes. En concordancia con lo mencionado, se estableció una subdivisión de los capítulos generales para concretar las temáticas que se implementaron y determinar las actividades correspondientes a cada uno de los mismos.

Primer capítulo: Estructuras.

En principio, se realiza una contextualización en cuanto a definición de estructuras, ya que los estudiantes tienden a confundir sistema estructural con sistema constructivo y se hace necesario aclarar dichos conceptos. Para ello, se realizó una definición de estructura, una explicación del potencial que poseen dentro del diseño arquitectónico y además, un comparativo entre análisis estructural y diseño estructural. En cuanto a las herramientas, en este apartado, se realizan ilustraciones que le faciliten al estudiante la comprensión y diferenciación de dichos temas.

Segundo capítulo: Conceptos generales.

Por otro lado, el segundo capítulo correspondiente a los conceptos generales está conformado por definiciones de cargas, apoyos, esfuerzos y elementos estructurales, con el fin de que, al abordar más adelante dichos conceptos en la explicación de las tipologías estructurales, el estudiante o lector ya esté familiarizado con los mismos. Estas definiciones teóricas están apoyadas en animaciones e ilustraciones que permiten la interacción del estudiante con cada una de ellas, lo que posibilitan comprender cómo funcionan las estructuras ante ciertas situaciones y que deformaciones que se

pueden llegar a presentar dentro del funcionamiento estructural y así mismo aprovechar el concepto de aprendizaje visual que es frecuentemente usado dentro de la facultad según los resultados que arrojan las encuestas.

Elementos estructurales:

Para este apartado se elaboró un video de powtoon mediante el cual se mostraron los elementos estructurales que conforman un sistema; esto a través de fotografías de obras y su respectiva explicación del concepto y función dentro de la configuración estructural de la siguiente manera:

Figura 19:

Proceso de elaboración de video animado.



Elaboración propia.

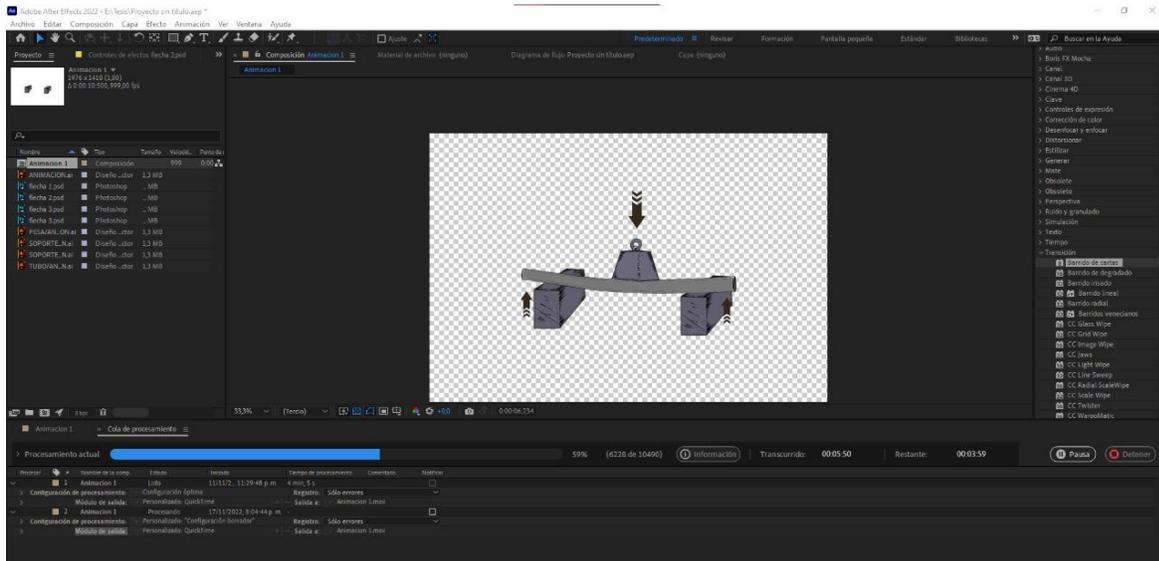
Esfuerzos:

Además, para el desarrollo de las animaciones correspondientes a los conceptos de esfuerzos se realizaron las ilustraciones iniciales en el programa Adobe Fresco para que luego de ello se le aplicaran animaciones en After effects. Esto teniendo en cuenta que los conceptos y deformaciones que se

presentan son más sencillas de comprender mediante el movimiento de los elementos estructurales.

Esto se desarrolló, así como se muestra a continuación:

Figura 20:
Proceso de animación de esfuerzos.



Elaboración propia.

Uniones:

Así mismo, para abordar conceptos de tipos de uniones, se elaboraron ilustraciones en Adobe illustrator con el fin de mostrar lo que se está conceptualizando y complementar la información teórica, de la siguiente manera:

Figura 21:
Unión atornillada.

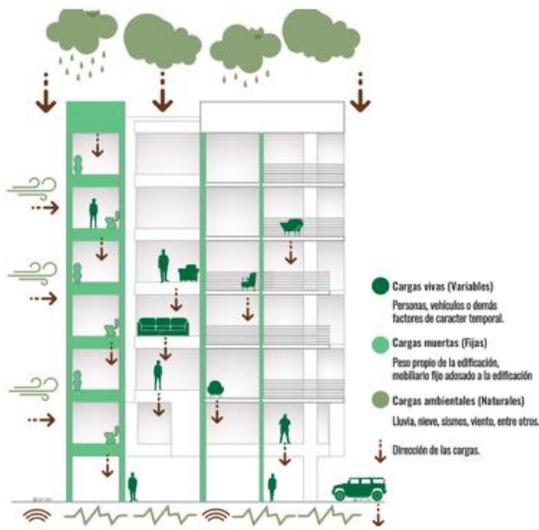


Elaboración propia.

Cargas:

Igualmente, para manejar el tema de cargas, se elaboró una infografía en la que se muestran los conceptos y su clasificación, mediante la ejemplificación tomando como referencia las cargas que actúan en un determinado edificio como se muestra a continuación:

Figura 22:
Tipos de cargas.



Elaboración propia.

Apoyos:

Para el apartado donde se explican los apoyos, se elaboraron ilustraciones con el mismo lenguaje de las demás, con su respectiva explicación de la siguiente forma:

Figura 23:
Tipos de apoyos.



Elaboración propia.

Tercer capítulo: Estructuras convencionales.

Por otra parte, en el tercer capítulo se realiza una clasificación de los tipos de estructuras convencionales y mediante videos elaborados en powtoon se explican las ventajas y desventajas de los tipos, usando conceptos de storytelling puesto que se usan personajes involucrados en dudas para poder realizar la explicación de dichos conceptos. Todo esto con el propósito de que los estudiantes formen su postura crítica y tengan la capacidad de analizar qué tipo de estructura les conviene en sus proyectos de acuerdo con su contexto, los materiales disponibles en la zona y otros aspectos.

Figura 24:

Ventajas y desventajas de las estructuras convencionales.



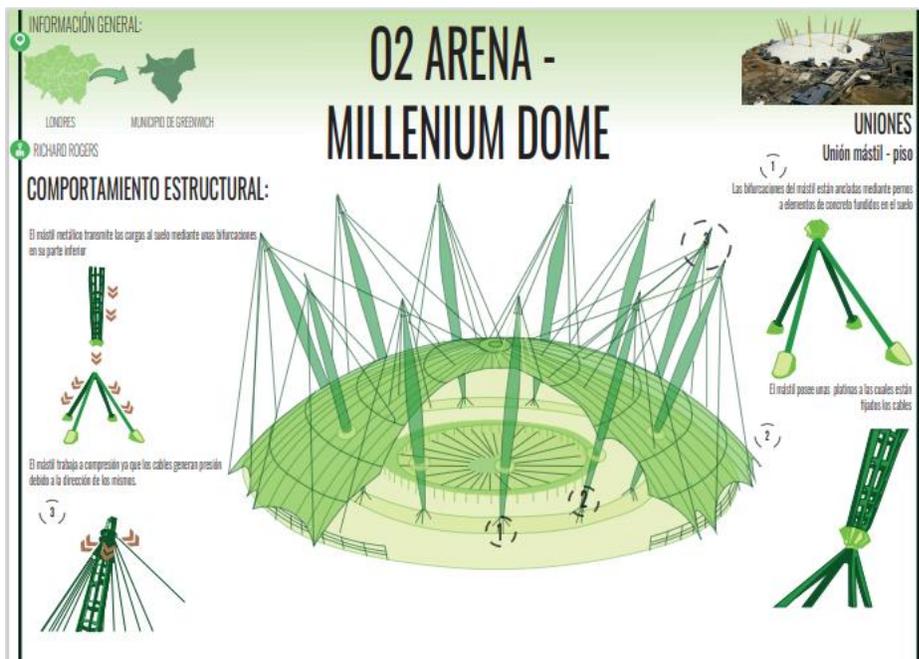
Elaboración propia.

Cuarto capítulo: Estructuras no convencionales.

Además, en el cuarto capítulo, referente a las estructuras no convencionales, se realiza una clasificación de las estructuras no convencionales, pero profundizando en la explicación de las mismas, teniendo en cuenta que la guía está orientada hacia las estructuras no convencionales. Para el desarrollo

de ello, se propuso el uso de infografías mediante las cuales se realizó el análisis de referentes que explican la configuración estructural por piezas del proyecto, resaltando los conceptos que se abordaron en los capítulos anteriores. Para el desarrollo de dichas infografías, se seleccionó una serie de referentes arquitectónicos y se incluyó información general del proyecto como ubicación, año de construcción, materialidad, sistema constructivo y además de ello se agregó planimetría en la que se muestran detalles arquitectónicos como uniones, cargas, esfuerzos, etc. A continuación, se evidencia el desarrollo de una de las infografías:

Figura 25:
Infografía O2 Arena.



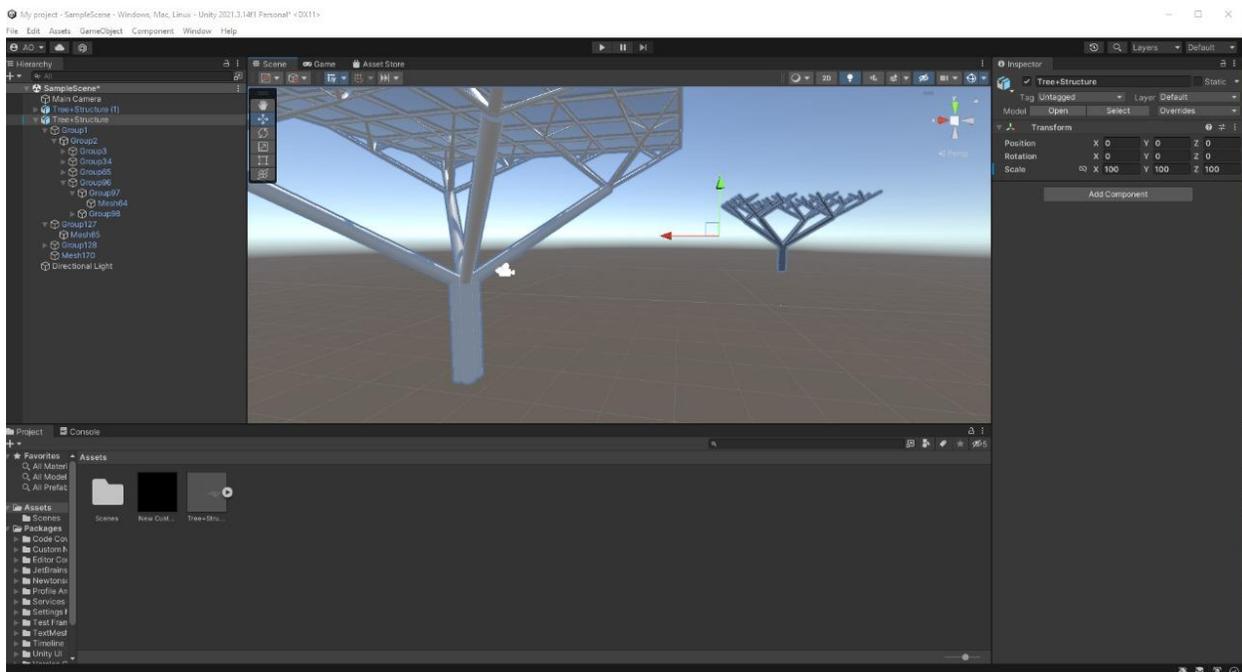
Elaboración propia.

Quinto capítulo: Estructuras arboriformes.

Por último, en el quinto capítulo correspondiente al enfoque de la guía, las estructuras arboriformes, se contempla gran parte de la investigación abordada en el capítulo de conceptos generales aplicados a este tipo de estructuras y las diferentes aplicaciones que pueden llegar a tener.

Además, se implementó el uso de las diferentes herramientas incluidas en los primeros capítulos y además de ello, mediante SketchUp y unity, se aplicó el uso de la realidad aumentada con el fin de que el estudiante pueda interactuar con los referentes arquitectónicos que permiten ejemplificar el tipo de estructura expuesta.

Figura 26:
Aplicación de la realidad virtual en estructuras arboriformes.



Elaboración propia.

Para ello, como se muestra en la imagen anterior, se desarrolló una aplicación que permite visualizar el modelo sobre una superficie apuntando con la cámara del celular. Para ello, se generó un link de descarga de la app y adicional a esto, se generó una imagen del modelo el cual tiene que ser escaneado en la aplicación para poder visibilizar el prototipo de detalle sobre cualquier superficie que se tenga frente a la cámara del celular. Dicha aplicación se puede descargar interactuando con el siguiente código QR:

Figura 27:
Código de descarga de la aplicación de realidad aumentada.



Elaboración propia. <https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1ZsGca7quaSTecj36XfCT6rYngO3u1xfx>.

Para el desarrollo de estos modelos de realidad aumentada, se obtuvieron varios resultados que se muestran a continuación:

- En primer lugar, se obtuvo el modelado general de una estructura arboriforme que permite visualizar los detalles de uniones, en materiales metálicos. Se observan las bifurcaciones de los elementos y como se conectan con la cubierta. En este caso, se visualiza una unión mediante soldadura ya que como se mencionaba, la estructura se encuentra elaborada en materiales metálicos.

Figura 28:
Modelo de estructuras arboriformes.



Elaboración propia.

- Por otro lado, se elaboraron detalles de uniones en diferentes materiales donde se visualizan los elementos que conforman dicha unión, como pernos, platinas, entre otros. Esto, dependiendo el material y el tipo de unión implementada.

Figura 29:
Modelo de unión para estructuras arboriformes en guadua.



Elaboración propia.

Figura 30:
Modelo de unión para estructuras arboriformes en madera.

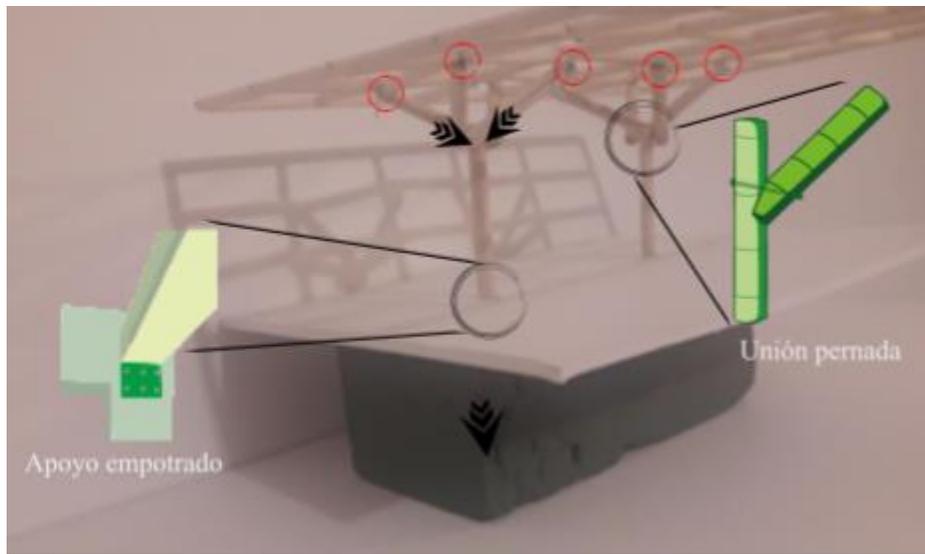


Elaboración propia.

Adicional, se elaboraron videos explicativos mediante maquetas elaboradas con materiales de fácil acceso, en los que, con animaciones se explica la transmisión de las cargas, los tipos de uniones, apoyos, entre otros conceptos.

Figura 31:

Video: elaboración de maquetas caseras.



Elaboración propia.

Además de ello, para garantizar la efectividad de los modelos realizados en dichos programas se realizó la compra de las gafas de realidad virtual y el control remoto de las mismas; con ellas se puede interactuar con los modelos realizados y acercarse a ellos simulando la escala real del proyecto y la materialidad del mismo. Además de ello, se realiza la ejecución de una aplicación móvil derivada del programa Unity que permite interactuar con el modelado 3D, acercarse y verlo en tiempo real desde el equipo celular.

Conceptos de gamificación:

Por otra parte, con el fin de que los estudiantes evalúen lo aprendido en cada módulo, se generaron cuestionarios animados en los cuales se realizan preguntas relacionadas a los temas vistos por capítulos mediante la aplicación Genially de la siguiente manera:

Figura 32:

Aplicación de cuestionarios por módulos.



Elaboración propia.

Igualmente, con el fin de dinamizar el contenido académico y despertar el interés de los estudiantes, se elaboraron contenidos mediante los conceptos de gamificación en plataformas como educaplay, genially, entre otras. Dichos contenidos permiten que la persona interactúe con el conocimiento y que genere experiencias diferentes al hecho de leer y repetir conceptos que se encuentran en diferentes referentes teóricos o en páginas web.

Implementación de página web:

Por último, con el fin de consolidar los productos de aprendizaje realizados para la guía, se implementó el diseño de una página web mediante la cual se evidencia el proceso de ejecución del proyecto, las personas que participaron, los propósitos del mismo, el acceso a los contenidos de la guía de forma interactiva y otros apartados. Los contenidos de la página web se establecieron de acuerdo al

índice planteado y se realizó la respectiva organización de la misma de acuerdo a las necesidades obtenidas en el diagnóstico.

Para la elaboración y montaje de los contenidos en la página, se tuvo en cuenta la correspondencia entre los tipos de letras, los colores, los tipos de ilustraciones e infografías y el uso adecuado del lenguaje sencillo pero técnico para que así mismo esta se vea llamativa para los estudiantes. La interfaz de dicho sitio web se ve de la siguiente manera:

Figura 33:
Interfaz de la página web.



Nota: Pantallazo obtenido desde la página web diseñada. Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, se encuentra una barra de navegación en la que aparece al principio, el inicio de la misma, un apartado que corresponde a “nuestro proyecto” en el cual se explica el proceso del proyecto, las personas que directa e indirectamente hicieron parte del mismo y luego de ello, se abordan los módulos de estudio establecidos en el índice. Para acceder y navegar por la página mostrada anteriormente el estudiante lo puede hacer mediante el siguiente link o el código QR mostrado a continuación:

Figura 34:

QR de acceso a la página web.



Nota: Enlace de acceso: <https://sites.google.com/view/gua-de-estructuras/contenidos/estructuras>. Fuente: Elaboración propia.

Resultados.

Como se mencionó en el apartado de la metodología, luego de la construcción de la guía, se realizaron encuestas con el fin de conocer la opinión de los estudiantes. Dichas encuestas contenían las siguientes preguntas:

- ¿Qué le gustó de la página y de los contenidos de la guía?
- ¿Qué no le gustó de la página?
- ¿Qué le agregaría a la página?
- ¿Los esquemas, videos e infografías son claros?
- ¿El vocabulario manejado le parece adecuado?
- ¿Comprendió las temáticas expuestas en los capítulos?

Luego de la aplicación de las encuestas se pudieron reconocer varios aspectos, en primer lugar, se exponen las recomendaciones realizadas por los estudiantes:

- Por un lado, fue complicada la aplicación de las encuestas ya que la mayoría de los estudiantes no tenían la disposición de acceder a la página y realizar la encuesta. Incluso, algunos de ellos, no exploraron los contenidos y solo llenaron las preguntas de la encuesta con palabras como “sí”.
- Respecto a la interfaz de la página, de los () encuestados, () sugieren realizar un cambio en el menú de acceso a los contenidos, puesto que se hace complicado la navegación, recomiendan incluir accesos directos en la pestaña principal, que faciliten acceder a los contenidos de manera más rápida y clara.
- Por el lado de los contenidos teóricos, de los () encuestados, () recomiendan realizar profundización, logrando que todas las temáticas cuenten con la misma información y así, que los estudiantes puedan compararlas y elegir la opción más conveniente

dependiendo del diseño que estén desarrollando. Sin embargo, se tiene en cuenta que la idea principal del proyecto es profundizar en estructuras arboriformes y que los demás contenidos fueron generados como parte de una contextualización ya que en el diagnóstico se evidenció que los estudiantes no tenían claros los conceptos generales y la clasificación de las estructuras.

- Uno de los estudiantes sugiere implementar una cuenta de Youtube que contenga los videos elaborados con el fin de consolidarlos en un solo lugar.
- A su vez, uno de ellos sugiere contrastar la paleta de colores de la página de forma que se haga más llamativa para los estudiantes, que no sea monocromática.

Por otro lado, además de las recomendaciones y sugerencias, también se evidenciaron comentarios positivos que se mencionan a continuación:

- Los estudiantes manifiestan que los contenidos son fáciles de comprender, que los contenidos son completos, que es dinámica. Además, resaltan que les parece interesante la interacción con modelos a través de la realidad aumentada.
- Además, algunos manifiestan que el diseño, estilo visual, la tonalidad y demás aspectos, la hacen llamativa e interesante. Así mismo, indican que hay un buen trabajo en cuanto a los contenidos audiovisuales.
- También, algunos de ellos mencionan que es una buena metodología para el aprendizaje de estructuras.

Conclusiones.

Dentro del trabajo realizado en la facultad y las diferentes herramientas usadas para la recolección de información, la estructuración del contenido, la perspectiva de los estudiantes y otros aspectos se pueden concluir varios aspectos desde diferentes alcances:

Contenido académico y de consulta:

-El material bibliográfico obtenido de las diferentes consultas realizadas, relacionado con las estructuras no convencionales, es muy limitado.

-Las fuentes de información que desarrollan estas temáticas lo realizan empleando vocabulario bastante técnico y especializado que resulta de difícil comprensión para los estudiantes, poco dinámico; y además de ello, no hay muchas fuentes reconocidas que aborden estas temáticas; generalmente, se encuentra información de estructuras tradicionales y en torno al contexto histórico.

Didáctica:

-La herramienta de aprendizaje configura un aporte adicional que podría funcionar como complemento a las temáticas desarrolladas en las aulas de clase sobre los sistemas estructurales dentro de la facultad de Arquitectura de la Universidad La Gran Colombia, ya que, en principio, no se cuenta con un laboratorio formal de estructuras enfocado en el planteamiento estructural desde el diseño arquitectónico.

-Teniendo en cuenta las opiniones de los propios estudiantes, se concluye que los contenidos generados son de utilidad para la comprensión y aprendizaje de temáticas relacionadas con las estructuras.

-Se evidencia en el momento de la aplicación de las encuestas de opinión, que a pesar de que se le brinda una herramienta de apoyo al estudiante, este no presenta interés en ella, ya que muchos no realizan la exploración de la página web y responden la encuesta por obligación o en su defecto, no la responden.

-A futuro, pueden ser desarrollados los demás sistemas estructurales por otros estudiantes o docentes, quienes pueden abordarlos a fondo como las membranas, los tensegrity, entre otras; generando contenido adicional o mejorando incluso en la propuesta de presentación de la guía en mención, teniendo en cuenta las observaciones generadas por los estudiantes.

Bibliografía.

Alonso del Val, M. (2018). La estructura como poética arquitectónica. ZARCH, (11), 8–31.

https://doi.org/10.26754/ojs_zarch/zarch.2018113205

ARQA. (2016). *Catedral sin religión*. [Fotografía] ARQA. <https://arqa.com/arquitectura/catedral-sin-religion.html>

Arquitectura Viva. (2001). *Museo de las Ciencias, Valencia*. AV.

<https://arquitecturaviva.com/obras/museo-de-las-ciencias>

Ausubel, D. (1983). Teoría del aprendizaje significativo.

https://conductitlan.org.mx/07_psicologiaeducativa/Materiales/E_Teoria_del_Aprendizaje_significativo.pdf

Barreto, C., Gutierrez, L., Pinilla, B. & Parra, C. (2009). Límites del constructivismo pedagógico. *Educación Y Educadores*, 9(1), 11–31.

<https://educacionyeducadores.unisabana.edu.co/index.php/eye/article/view/645>

Beltrán, A. (2021,). *Esfuerzos Estructurales*. <https://www.youtube.com/watch?v=flyr05GWqf8>

Bliss, H. (s.f). El aeropuerto de Stuttgart es el aeropuerto internacional de Stuttgart. [Fotografía] Dreamstime.

https://es.dreamstime.com/imagen-editorial-el-aeropuerto-de-stuttgart-es-el-aeropuerto-internacional-de-stuttgart-image95039005#_

Cervera y Blanco. (2014). Mecánicas de estructuras. *Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería*. https://www.researchgate.net/publication/330359371_Mecanica_de_Estructuras

Charleson, A. (2005). *Estructura como arquitectura*. Bogotá, Editorial Revertè.

Ching, F. Onouye, B. y Zuberbuhler, D. (2020). *Manual de estructuras ilustrado*. Editorial GG.

<https://elibro-net.bibliodigital.ugc.edu.co/es/ereader/ugc/211896?page=1>.

Contreras, R & Eguia, J. (2017): Experiencias de gamificación en aulas. *InCom-UAB Publicacions*, 15.

Bellaterra: Institut de la Comunicació, Universitat Autònoma de Barcelona.

https://educagratis.cl/moodle/pluginfile.php/82563/mod_resource/content/1/eBook_incomua_b_15.pdf#page=11

Diez, G. (2005). *Diseño estructural en arquitectura: introducción*. Buenos Aires, Argentina, Editorial

Nobuko. Recuperado de <https://elibro->

[net.bibliodigital.ugc.edu.co/es/ereader/ugc/176293?page=12](https://elibro-net.bibliodigital.ugc.edu.co/es/ereader/ugc/176293?page=12).

Ducón, R., Vergara, A. y Acosta, G. (2013). *Aplicación de estructuras arboriformes y colgantes a un puente peatonal: La evocación de formas naturales a través de la estructura*. [Tesis de grado].

Universidad Piloto de Colombia.

Exibart. (s.f) *CaixaForum Barcelona*. [Fotografía] <https://www.exibart.es/museo-galeria->

[arte/caixaforum-barcelona/](https://www.exibart.es/museo-galeria-arte/caixaforum-barcelona/)

Gardner, H., Komhaber, M., Wake, W. (2010). Inteligencia: Múltiples perspectivas. Revista Electrónica

LEEME. <https://ojs.uv.es/index.php/LEEME/article/view/9806/9233>

Gardner, H. (1995). *Multiple Intelligences. The Theory in Practice*. Editorial Paidós Educación.

https://www.planetadelibros.com/libros_contenido_extra/42/41371_INTELIGENCIAS_MULTIPLE_S.pdf

Kant, I (2009). *Sobre pedagogía*. Editorial Universidad Nacional de Córdoba. Encuentro Grupo Editor.

https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/1152/Sobre%20pedagogia_Kant.pdf

Martínez, A. (2015). *Arquitectura en árboles*. Madrid, España. Universidad Politécnica de Madrid.

Tomado de: https://oa.upm.es/39703/1/ANTONIO_MARTINEZ_AGUADO_01.pdf

Manrique, C. (1999). *El constructivismo y sus implicaciones en la educación*. Pontificia Universidad

Católica del Perú. Departamento de Educación

Maury, M. (1978). *La esencia del árbol*. Bogotá, Editorial Universidad Nacional de Colombia.

Miranda, C. (2016). Disciplina, alcances de su definición. Apuntes para la comprensión disciplinar de la

Arquitectura. *Researchgate*.

https://www.researchgate.net/publication/316229535_Disciplina_alcances_de_su_definicion_Apuntes_para_la_comprension_disciplinar_de_la_Arquitectura

Ortiz, D (2015). El constructivismo como teoría y método de enseñanza.

Prieto, A (s.f). La pirámide del aprendizaje. <https://webs.ucm.es/BUCM/revcul/e-learning-innova/27/art1263.pdf>

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente [NSR-10] (2010). Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Colombia.

https://www.culturarecreacionydeporte.gov.co/sites/default/files/reglamento_construccion_sismo_resistente.pdf

Sophia: colección de Filosofía de la Educación, 19 (2), p. 93-110.

<https://www.redalyc.org/pdf/4418/441846096005.pdf>

Ramos, P., Fernández, A., Oliván, B., Fernández del Río, E., Berges, A., Hernandez, S., Huarte, S. y Martín, J. (2019) Storytelling: Una metodología de aprendizaje activo para la enseñanza de la psicología social en la educación superior. *Summa Psicológica UST 2019, Vol.16*.

<https://summapsicologica.cl/index.php/summa/article/view/349>

Raquel, A. (s.f) Estructuras. *Tecnología secundaria*. [Fotografía]

<https://webquestcreator2.com/majwq/ver/verc/38667>

Tafur, R. & Coloma, C. (1999) El constructivismo y sus implicancias en Educación. *Educación*. VIII (16),

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5056798.pdf>

Tovar et al. (2006). Límites del constructivismo pedagógico. España.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-12942006000100002&lng=en&nrm=iso&tlng=es

Villate, M. (2008). *Estructuras no convencionales en arquitectura*. Bogotá, Editorial Universidad Nacional de Colombia.

<https://elibro-net.bibliodigital.ugc.edu.co/es/ereader/ugc/128930?page=9>.