



**UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO**  
**DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS DE LA**  
**INFORMACIÓN**



**DISEÑO INSTRUCCIONAL PARA UN AMBIENTE DE APRENDIZAJE**  
**ENRIQUECIDO CON IMPRESIÓN 3D EN DISEÑO ESTRUCTURAL DE**  
**CIMENTACIONES**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**MAESTRO EN TECNOLOGÍAS PARA EL APRENDIZAJE Y EL CONOCIMIENTO**

PRESENTA:

MARIANA ANGULO JIMÉNEZ

BAJO LA DIRECCIÓN DE:

DR. ARTURO CORONA FERREIRA

Cunduacán, Tabasco.

Septiembre, 2024.

## Declaración de Autoría y Originalidad

En la Ciudad de Cunduacán, el día 24 del mes Septiembre del año 2024 el que suscribe Mariana Angulo Jiménez alumna(o) del Programa de Maestría en Tecnologías para el Aprendizaje y el Conocimiento con número de matrícula 221H20001, adscrito a la División Académica de Ciencias y Tecnologías de la Información, de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, como autores de la Tesis presentada para la obtención del Grado, titulada Diseño instruccional para un ambiente de aprendizaje enriquecido con impresión 3D en diseño estructural de cimentaciones dirigida por Dr. Arturo Corona Ferreira.

### DECLARO QUE:

La Tesis es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, de acuerdo con el ordenamiento jurídico vigente, en particular, la LEY FEDERAL DEL DERECHO DE AUTOR (Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley Federal del Derecho de Autor del 01 de Julio de 2020 regularizando y aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), en particular, las disposiciones referidas al derecho de cita.

Del mismo modo, asumo frente a la Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría o falta de originalidad o contenido de la Tesis presentada de conformidad con el ordenamiento jurídico vigente.

Villahermosa, Tabasco a 24 de Septiembre 2024.

Mariana Angulo Jiménez





**UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO**

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



DIVISIÓN ACADÉMICA DE  
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS  
DE LA INFORMACIÓN



**2024**  
**Felipe Carrillo  
PUERTO**  
REASIGNACIÓN DEL PROFESORADO  
ESTUDIOS DE POSGRADO  
DEL 2024

Cunduacán, Tabasco a 20 de septiembre de 2024

Oficio No. 1193/DACYTI/CP/2024

Asunto: Autorización de impresión de Tesis

**C. Mariana Angulo Jiménez**  
**Matricula: 221H20001**

En virtud de que cumple satisfactoriamente los requisitos establecidos en el Reglamento General de Estudios de Posgrado vigente en la Universidad, informo a Usted que se autoriza la impresión del trabajo recepcional "***Diseño instruccional para un ambiente de aprendizaje enriquecido con impresión 3D en diseño estructural de cimentaciones***", para presentar examen y obtener el Grado de Maestra en Tecnologías para el Aprendizaje y el Conocimiento.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un afectuoso saludo.

UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO

**Atentamente**

**MTE. Oscar Alberto González González**  
**Director**



DIVISIÓN ACADÉMICA DE  
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS  
DE LA INFORMACIÓN

C.c.p. Dr. Eddy Arquímedes García Alcocer. - Encargado del Despacho de la Coordinación de Posgrado DACYTI  
Archivo.  
Consecutivo.

M.T.E. OAGG/EAGA

Carretera Cunduacán-Jalpa Km. 1, Colonia Esmeralda, C.P. 86690.  
Cunduacán, Tabasco, México.  
Tel: (993) 358 1500 ext. 6727; (914) 336 0616; Fax: (914) 336 0870  
E-mail: direccion.dacyti@ujat.mx

www.ujat.mx

## Carta de Cesión de Derechos

Villahermosa, Tabasco a 24 de Septiembre del 2024

Por medio de la presente manifestamos haber colaborado como AUTORES en la producción, creación y/o realización de la obra denominada Diseño instruccional para un ambiente de aprendizaje enriquecido con impresión 3D en diseño estructural de cimentaciones.



Con fundamento en el artículo 83 de la Ley Federal del Derecho de Autor y toda vez que, la creación y/o realización de la obra antes mencionada se realizó bajo la comisión de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; entendemos y aceptamos el alcance del artículo en mención, de que tenemos el derecho al reconocimiento como autores de la obra, y la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco mantendrá en un 100% la titularidad de los derechos patrimoniales por un periodo de 20 años sobre la obra en la que colaboramos, por lo anterior, cedemos el derecho patrimonial exclusivo en favor de la Universidad.

### COLABORADORES

  
Mariana Angulo Jiménez

  
Dr. Arturo Corona Ferreira

### TESTIGOS

## Agradecimientos

*A Dios, porque reconozco que de Él viene el conocimiento, la ciencia, el entendimiento y la inteligencia y que yo soy sólo un instrumento en Sus manos.*

*A mis padres y a mi hermano, por su amor incondicional, su guía y su apoyo. Sin ellos en mi vida no fuera quien soy actualmente.*

*A mis hijos, porque son la herencia que Dios me ha dado, son mi mayor motor y motivación para salir a delante cada día.*

*A mis profesores, en especial al Dr. Corona, su orientación y enseñanzas me permitieron transitar por la maestría logrando culminar esta investigación.*

*A la AUIP porque me concedió la beca de movilidad para realizar una estancia de investigación en la Universidad de Sevilla.*

*Al Dr. Julio Manuel Barroso Osuna por recibirme en la Facultad de Ciencias de la Educación y haberme permitido realizar mi estancia en el Grupo de Investigación Didáctica.*

*A mis amigas y demás compañeros de la maestría, por las vivencias y experiencias a lo largo de estos dos años.*

*A Brau y a Paty, porque su ayuda para conmigo y con mi familia es inigualable.*

# Índice de Contenido

<b>Capítulo I. Introducción</b> .....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Pregunta de investigación.....	4
1.3. Hipótesis o supuesto.....	4
1.4. Objetivos.....	5
1.4.1. Objetivo general.....	5
1.4.2. Objetivos específicos.....	5
1.5. Metodología.....	5
<b>Capítulo II. Marco teórico</b> .....	8
2.1. Marco referencial.....	8
2.1.1 Aprendizaje Basado en Proyectos e Impresión 3D.....	8
2.1.2 Impresión 3D para creación de modelos educativos.....	9
2.1.3 Aplicación de la Impresión 3D en Educación Superior.....	10
2.1.4 Uso de la impresión 3D en la Enseñanza de la Ingeniería.....	10
2.2. Marco conceptual.....	13
2.2.1 Diseño Instruccional.....	13
2.2.2. Aprendizaje Significativo por descubrimiento.....	16
2.2.3 Aprendizaje Experiencial.....	17
2.2.4 Aprendizaje Basado en Proyectos.....	18
2.2.5 Design Thinking.....	18
2.2.6 STEM.....	19
2.2.7 Impresión 3D.....	19
2.3. Marco Tecnológico.....	19
2.3.1 Notas de voz de Apple.....	20
2.3.2 Autodesk Fusion 360.....	20
2.3.3 Ultimaker Cura.....	20
2.3.4 Google Forms.....	21

2.3.5 Microsoft Office Word.....	21
2.3.6 MAXQDA Analytics Pro .....	21
2.4. Marco legal.....	22
2.4.1 Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares .....	22
2.4.2 Autodesk Fusion 360 Licencia Educativa.....	22
2.4.3 Ultimaker Cura software gratuito y de código abierto.....	23
2.4.4 Términos de servicio de Microsoft.....	23
2.4.5 MAXQDA Analytics Pro Licencia Educativa .....	23
<b>Capítulo III. Aplicación de la Metodología .....</b>	<b>24</b>
3.1. Diseño de la investigación.....	24
3.2. Población de estudio.....	25
3.3. Instrumento para la recolección de datos .....	26
3.4. Creación de la entrevista estructurada.....	27
3.5. Estructuración del modelo ADDIE .....	31
3.5.1 Análisis.....	31
3.5.2 Diseño.....	31
3.5.3 Desarrollo.....	32
3.5.4 Implementación .....	33
3.5.5 Evaluación .....	33
3.6. Creación del cuestionario .....	34
3.7. Creación del modelo de cimentación impreso en 3D.....	34
3.8. Análisis de los Datos .....	35
<b>Capítulo IV. Resultados y Discusión.....</b>	<b>36</b>
4.1. Resultados .....	36
4.1.1 Interpretación de Entrevista Estructurada .....	36
4.1.2 Interpretación de Aprendizajes Alcanzados .....	49
4.1.3 Modelos impresos en 3D.....	55
4.2. Discusión.....	58
<b>Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones.....</b>	<b>61</b>

5.1. Conclusiones .....	61
5.2. Recomendaciones.....	62
<b>Referencias citadas</b> .....	<b>63</b>
Anexos.....	68
Anexo A. Instrumento de recolección de datos: Entrevista Estructurada .....	68
Anexo B. Instrumento de recolección de datos: Cuestionario .....	70

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.



# Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> <i>Modelos de diseño instruccional</i> .....	14
<b>Tabla 2.</b> <i>Categorías de Análisis de la Dimensión Diseño Instruccional.</i> .....	27
<b>Tabla 3.</b> <i>Categorías de Análisis de la Dimensión Fase Empatía en Design Thinking.</i> .....	29
<b>Tabla 4.</b> <i>Categorías de Análisis de la Dimensión Conceptos de Diseño Estructural de Cimentaciones de Tipo Zapata.</i> .....	30
<b>Tabla 5.</b> <i>Categorías y Subcategorías de Análisis Cualitativo en MAXQDA</i> .....	36
<b>Tabla 6.</b> <i>Subcategorías de la Categoría Grado de Satisfacción</i> .....	49
<b>Tabla 7.</b> <i>Subcategorías de la Categoría Definición de cimentación tipo zapata</i> .....	50
<b>Tabla 8.</b> <i>Subcategorías de la Categoría Capacidad de carga de una zapata</i> .....	51
<b>Tabla 9.</b> <i>Subcategorías de la Categoría Elementos de cimentaciones tipo zapata</i> .....	51
<b>Tabla 10.</b> <i>Subcategorías de la Categoría Factores para el dimensionamiento de una zapata</i> .....	52
<b>Tabla 11.</b> <i>Subcategorías de la Categoría Uso de la impresión 3D</i> .....	53
<b>Tabla 12.</b> <i>Subcategorías de la Categoría Aspectos de la impresión 3D</i> .....	53
<b>Tabla 13.</b> <i>Subcategorías de la Categoría Impresión 3D vs. Métodos tradicionales</i> .....	54
<b>Tabla 14.</b> <i>Subcategorías de la Categoría Comprensión antes y después de la impresión 3D</i> .....	55

# Índice de gráficos

<b>Gráfico 1.</b> <i>Modelo de Diseño Instruccional ADDIE</i> .....	15
<b>Gráfico 2.</b> <i>Subcategorías de la Categoría Semestre Cursado</i> .....	37
<b>Gráfico 3.</b> <i>Subcategorías de la categoría Materiales, recursos y actividades</i> .....	38
<b>Gráfico 4.</b> <i>Subcategorías de la Categoría Metodología de aprendizaje</i> .....	39
<b>Gráfico 5.</b> <i>Subcategorías de la Categoría Uso de Herramientas y Software</i> .....	40
<b>Gráfico 6.</b> <i>Subcategorías de la Categoría Necesidades</i> .....	41
<b>Gráfico 7.</b> <i>Subcategorías de la Categoría Desafíos y Obstáculos</i> .....	43
<b>Gráfico 8.</b> <i>Subcategorías de la Categoría Motivaciones</i> .....	44
<b>Gráfico 9.</b> <i>Subcategorías de la Categoría Expectativas al Finalizar</i> .....	45
<b>Gráfico 10.</b> <i>Subcategorías de la Categoría Aplicación de Principios Claves</i> .....	47
<b>Gráfico 11.</b> <i>Subcategorías de la Categoría Softwares o Herramientas para Diseñar Zapatas</i> .....	48
<b>Gráfico 12.</b> <i>Modelo en 3D de Cimentación Tipo Zapata Aislada Cuadrangular</i> .....	56
<b>Gráfico 13.</b> <i>Modelo en 3D de Cimentación Tipo Zapata Aislada Rectangular</i> .....	56
<b>Gráfico 14.</b> <i>Modelo en 3D de Cimentación Tipo Zapata Corrida con Contratrabe</i> .....	57
<b>Gráfico 15.</b> <i>Modelo en 3D de Cimentación Tipo Zapata Corrida con Contratrabe</i> .....	57

## Título

DISEÑO INSTRUCCIONAL PARA UN AMBIENTE DE APRENDIZAJE ENRIQUECIDO CON IMPRESIÓN 3D EN DISEÑO ESTRUCTURAL DE CIMENTACIONES

## Resumen

En la educación de la licenciatura en ingeniería civil, existe una brecha que dificulta que los estudiantes apliquen de manera innovadora sus conocimientos teóricos en situaciones reales. El uso de modelos 3D basados en cálculos matemáticos, junto con su materialización mediante la impresión 3D, podría reducir esta brecha. La integración de metodologías STEM, Design Thinking, Aprendizaje Basado en Proyectos, Aprendizaje Significativo y Experiencial, junto con tecnologías como la impresión 3D, en el Diseño Instruccional, ofrece una educación más completa y orientada a la práctica en la enseñanza de ingeniería civil. La presente investigación tiene como objetivo implementar un diseño instruccional para un ambiente de aprendizaje enriquecido con impresión 3D en la asignatura diseño estructural de cimentaciones en el Tecnológico Nacional de México Campus Villahermosa. Se llevó a cabo con un grupo de 16 estudiantes que se encontraban cursando dicha asignatura. Se siguió una metodología del tipo descriptiva cualitativa en la que se utilizaron como instrumentos de recolección de datos entrevistas y cuestionarios. Los datos recolectados fueron analizados utilizando el software MAXQDA Analytics Pro. Los resultados demuestran que los estudiantes reportaron una mejora significativa en su comprensión de los conceptos tras la implementación de la impresión 3D, además de que recomiendan la incorporación de esta tecnología en otras asignaturas de la licenciatura en ingeniería civil.

## Palabras claves

Ambiente de aprendizaje, Diseño Instruccional, Impresión 3D, Ingeniería civil, STEM.

## Title

INSTRUCTIONAL DESIGN FOR A LEARNING ENVIRONMENT ENRICHED WITH 3D PRINTING IN STRUCTURAL FOUNDATION DESIGN

## Abstract

In civil engineering bachelor's education, there is a gap that makes it difficult for students to innovatively apply their theoretical knowledge in real-world situations. The use of 3D models based on mathematical calculations, together with their materialization through 3D printing, could reduce this gap. The integration of STEM, Design Thinking, Project-Based Learning, Meaningful and Experiential Learning methodologies, along with technologies such as 3D printing, in Instructional Design, offers a more comprehensive and practice-oriented education in civil engineering education. The objective of this research is to implement an instructional design for a learning environment enriched with 3D printing in the subject structural design of foundations at the Tecnológico Nacional de México Campus Villahermosa. It was carried out with a group of 16 students who were studying this subject. A qualitative descriptive methodology was followed in which interviews and questionnaires were used as data collection instruments. The data collected were analyzed using the MAXQDA Analytics Pro software. The results show that students reported a significant improvement in their understanding of the concepts after the implementation of 3D printing, in addition they recommend the incorporation of this technology in other subjects of the bachelor's degree in civil engineering.

## Key words

3D printing, Civil engineering, Instructional Design, Learning environment, STEM.

# Capítulo I. Introducción

## 1.1. Planteamiento del problema

Existe una brecha en la educación de la licenciatura en ingeniería civil que impide que los estudiantes apliquen sus conocimientos de manera innovadora en situaciones del mundo real. Los procesos de enseñanza se centran en el uso de herramientas de comunicación, pero se hacen pocos esfuerzos por adoptar tecnologías que conecten los fundamentos matemáticos del diseño de cimentaciones con su aplicación práctica a través de recursos digitales. El uso de modelos 3D basados en cálculos matemáticos, seguido de la creación de representaciones tangibles mediante impresión 3D, podría cerrar esta brecha.

La combinación de metodologías como STEM, Design Thinking, Aprendizaje Basado en Proyectos, Aprendizaje Significativo, Aprendizaje Experiencial y tecnologías como la impresión 3D en el Diseño Instruccional, puede proporcionar una educación más integral y orientada a la práctica en la enseñanza de ingeniería civil, donde el profesor se empodere con el uso de recursos digitales para el modelado físico de los problemas y casos presentados a lo largo de una lección de cimentaciones donde el profesor cuente con nuevos recursos que comuniquen ahora con base a un modelo que surge y se devela a partir de cálculos matemáticos.

La ingeniería civil es una rama de las ciencias de la tierra que se encarga del cálculo, diseño, construcción y modelado de las edificaciones. Los estudiantes universitarios cursan asignaturas que requieren operaciones matemáticas abstractas y complejas, cuyos resultados no son interpretados para ser aplicados en la vida real (Brito, Alemán, Fraga, Para y Arias, 2011).

En el contenido curricular de la licenciatura no se considera el uso de software para modelados o cálculos de estructuras. Si los alumnos quieren especializarse en el uso de estos programas, tienen que recurrir a capacitaciones externas para suplir esa competencia que no adquirieron. Mientras

que, si en su formación académica cuentan con el dominio de dichos programas, tendrán las habilidades en el manejo de software para el diseño estructural requeridas para el ambiente laboral (González, 2018).

Un concepto que empezó a utilizarse en los años 90 fue el término STEM, (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas por sus siglas en inglés). El Movimiento STEM (2019), sostiene que existe la necesidad de contar con personas capaces y competentes en estas áreas, a fin de presentar soluciones que resuelvan problemas actuales. En este sentido, desarrollar proyectos que involucren la participación de los estudiantes en actividades de esta índole, forma personas con habilidades necesarias para la vida profesional.

Adicional a estas competencias, se debe fomentar el pensamiento crítico en los estudiantes, ya que es una habilidad necesaria en el siglo XXI. Paul y Elder (citado por Altuve, 2010), señalan algunos conceptos fundamentales del pensamiento crítico, tales como: Formulación precisa y clara de problemas y preguntas, correcta interpretación de la información, soluciones razonadas de problemas complejos, comunicación efectiva para idear soluciones, entre otros. Lo anterior conlleva a que los alumnos sean capaces de enfrentar diferentes tipos de situaciones y logren obtener resultados significativos de ellas.

De la misma manera, la metodología propuesta en el pensamiento de diseño también conocido como Design Thinking se centra en la resolución de problemas de manera creativa y colaborativa, lo que empodera a los estudiantes con habilidades esenciales que trascienden las meras habilidades técnicas (Brown, 2008). Este enfoque fomenta la empatía, la ideación y la experimentación, lo que permite a los estudiantes abordar desafíos complejos de manera innovadora.

Una estrategia didáctica que promueve el desarrollo de habilidades STEM, el pensamiento crítico y en la que se puede aplicar la metodología Design Thinking, es el uso de la impresión 3D en el aula. El Departamento de Educación del Reino Unido (2013), implementó un programa dirigido a escuelas de nivel secundaria para promover las áreas STEM mediante el uso de impresoras 3D. Esta modificación en el currículo tradicional de enseñanza ha favorecido el desarrollo de

competencias avanzadas de los estudiantes y la comprensión de materias relacionadas con la industria de la ingeniería.

Este tipo de experiencias de aprendizaje favorece a que los contenidos sean relevantes para los estudiantes y logren aprendizajes significativos. Ausubel indica que: “Un aprendizaje es significativo cuando los contenidos son relacionados de modo no arbitrario y sustancial con lo que el alumno ya sabe” (Ausubel, 1983, pp. 2), de manera que la nueva información pueda ser aprendida si las ideas y conceptos previos han sido lo suficientemente claros para servir de anclaje a los nuevos. La resolución de tareas de aprendizaje significativas debe estar enfocada en propiciar la disposición de los estudiantes mediante la selección de materiales potencialmente significativos.

Además del Aprendizaje Significativo, se tiene el Aprendizaje Experiencial propuesto por David A. Kolb (2014). Sostiene que el aprendizaje efectivo se produce a través de la experiencia directa, la reflexión sobre esa experiencia, la conceptualización de las observaciones y la aplicación activa de nuevos conocimientos. Por lo tanto, la implementación de un ciclo de aprendizaje experiencial no solo enriquece la comprensión teórica, sino también fomenta habilidades esenciales de resolución de problemas y promueve el desarrollo la innovación.

De manera similar, el Aprendizaje Basado en Proyectos es un enfoque de aprendizaje que permite la integración de habilidades STEM, pensamiento crítico, Design Thinking, el Aprendizaje Significativo y el Aprendizaje Experiencial. Esta estrategia de aprendizaje inicia con el planteamiento de un problema real y los estudiantes se reúnen en equipos para buscar una solución (Morales y Landa, 2004). El docente debe guiar a los estudiantes hasta la resolución del problema planteado; los estudiantes desarrollan habilidades interpersonales al promover la cultura del trabajo colaborativo y estimulan sus habilidades para identificar las soluciones adecuadas.

Todas estas metodologías, teorías del aprendizaje en conjunto con la herramienta tecnológica de impresión 3D se integran en el diseño instruccional. De acuerdo con Smith, Sheppard, Johnson & Johnson (2005) el diseño instruccional es la piedra angular de cualquier proyecto educativo, debido a que en él se planifica y organiza el proceso de enseñanza y aprendizaje. De esta manera, la fusión de lo anteriormente expuesto permitirá que la formación de los alumnos se vea beneficiada al

implementarse dichos conceptos, preparándolos de manera más eficiente para enfrentar los desafíos complejos del mundo real.

Se percibe que, la incorporación de la impresión 3D en el diseño instruccional junto con las teorías de aprendizaje significativo, experiencial, basado en problemas y las metodologías STEM y Design Thinking puede permitir el rediseño de los programas educativos enriqueciéndolos con tecnologías digitales. A la vez, el dominio en el manejo de software de diseño y modelado estructural necesarios en la formación profesional de los estudiantes puede contribuir a su futura inserción en el mercado de trabajo (Rúa, E., Gutiérrez, G., y Villamizar, 2018). Los docentes que imparten la asignatura diseño estructural de cimentaciones podrían usar estrategias didácticas mediadas con tecnología en impresión 3D, para promover experiencias de aprendizaje significativas en los estudiantes.

## **1.2. Pregunta de investigación**

Con base en el análisis anterior, surge la siguiente pregunta de investigación:

¿En qué aspectos favorecerá implementar el modelado e impresión 3D en la comprensión conceptual y teórica de la asignatura diseño estructural de cimentaciones en ingeniería civil?

## **1.3. Hipótesis o supuesto**

La integración de la impresión 3D en los procesos de enseñanza-aprendizaje mejorará la capacidad de los estudiantes de ingeniería civil para aplicar los fundamentos para el diseño estructural de cimentaciones.



## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Implementar un diseño instruccional para un ambiente de aprendizaje enriquecido con impresión 3D en la asignatura diseño estructural de cimentaciones en el Tecnológico Nacional de México Campus Villahermosa.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Evaluar las metodologías Design Thinking, STEM, el Aprendizaje Basado en Proyectos, el Aprendizaje Significativo y el Aprendizaje Experiencial aplicadas en el diseño instruccional.
- Estructurar el modelo de Diseño Instruccional ADDIE considerando cada una de las fases que lo conforman.
- Integrar la tecnología de impresión 3D en el proceso de enseñanza – aprendizaje de los conceptos del diseño estructural de cimentaciones.
- Obtener retroalimentación y opiniones de los estudiantes sobre la experiencia de aprendizaje.

## **1.5. Metodología**

El proyecto se centró en el Tecnológico Nacional de México Campus Villahermosa y se delimitó para la asignatura de diseño estructural de cimentaciones de la licenciatura en ingeniería civil dentro de esta institución. Se llevó a cabo en un grupo conformado por 16 estudiantes que se encontraban cursando la asignatura en cuestión. Los resultados y hallazgos estuvieron relacionados con este contexto específico.

Se enfocó en la implementación de la tecnología de impresión 3D como herramienta de apoyo en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura mencionada. Esto implicó la integración de la impresión 3D en actividades y recursos educativos específicos relacionados con el diseño estructural de cimentaciones.

Se incluyó una evaluación del impacto de la implementación de la impresión 3D en la comprensión conceptual y teórica de los estudiantes, así como la recopilación de las percepciones y opiniones de los estudiantes sobre el ambiente de aprendizaje enriquecido con impresión 3D. Una referencia clave para este proceso, se encuentra en el libro “Desarrollando experiencias de aprendizaje STEM tempranas apropiadas para la cultura y el desarrollo”, donde se aborda una investigación en la que, mediante el uso de encuestas y entrevistas, se pudo recopilar la información que permitió identificar que los estudiantes estaban más comprometidos en el proceso de aprendizaje a través de su participación en los espacios educativos mejorados con tecnología (Forbes et al., 2023).

El primer paso que se realizó para construir la metodología fue realizar una entrevista que incluía los fundamentos de la asignatura, por lo cual en esta etapa se realizó un análisis del enfoque educativo actual en la asignatura "Diseño Estructural de Cimentaciones". El análisis consideró la identificación de las metodologías utilizadas y la falta de conexión entre los fundamentos matemáticos y la práctica profesional en ingeniería civil. Tal como Prince & Felder (2006) lo sustentan, la ingeniería y la ciencia se enseñan tradicionalmente de forma deductiva, ya que usualmente el profesor empieza a explicar un tema dando una clase sobre los principios generales de la asignatura, luego usa los principios para derivar modelos matemáticos, posteriormente muestra aplicaciones ilustrativas de los modelos, seguidamente les da a los estudiantes ejercicios en los que apliquen procedimientos similares en las tareas y, finalmente, prueba su capacidad para replicar el mismo tipo de cosas en los exámenes.

El segundo paso, consistió en la revisión bibliográfica sobre el uso de tecnologías como la impresión 3D y la integración de metodologías innovadoras (STEM, Design Thinking, Aprendizaje Basado en Proyectos, Aprendizaje Significativo y Aprendizaje Experiencial) en la enseñanza de ingeniería. Una vez comprendidos los contenidos se elaboró un plan de actividades de aprendizaje

que integraran un modelado 3D a partir de los fundamentos de clase y posteriormente llevar a un estado físico el modelo mediante la impresión 3D.

La importancia de plasmar toda esta información la explica Zabalza (2002) en su libro, donde describe el proceso de la planeación didáctica en la educación superior y subraya la necesidad de estructurar las actividades docentes con un enfoque claro en los objetivos de aprendizaje, las competencias y la evaluación, proporcionando un marco teórico para el diseño de experiencias educativas efectivas.

En esta etapa, se elaboró el plan de diseño instruccional para el ambiente de aprendizaje tomando como referencia el modelo ADDIE, en él se integraron los contenidos teóricos y prácticos del curso, así como las actividades que involucraron el uso de modelos 3D basados en cálculos matemáticos. Para transitar del modelo teórico de pizarrón a un modelo 3D impreso con filamento, se combinó la teoría cubierta en la clase con la práctica mediante el uso de software de modelado e impresoras 3D.

Se incluyó en la estructuración del diseño instruccional las metodologías STEM, Design Thinking y Aprendizaje Basado en Proyectos. En el libro “El caso de la educación STEM: Desafíos y oportunidades” se tiene una perspectiva clara sobre la relevancia de la educación STEM y se destaca su importancia en el desarrollo de competencias tecnológicas y científicas en estudiantes de educación superior, así como su impacto en la preparación para el mercado laboral y los desafíos globales (Bybee, 2013).

Los alumnos trabajaron en un proyecto en equipos de cuatro integrantes para crear los modelos en 3D a partir de cálculos matemáticos de cimentaciones. El Aprendizaje Basado en Proyectos promueve el trabajo colaborativo y se ha demostrado que su implementación dentro del contexto STEM permite que los estudiantes apliquen conceptos teóricos a proyectos prácticos, desarrollando habilidades tanto en el ámbito académico como profesional (Capraro et al., 2013). El docente utilizó la impresora 3D para materializar los modelos realizados por los estudiantes, fomentando la comprensión teórica y práctica de los conceptos. Se integraron metodologías como STEM y Design Thinking para guiar el proceso de Aprendizaje Basado en Proyectos.

# Capítulo II. Marco teórico

## 2.1. Marco referencial

### 2.1.1 Aprendizaje Basado en Proyectos e Impresión 3D

Blázquez y otros (2018) desarrollaron una propuesta metodológica destinada a mejorar el aprendizaje de los estudiantes mediante el uso de impresoras 3D como recurso educativo basado en proyectos. Uno de los objetivos se centró en promover aprendizajes significativos a través de la contextualización de los contenidos, con el propósito de aumentar la motivación, la curiosidad y, en consecuencia, el interés de los alumnos por aprender.

Como parte de la implementación metodológica que siguieron en esa investigación, se llevaron a cabo seis acciones clave. En la primera, se ofreció una sesión teórica introductoria sobre el funcionamiento y las aplicaciones de las impresoras 3D. En las siguientes cuatro sesiones, los estudiantes participaron en un proceso integral de trabajo que incluyó la pre-diseñación, diseño, planificación, programación, entrega y construcción de una maqueta de un parque de atracciones. En este proyecto, los elementos de transmisión de movimientos fueron fabricados mediante el uso de la impresora 3D.

La investigación concluyó en que la combinación del aprendizaje basado en proyectos con el uso de la impresión 3D, tiene un impacto positivo en la captación de la atención de los estudiantes desde el inicio, incrementando su motivación hacia el aprendizaje. Además, los autores señalan que la colaboración entre pares académicos en la realización de los proyectos también contribuyó significativamente a la motivación estudiantil, lo que se reflejó en resultados positivos en sus trabajos.

Asimismo, destacan que esta metodología brinda al docente una excelente oportunidad para innovar, ofreciendo una gran variedad de materiales y actividades como recursos educativos. Estas

herramientas pueden aplicarse en proyectos que involucren la construcción de puentes, estructuras, mecanismos y figuras relacionadas con áreas como geometría o historia.

### **2.1.2 Impresión 3D para creación de modelos educativos**

En el artículo creación, visualización e impresión 3D de colecciones online de modelos educativos tridimensionales con tecnologías de bajo coste, caso práctico del patrimonio fósil marino de Canarias se describe el proceso de creación y divulgación de un contenido educativo tridimensional e interactivo para aprendizaje en un entorno virtual. Se desarrolló un proyecto donde se enfocaron en la creación de modelos y réplicas de fósiles marinos en 3D con tecnologías de bajo coste para la enseñanza y divulgación en paleontología.

La metodología fue la siguiente: primero se seleccionaron 18 fósiles marinos característicos de Canarias, posteriormente se utilizó el escáner láser Makerbot Digitizar para digitalizar los fósiles, una vez finalizado el escaneado se utilizó el editor de mallas tridimensionales Meshmixer para editar los modelos tridimensionales escaneados. Seguidamente se subieron a Google drive para crear el repositorio en el cual se puede acceder online desde cualquier dispositivo móvil o computadora.

Las réplicas de los fósiles marinos se imprimieron en 3D para presentación y divulgación en un centro de enseñanza universitario donde se obtuvieron las siguientes conclusiones: El aprendizaje con medios digitales interactivos es un buen complemento junto a los materiales tradicionales y disponer de los modelos interactivos desde cualquier dispositivo móvil junto con los modelos en físicos permite mejorar y profundizar en el aprendizaje sobre los fósiles (Saorín, J., Meier, C., Melian, D. y Ruiz, C., 2016).

### **2.1.3 Aplicación de la Impresión 3D en Educación Superior**

En la Revista de Educación de Ciencias de la Salud Concepción-Chile se publicó el artículo del TIC al TAC: Una aproximación al modelado e impresión 3D en educación superior, donde se planteó el objetivo de describir la nueva metodología y estrategias de aprendizaje mediante la incorporación de la impresión y del modelado 3D en la asignatura de Histología y Anatomía del Grado de Enfermería en una Universidad Privada de la Comunidad de Madrid.

La metodología que se siguió para desarrollar la actividad es la denominada SAMR, siglas del proceso para integrar las Tecnologías para el Aprendizaje y el Conocimiento mediante cuatro niveles: Sustitución, Aumento, Modificación y Redefinición. Se creó una sección transversal del tercio superior del brazo a través del programa FreeCAD y se imprimió en una impresora Project 660 Pro.

Los resultados muestran que la impresión 3D de la sección de brazo exhibe una alta similitud y proporcionalidad con el objeto real lo que favoreció a que los estudiantes lograran un mejor aprendizaje de la anatomía seccional, ya que resultó una réplica física real, tangible y que conserva exactamente las proporciones, relaciones topográficas y veracidad morfológica (Gil, J., 2017).

Se concluye que a pesar de que esta tecnología no está específicamente diseñada para el mundo educativo, puede convertirse en un verdadero potencial de aprendizaje y considerarse como un recurso importante para ayudar a los estudiantes a mejorar y fortalecer sus propias necesidades. También se menciona que esta tecnología no sustituye a ninguna otra y que sólo se pretende que los docentes puedan tener una amplia gama de recursos para que puedan elegir entre todos ellos, así como las actividades o estrategias que se consideren pertinentes.

### **2.1.4 Uso de la impresión 3D en la Enseñanza de la Ingeniería**

Todas las investigaciones anteriormente referenciadas, muestran claros ejemplos en los que la impresión 3D ha favorecido de manera sustancial el aprendizaje de los estudiantes que participaron

en cada uno de los proyectos. Las siguientes investigaciones que se abordan en esta sección corresponden al uso de la impresión 3D en enfoques específicos del área de la ingeniería.

Rúa y otros (2018) desarrollaron la investigación: Impresión 3D como herramienta didáctica para la enseñanza de algunos conceptos de ingeniería y diseño. En ella se describieron tres casos puntuales del uso de una impresora 3D para la generación de material y experiencias didácticos en las asignaturas de dibujo I, lógica de programación y cálculo, de la ingeniería en mecánica de la Universidad de Santo Tomás, Colombia.

El primer paso para llevar a cabo la investigación fue capacitar a los docentes de las asignaturas mencionadas en el diseño y fabricación de material didáctico empleando la impresión 3D. La capacitación se centró en el uso de herramientas CAD y en la utilización de las impresoras, posteriormente los docentes diseñaron y generaron material didáctico y talleres de experiencias didácticas para geometría descriptiva, lógica de programación y sumas de Riemann en sus respectivas asignaturas.

Para validar los resultados de la propuesta se compararon los resultados académicos de los contenidos tratados previos a la inclusión de las herramientas didácticas en confrontación con los obtenidos después de la utilización de las herramientas. En esta investigación concluyen que las experiencias de aula empleando impresión 3D crearon un precedente en la forma de obtener y utilizar material didáctico especializado en la Universidad Santo Tomás abriendo puertas para la formación de una cultura de generación de material didáctico y productos de clase entre los docentes de la Facultad de Ingeniería Mecánica.

La siguiente investigación que se tiene de referencia, se desarrolló en la Facultad de Ingeniería Industrial y Robótica de la Universidad Politécnica de Bucarest, Rumanía. La investigación se titula: Preparando a los estudiantes para la generación Z: Consideraciones sobre el currículo de impresión 3D. En este estudio se quería evaluar la opinión de los estudiantes sobre cómo se debe aprender y enseñar en el campo de la impresión en 3D a los estudiantes que cursaban el primer año de maestría.

Los resultados que muestran Popescu y otros (2019) revelan que existen preferencias claras por parte de los estudiantes hacia actividades de aprendizaje más visuales, interactivas y prácticas, experiencias de aprendizaje más digitalizadas, más pruebas de aplicaciones teóricas en la práctica así como una transferencia de conocimientos mucho más rápida por parte del formador, también quieren participar en el proceso de aprendizaje y no ser receptores pasivos de información. Por otra parte, demostraron un periodo de atención demasiado corto, una conducta multitarea, y falta de pensamiento crítico.

Esta investigación concluye que para el diseño de actividades de aprendizaje significativas se deben de implementar métodos de enseñanza adaptados a las características de los nuevos estudiantes para apoyarlos a ser innovadores, comprometidos e interesados en adquirir conocimientos tanto prácticos como teóricos y se recalca también la importancia de realizar investigaciones sobre cómo enseñar a la Generación Z ya que estas se deben encaminar a modificar la enseñanza de la ingeniería para alcanzar los resultados educativos.

Como última referencia se tiene el trabajo de fin de grado que lleva por título: Recursos didácticos para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura teoría de máquinas y mecanismos: prototipos virtuales y reales. En esta investigación se planteó el objetivo de crear modelos virtuales tridimensionales y modelos físicos por impresión 3D de mecanismos diversos y hacer la simulación de su funcionamiento para aportar recursos didácticos para la enseñanza y el aprendizaje de la asignatura antes mencionada que se imparte en el segundo año del grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona.

Se escogieron siete mecanismos diferentes en los que se desarrollaba la siguiente metodología: primero se seleccionaba la máquina o mecanismos a modelar, posteriormente se caracterizaba la máquina o mecanismo elegido definiendo sus características técnicas, análisis estructural y funcional, seguidamente se creaba el modelo virtual en 3D, luego se esquematizaban los mecanismos que conforman la máquina, después se realizaba la animación en 3D del mecanismo o máquina, el paso siguiente era efectuar el análisis geométrico y cinemático mediante la



determinación los grados de libertad y redundancias y la modelación y simulación cinemática mediante SolidWorks Motion y por último se creaba el modelo por impresión 3D.

Se concluyó que los recursos aportados serán utilizados para la asignatura en cuestión lo que favorecerá en un mejor aprendizaje para los estudiantes, ya que se incrementan los conocimientos en el ámbito de la ingeniería mecánica debido al estudio detallado que involucra la realización de los artefactos mecánicos elegidos. Además, se permite profundizar más en el uso del programa de diseño CAD 3D SolidWorks, el cual no se aprende durante los estudios universitarios de la carrera (Horas, C., 2019).

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1 Diseño Instruccional**

El diseño instruccional es un proceso sistemático que se utiliza en educación para planificar, desarrollar y evaluar experiencias de aprendizaje efectivas. Su objetivo es crear un ambiente de aprendizaje que permita a los estudiantes alcanzar objetivos educativos específicos de manera eficiente y significativa. El diseño instruccional implica la selección y organización de contenidos, la elección de estrategias de enseñanza, la creación de recursos y la evaluación de los resultados del aprendizaje (Smith & Ragan, 2004).

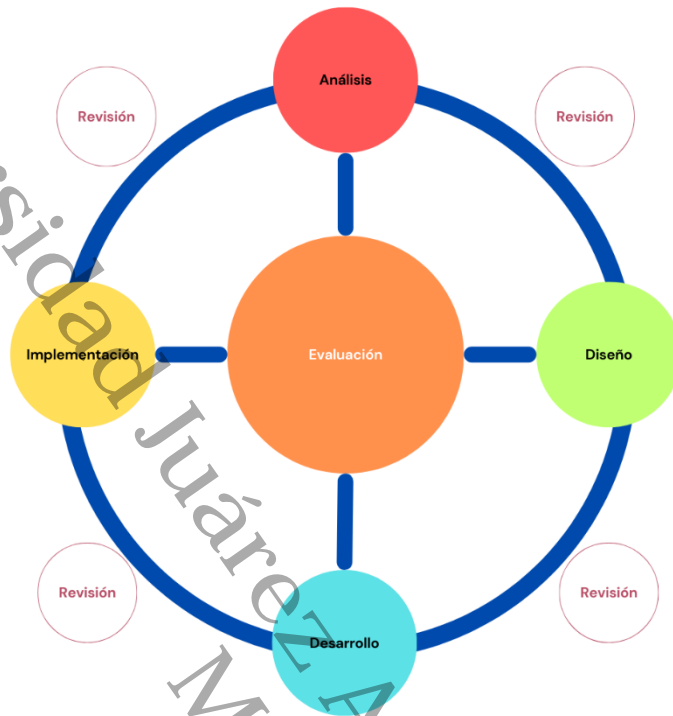
Existen varios modelos instruccionales, cada uno con sus enfoques y teorías del aprendizaje subyacentes. En tabla 1 se observan algunos de los modelos de diseño instruccional más conocidos con sus respectivas fases o etapas y la teoría del aprendizaje a la cuál pertenecen.

**Tabla 1. Modelos de diseño instruccional**

<b>Modelo de Diseño Instruccional</b>	<b>Fases o Etapas</b>	<b>Teoría del Aprendizaje</b>
ADDIE	- Análisis - Diseño - Desarrollo - Implementación - Evaluación	Constructivismo, Cognitivismo
Dick y Carey	- Identificación de objetivos - Análisis de tareas y contenidos - Diseño de la instrucción - Desarrollo y selección de materiales - Diseño y desarrollo de la evaluación	Constructivismo, Cognitivismo
Kemp (Morrison et al., 2010)	- Identificación de necesidades - Determinación de objetivos - Desarrollo de evaluaciones - Diseño del aprendizaje - Implementación - Evaluación	Constructivismo, Cognitivismo
Gagné (Gagné, Briggs, and Wager, 1992)	- Adquisición de la información - Presentación de la información - Estimulación del recuerdo - Dirección del aprendizaje - Ejecución de la práctica - Evaluación del desempeño - Retención y transferencia	Conductismo, Cognitivismo
Merrill (Merrill, M., 2012)	- Análisis de tareas - Diseño de la instrucción - Desarrollo de materiales - Diseño de la implementación - Evaluación de la instrucción	Constructivismo, Cognitivismo
ASSURE (Heinich, R., Molenda, M., Russell, J. D., & Smaldino, S. E., 1999)	- Análisis de estudiantes - Selección de metas, objetivos y estándares - Selección, adaptación y uso de estrategias - Requisitos tecnológicos - Uso de tecnología - Evaluación	Conductismo
4C/ID (van Merriënboer, 2019)	- Tareas de aprendizaje - Información de soporte - Información procedimental - Práctica de partes de tarea	Constructivismo

Los modelos anteriores representan diversas aproximaciones al diseño instruccional, cada uno con sus propias fortalezas y enfoques. La elección entre ellos dependerá de los objetivos específicos del curso y las preferencias pedagógicas. En esta investigación se seleccionó el modelo ADDIE que significa Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación. En el gráfico 1 se muestra el diagrama del modelo ADDIE con cada una de las fases que lo componen.

**Gráfico 1.** Modelo de Diseño Instruccional ADDIE



Branch (2009) señala en su libro lo que se realiza en cada fase del modelo ADDIE, proporcionando una estructura paso a paso para el diseño efectivo de instrucción, las cuales se enlistan a continuación:

1. Análisis: En esta fase, se identifican las necesidades de aprendizaje y se establecen los objetivos educativos. Se realiza un análisis detallado del público objetivo, los recursos disponibles y los contextos de aprendizaje.
2. Diseño: En esta etapa, se desarrolla el plan de instrucción. Se definen los métodos de evaluación, se diseñan los materiales educativos y se establece la estructura del curso. Además, se selecciona la teoría del aprendizaje que mejor se adapte a los objetivos del curso.
3. Desarrollo: Aquí es donde se crean los materiales educativos de acuerdo con el diseño previamente establecido. Puede incluir la creación de contenido, actividades interactivas, evaluaciones y cualquier recurso necesario para facilitar el aprendizaje.

4. Implementación: En esta fase, se lleva a cabo la entrega real del curso o programa de instrucción. Los facilitadores y los estudiantes participan en el proceso de aprendizaje según lo planificado en las fases anteriores.

5. Evaluación: La evaluación se realiza de manera continua a lo largo de todo el proceso y, al final, se lleva a cabo una evaluación exhaustiva del diseño instruccional. Se recopilan datos sobre la efectividad del curso y se realizan ajustes según sea necesario.

El modelo ADDIE se alinea con teorías de aprendizaje como el constructivismo y el cognitvismo, que enfatizan la participación activa del estudiante y la importancia de la estructura en el proceso de aprendizaje.

### **2.2.2. Aprendizaje Significativo por descubrimiento**

El aprendizaje significativo por descubrimiento es un enfoque educativo propuesto por David Ausubel (1963), que se basa en el proceso en el cual los estudiantes construyen su propio conocimiento al descubrir y relacionar nuevos conceptos con sus conocimientos previos. En este enfoque, se busca que los estudiantes no solo adquieran información de manera pasiva, sino que sean activos en su propio aprendizaje, participando en la exploración, la experimentación y la resolución de problemas.

La implementación de la impresión 3D en el ambiente de aprendizaje fomenta el aprendizaje significativo por descubrimiento. Al utilizar la tecnología de impresión 3D, los estudiantes se involucran en la manipulación de objetos tridimensionales y en la creación de modelos físicos relacionados con el diseño estructural de cimentaciones. Brindando la oportunidad de explorar, experimentar y descubrir de manera activa los principios y conceptos teóricos involucrados en esta asignatura.

Al construir sus propios modelos y observar las conexiones entre los conceptos teóricos y su representación física, los estudiantes desarrollan una comprensión más profunda y significativa de

los temas abordados. Este enfoque promueve la construcción de conocimiento en lugar de simplemente recibir información de forma pasiva, lo que facilita una mayor retención y transferencia de conocimientos.

### **2.2.3 Aprendizaje Experiencial**

El aprendizaje experiencial es un enfoque educativo que se basa en la idea de que el aprendizaje se produce de manera más efectiva cuando los estudiantes participan activamente en experiencias prácticas y significativas. En este enfoque, los estudiantes no solo adquieren conocimientos teóricos, sino que también aplican esos conocimientos en situaciones reales, reflexionan sobre sus experiencias y extraen lecciones de aprendizaje a partir de ellas (Kolb, D., 2014).

Este método de aprendizaje se centra en la idea de que la participación activa y la reflexión sobre la experiencia ayudan a los estudiantes a comprender y recordar mejor la información, a desarrollar habilidades prácticas y a fomentar un aprendizaje más duradero. El aprendizaje experiencial a menudo involucra actividades como proyectos, trabajo en equipo, pasantías, simulaciones, prácticas en el campo, resolución de problemas reales y la aplicación de conceptos teóricos en situaciones prácticas (Moon, J., 2013).

En el contexto del proyecto de investigación, el aprendizaje experiencial es relevante ya que la impresión 3D es una tecnología que se presta naturalmente a experiencias prácticas y a la aplicación de conceptos teóricos en proyectos reales. Los estudiantes pueden diseñar, imprimir y evaluar físicamente estructuras y elementos de ingeniería civil, por lo que no solo adquieren conocimientos teóricos sobre el diseño de cimentaciones, sino que también ganan experiencia práctica al trabajar con la tecnología de impresión 3D. Esto fortalece su comprensión de los conceptos y su capacidad para aplicarlos en situaciones reales, lo que es esencial en la formación de ingenieros civiles (Prince, M., 2004).

## **2.2.4 Aprendizaje Basado en Proyectos**

El aprendizaje basado en proyectos (ABP) es una metodología educativa que involucra a los estudiantes en la realización de proyectos prácticos y significativos para abordar problemas o desafíos del mundo real. En el ABP, los estudiantes trabajan de manera colaborativa, investigan, planifican, diseñan y ejecutan proyectos que les permiten aplicar los conocimientos teóricos en un contexto concreto (Dias & Brantley-Dias, 2017).

El ABP se relaciona de manera directa con el proyecto ya que se integra la tecnología de impresión 3D en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Se promueve la participación activa de los estudiantes, se fomenta el pensamiento crítico, la resolución de problemas y el trabajo en equipo. Además, brinda la oportunidad de experimentar con la tecnología de impresión 3D y ver cómo sus diseños se materializan en objetos físicos. Esto ayuda a conectar el aprendizaje teórico con la aplicación práctica, lo que facilita una comprensión más profunda y significativa de los conceptos de diseño estructural de cimentaciones (Kokotsaki et al., 2016).

## **2.2.5 Design Thinking**

El Design Thinking es un enfoque de resolución de problemas y desarrollo de proyectos centrado en la empatía, la colaboración, la creatividad y la iteración. Se basa en la idea de que para abordar desafíos complejos y diseñar soluciones efectivas, es fundamental comprender profundamente las necesidades y perspectivas de los usuarios, así como experimentar y aprender a través de múltiples iteraciones del proceso de diseño (Brown, T., 2008).

El proceso de Design Thinking generalmente sigue una serie de etapas que incluyen la definición del problema, la investigación y empatía con los usuarios, la generación de ideas, la prototipación, la prueba y la iteración continua. A lo largo de este proceso, se fomenta la colaboración entre miembros del equipo multidisciplinario y se promueve la creatividad, lo que a menudo lleva a soluciones innovadoras y centradas en el usuario (Meinel, C., Leifer, L., & Plattner, H., 2011).

### **2.2.6 STEM**

STEM es un acrónimo en inglés que se refiere a las disciplinas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (Science, Technology, Engineering, Mathematics). El enfoque STEM promueve la integración de estas áreas del conocimiento, fomentando el aprendizaje interdisciplinario y la aplicación de habilidades y conceptos en contextos reales (Bybee, 2010).

El Consejo Nacional de Investigación de los Estados Unidos (2012) hace énfasis en que la integración del enfoque STEM permite que los estudiantes desarrollen habilidades interdisciplinarias, trabajen en equipos colaborativos y apliquen el pensamiento crítico y creativo en la resolución de problemas. Además, se alinea con las demandas actuales del mercado laboral, donde se valora la capacidad de integrar conocimientos y habilidades en diversas áreas para abordar desafíos complejos.

### **2.2.7 Impresión 3D**

El uso de la tecnología de impresión 3D en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la ingeniería civil involucra aspectos tecnológicos y de ingeniería, así como el manejo de conceptos matemáticos y científicos. De la misma manera, los estudiantes tienen la oportunidad de aplicar conocimientos matemáticos para el cálculo de cargas y dimensiones, conceptos científicos para comprender los principios físicos involucrados y habilidades de ingeniería para el diseño y la creación de modelos físicos utilizando la tecnología de impresión 3D (Sanders, 2008).

## **2.3. Marco Tecnológico**

En esta investigación, se integraron diversos recursos tecnológicos para facilitar tanto la implementación del proyecto como la recopilación y el análisis de datos. Estos recursos fueron fundamentales para la ejecución y evaluación de la propuesta educativa, cubriendo desde el modelado de cimentaciones en 3D hasta el análisis cualitativo de las respuestas de los estudiantes.

A continuación, se describe cada uno de los recursos tecnológicos utilizados y su relevancia en el proceso.

### **2.3.1 Notas de voz de Apple**

Se utilizaron las Notas de voz de Apple para grabar las entrevistas aplicadas a los estudiantes. Este recurso permitió una captura de audio de alta calidad, facilitando la recopilación precisa de las respuestas verbales de los alumnos sin la necesidad de tomar notas simultáneamente. La aplicación es fácil de usar y ofrece una función de almacenamiento segura para resguardar la información hasta el momento de su transcripción (Apple Inc., 2024).

### **2.3.2 Autodesk Fusion 360**

Autodesk Fusion 360 se empleó como herramienta de modelado 3D para diseñar las cimentaciones que realizaron los estudiantes en la experiencia de aprendizaje. Este software es ampliamente utilizado en el ámbito de la ingeniería por su capacidad para realizar modelados complejos con precisión (Autodesk Inc., 2024), permitiendo a los estudiantes visualizar y comprender las características estructurales de las cimentaciones en un entorno tridimensional antes de la impresión física.

### **2.3.3 Ultimaker Cura**

Una vez creados los modelos 3D en Autodesk Fusion 360, se utilizaró Ultimaker Cura para preparar los archivos necesarios para la impresión 3D. Ultimaker Cura es un programa de software gratuito que permite convertir los modelos 3D en capas y generar las instrucciones que las impresoras 3D



seguirán para construir los objetos (Ultimaker, 2024). Este software fue clave para optimizar los parámetros de impresión y garantizar la precisión en la reproducción de los modelos.

### **2.3.4 Google Forms**

Google Forms fue utilizado para aplicar los cuestionarios posteriores a la experiencia de aprendizaje, lo que permitió recopilar las respuestas de los estudiantes de manera organizada y eficiente. La plataforma facilitó la creación de encuestas personalizadas con distintos tipos de preguntas, como: opción múltiple, abiertas, etc. Además de generar automáticamente gráficos y estadísticas básicas que ayudaron en el análisis inicial de los datos (Google, 2024).

### **2.3.5 Microsoft Office Word**

Para la transcripción de las entrevistas realizadas a los estudiantes, se utilizó Microsoft Office Word. Este software fue esencial para convertir las grabaciones de las entrevistas en textos que luego se analizaron cualitativamente. Word permitió organizar y editar el contenido de manera eficaz (Microsoft Corporation, 2024), lo que facilitó la categorización de las respuestas y su posterior procesamiento en el software MAXQDA Pro Analytics.

### **2.3.6 MAXQDA Analytics Pro**

Finalmente, el análisis cualitativo de las entrevistas y los cuestionarios fue realizado con MAXQDA Analytics Pro. Este software es una herramienta especializada en la investigación cualitativa, que permite codificar, categorizar y analizar de forma exhaustiva grandes volúmenes de datos textuales (VERBI Software, 2024). En esta investigación, MAXQDA se utilizó para

identificar patrones y tendencias en las respuestas de los estudiantes, contribuyendo al análisis profundo de la experiencia educativa y las percepciones de los alumnos.

## **2.4. Marco legal**

El uso de los recursos tecnológicos en la investigación no solo debe ajustarse a las características técnicas de cada herramienta, sino también a las normativas legales que regulan su utilización en entornos educativos y de investigación. A continuación, se describen las normas, leyes, reglamentos o decretos aplicables a cada uno de los recursos tecnológicos empleados en la investigación.

### **2.4.1 Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares**

En esta Ley se establece que la recolección de datos personales mediante grabaciones de voz o cualquier plataforma debe ser realizada con el consentimiento informado de los individuos y resguardada con medidas adecuadas de protección (Diario Oficial de la Federación, 2010). Tanto para las entrevistas como para los cuestionarios se les indicó a los estudiantes que los instrumentos de recolección de datos utilizados eran para fines educativos y de investigación y se garantizaba la confidencialidad y seguridad de la información.

### **2.4.2 Autodesk Fusion 360 Licencia Educativa**

La licencia educativa de Autodesk Fusion 360 es otorgada para fines no comerciales y exclusivamente educativos. Las instituciones y los estudiantes que acceden a este software deben cumplir con los términos y condiciones que rigen el uso de la licencia, lo que implica no utilizar el

software para proyectos comerciales o de lucro (Autodesk Inc., 2024). Los estudiantes utilizaron su correo institucional para crear su usuario, de esta manera pudieron descargar el software e instalarlo para usarlo en la experiencia de aprendizaje.

### **2.4.3 Ultimaker Cura software gratuito y de código abierto**

Ultimaker Cura es un software gratuito y de código abierto, lo que implica que su uso está regulado por licencias de software libre (Free Software Foundation, 2023). Sin embargo, cualquier uso indebido del software, como la creación de modelos con fines comerciales sin las licencias correspondientes, puede estar sujeto a sanciones bajo las leyes de propiedad intelectual.

### **2.4.4 Términos de servicio de Microsoft**

Microsoft Office está sujeto a un contrato de licencia de usuario final (Microsoft Corporation, 2023) que regula su uso en entornos educativos. La recolección, almacenamiento y procesamiento de datos personales en Microsoft Office debe cumplir con las leyes de protección de datos aplicables.

### **2.4.5 MAXQDA Analytics Pro Licencia Educativa**

Se adquirió una licencia educativa para estudiante por dos años de MAXQDA Analytics Pro. Los términos de la licencia de usuario especifican que el software debe utilizarse únicamente con los fines establecidos en la licencia adquirida (VERBI Software, 2024).

## Capítulo III. Aplicación de la Metodología

### 3.1. Diseño de la investigación

La metodología seguida en este proyecto corresponde al tipo descriptiva, con un enfoque cualitativo. De acuerdo con Álvarez-Gayou (2003) la investigación cualitativa es ideal para estudiar el comportamiento humano ya que se consideran las interacciones entre personas lo que permite al investigador alcanzar un pretendido ideal de objetividad. En la investigación cualitativa se tiene como principio la búsqueda de la comprensión y no se enajena al investigador del objeto de estudio, sino que también se consideran los efectos que éste produce en la población a investigar.

Patton (2002) señala que los métodos cualitativos facilitan el estudio de los problemas permitiendo que se pueda profundizar y detallar en ellos. Adicional a esto, uno puede realizar su estudio sin estar limitado por valores predeterminados o categorías de análisis lo que se traduce en una mayor apertura para la experiencia.

Por su parte, Cresswell & Poth (2016) afirman que la metodología descriptiva es un enfoque de investigación que se centra en la descripción y análisis detallado de fenómenos, situaciones o eventos sin manipular variables. Este tipo de investigación busca comprender la naturaleza y características de un fenómeno, identificando patrones, relaciones y tendencias presentes.

Para brindar confiabilidad y validez a esta investigación se propone una triangulación metodológica de las siguientes tradiciones cualitativas: Etnografía educativa, Teoría de sistemas y Semiótica orientada a los lenguajes abstractos.

La etnografía es una tradición cualitativa en la que se busca describir la forma en la que vive el investigador y la forma en la que viven las personas que están siendo investigadas (Denzin, N., 1997). La etnografía educativa proporciona la reconstrucción de contextos culturales, actividades y creencias de los participantes en los escenarios educativos. El investigador debe ponerse en una

situación y en la disposición que le permitan observar las conductas dentro del contexto de sus escenarios y tratar de obtener las estructuras de significado que informan y testifican los comportamientos de los sujetos observados (Goetz y LeCompte, 1988).

En la teoría de sistemas la pregunta central a responder es cómo y por qué un sistema en su conjunto funciona como lo hace. Gharajedaghi y Ackoff (1985) recalcan la importancia de que un sistema debe estudiarse en su conjunto, no descomponerlo en partes ya que se perdería la esencia de sus características, de esta manera se logra el pensamiento sintético. Utilizando la teoría de sistemas se logra una mejor comprensión del mundo real debido a que se analizan desde un enfoque complejo viendo las cosas como entidades enteras incrustadas en un contexto y todavía totalidades más grandes (Patton, 2014)

La semiótica, también conocida como teoría general del lenguaje, es la ciencia que se encarga de estudiar las diferentes clases de signos comprendiendo su interpretación y uso de acuerdo con sus significados (Serrano , S., 1981). La semiótica orientada a lenguajes abstractos es una rama de la semiótica que se enfoca en el estudio de los signos y los sistemas de signos en contextos que involucran lenguajes o representaciones abstractas. Esta rama de la semiótica se aplica a diversos campos en los que se utilizan lenguajes abstractos, como la matemática, la lógica, la música, la arquitectura, el diseño gráfico, entre otros (Cobley, P., 2005). Se busca comprender cómo se construyen, comunican y se interpretan los significados en estos contextos abstractos, considerando los elementos simbólicos y los procesos cognitivos involucrados.

### **3.2. Población de estudio**

Esta investigación se aplicó a un grupo conformado por 16 estudiantes que cursaban la asignatura diseño estructural de cimentaciones de la licenciatura en ingeniería civil del Tecnológico Nacional de México Campus Villahermosa.

### **3.3. Instrumento para la recolección de datos**

El principal instrumento que se utilizó para la recolección de datos de esta investigación fue la observación participativa. Consiste en que el investigador se involucre directamente en el entorno o contexto que está siendo estudiado, participando en actividades y observando de manera activa y detallada los comportamientos, interacciones y eventos relevantes (Kawulich, 2005). A través de la observación participativa, se busca obtener una comprensión profunda de la situación o fenómeno estudiado desde la perspectiva de quienes lo experimentan.

Adicional a esta técnica, se utilizó la entrevista estructurada ya que se elaboraron preguntas predefinidas y estandarizadas. Se siguió un conjunto de preguntas previamente establecidas para garantizar consistencia y objetividad en las respuestas. Este método es útil para obtener información detallada y comparar respuestas de manera sistemática (Rubin & Rubin, 2011). Las entrevistas se realizaron cara y cara y se grabaron utilizando la aplicación móvil Notas de Voz de Apple.

De la misma manera, se recurrió al uso de cuestionarios para recolectar datos. Los cuestionarios son instrumentos estructurados que consisten en una serie de preguntas cerradas o abiertas (Gizzi & Rädiker, 2021). Se administran de manera estandarizada a una muestra de participantes con el fin de recopilar datos cuantitativos o cualitativos, dependiendo del diseño del cuestionario (Dillman, Smyth, & Christian, 2014). El cuestionario utilizado fue elaborado en la plataforma Google Forms.

Fowler Jr (2013) señala que esta triangulación de instrumentos para recolectar datos, la observación participativa, la entrevista estructurada, y los cuestionarios son herramientas valiosas en la investigación cualitativa, ya que permiten una inmersión profunda en el contexto de estudio y la obtención de datos enriquecidos con la perspectiva de los participantes. Estas técnicas proporcionan información cualitativa detallada y permiten capturar la complejidad y los matices de las experiencias y prácticas de los sujetos de estudio.

### 3.4. Creación de la entrevista estructurada

Para la creación de la entrevista estructurada se consideraron tres dimensiones: El diseño instruccional, la Fase Empatía en Design Thinking y el Contenido de la Asignatura Diseño Estructural de Cimentaciones. Una vez definidas las dimensiones se procedió a realizar la revisión bibliográfica pertinente que permitiera la formulación de los elementos a cuestionar. La entrevista estructurada se puede consultar en el Anexo A.

En la dimensión diseño instruccional se tomó como base el Modelo Instruccional de Situación Educativa (MISE) propuesto por Riyas (1993). Este modelo se caracteriza por proporcionar una guía para diseñar y desarrollar experiencias educativas de acuerdo con las dimensiones que influyen en el proceso de enseñanza – aprendizaje. Para este proyecto, se consideraron seis categorías de análisis, la cuáles se pueden visualizar en la tabla 2.

**Tabla 2.** *Categorías de Análisis de la Dimensión Diseño Instruccional.*

<b>Dimensión</b>	<b>Categorías</b>	<b>Definiciones</b>
<b>Diseño Instruccional</b>	Semestre cursado	Esta categoría se refiere al semestre en el que el estudiante estaba inscrito al momento de la entrevista.
	Colaboración	Esta categoría se refiere al desarrollo de actividades grupales o colaborativas durante las sesiones.
	Materiales, recursos y actividades	Esta categoría se refiere al manejo de diversos materiales, recursos y actividades por parte de los estudiantes durante las sesiones.
	Metodología de aprendizaje	Esta categoría se refiere a las actividades que fomentan un mejor aprendizaje a los estudiantes.
	Uso de herramientas y softwares	Esta categoría se refiere al uso de herramientas tecnológicas y softwares usados por los estudiantes durante las sesiones.
	Satisfacción con la experiencia de aprendizaje	Esta categoría se refiere a las percepciones de los estudiantes con respecto a su grado de satisfacción con la experiencia de aprendizaje en la asignatura.

La categoría semestre cursado es importante para el diseño instruccional porque el nivel del semestre en el que se encuentran los estudiantes influye en sus conocimientos previos y habilidades. Adaptar el diseño instruccional a este nivel permitió una mejor alineación con las capacidades y expectativas de los estudiantes en diferentes etapas de su formación.

Con respecto a la categoría de colaboración, esta es esencial en muchos entornos educativos ya que esta permite que se fomenten las habilidades sociales y de trabajo en equipo durante las sesiones.

La categoría materiales, recursos y actividades son componentes fundamentales del diseño instruccional. Evaluar estos aspectos permitió entender cómo se están utilizando para respaldar los objetivos de aprendizaje y si proporcionan una variedad de enfoques para abordar diferentes estilos de aprendizaje.

La metodología del aprendizaje utilizada puede afectar directamente la efectividad del aprendizaje. Por esta razón, en dicha categoría se recopiló información sobre cómo se están abordando los conceptos correspondientes a la asignatura y si se utilizan diversos métodos de enseñanza adaptados a las necesidades de los estudiantes.

El uso de softwares y herramientas en un entorno de aprendizaje es crucial para la formación integral de los estudiantes. Por lo que se evaluó el uso de estas tecnologías durante los procesos de enseñanza – aprendizaje y cómo estas contribuyen en la experiencia de los estudiantes.

La última categoría de la dimensión diseño instruccional corresponde a la satisfacción con la experiencia de aprendizaje por parte de los estudiantes, la cual es un indicador clave de la efectividad del diseño instruccional. Si los estudiantes están satisfechos con su experiencia de aprendizaje, es probable que estén más comprometidos y motivados, lo que puede tener un impacto positivo en su aprovechamiento académico.

En la relación a las preguntas de la dimensión Fase Empatía en Design Thinking se utilizó la plantilla de entrevistas cualitativas de la página Design Thinking en Español (<https://designthinking.es/entrevistas-cualitativas/>). Esta fase es muy importante para la metodología del Design Thinking ya que permite conocer a fondo las necesidades y perspectivas de los estudiantes, implica ponerse en el lugar de ellos, comprender sus experiencias, deseos y desafíos para obtener una visión profunda y significativa que guiará el proceso de diseño de la experiencia de aprendizaje. Para este proyecto, se consideraron seis categorías de análisis, la cuáles se pueden visualizar en la tabla 3.



**Tabla 3.** *Categorías de Análisis de la Dimensión Fase Empatía en Design Thinking.*

Dimensiones	Categorías	Definiciones
Fase Empatía en Design Thinking	Necesidades	Esta categoría se refiere a la identificación de las necesidades que los estudiantes tienen con respecto a la asignatura.
	Desafíos y obstáculos	Esta categoría se refiere a la identificación de los desafíos y obstáculos que los estudiantes presentan en relación a la asignatura.
	Motivaciones	Esta categoría se refiere a la identificación de las razones y motivos que impulsan a los estudiantes a cursar la asignatura.
	Expectativas previas	Esta categoría se refiere a la identificación de las expectativas que los estudiantes tienen antes de cursar la asignatura.
	Expectativas al finalizar	Esta categoría se refiere a la identificación de las expectativas que los estudiantes tienen al concluir la asignatura.
	Observaciones	Esta categoría se refiere a las observaciones y comentarios adicionales que los estudiantes expresen en relación con la asignatura.

En la categoría necesidades se buscó comprender las necesidades de los estudiantes para diseñar soluciones que abordaran la problemática central. Se identificaron estas necesidades que proporcionaron la base sólida para el diseño instruccional.

Al identificar los desafíos y obstáculos que enfrentaban los estudiantes en la categoría desafíos y obstáculos se obtuvo información valiosa para que las soluciones propuestas superaran estas barreras y mejoraran la experiencia de aprendizaje por parte de los estudiantes.

De la misma manera, en la categoría motivaciones se comprendieron cuáles son las mayores motivaciones que los estudiantes presentan que les permiten afrontar dificultades y seguir avanzando en su formación académica, alineándose con su metas y objetivos personales.

Conocer las expectativas previas que los estudiantes tenían antes de cursar la asignatura permitió que el diseño instruccional estuviera alineado con esas expectativas para evitar posibles decepciones y se mejorara la aceptación de la propuesta abordada en este proyecto.

Comprender las expectativas de los estudiantes al finalizar la asignatura la interacción con un producto o servicio ayuda a diseñar experiencias completas y satisfactorias desde el principio hasta el final, creando una experiencia de usuario integral.

La observación directa de los usuarios en sus entornos naturales proporciona información no filtrada y revela comportamientos y necesidades que pueden pasar desapercibidos en otros métodos. Las observaciones enriquecen la comprensión de la realidad del usuario.

Por último, las preguntas de la dimensión Contenido de la Asignatura Diseño Estructural de Cimentaciones se formularon a partir de los conocimientos más importantes con los que los alumnos deben contar al estar cursando la asignatura. Se consideraron siete categorías de análisis, la cuáles se pueden visualizar en la tabla 4 (Angulo et al., 2023).

**Tabla 4.** *Categorías de Análisis de la Dimensión Conceptos de Diseño Estructural de Cimentaciones de Tipo Zapata.*

<b>Dimensiones</b>	<b>Categorías</b>	<b>Definiciones</b>
<b>Conceptos de Diseño Estructural de Cimentaciones de tipo zapata</b>	Aplicación de conceptos claves	Esta categoría hace referencia a la aplicación que realizan los estudiantes respecto a los conceptos claves del diseño estructural de cimentaciones.
	Definición de zapata	Esta categoría hace referencia a la definición que los estudiantes elaboran con respecto a una zapata.
	Factores clave para diseño de zapatas	Esta categoría hace referencia a la identificación de los diferentes factores clave que los estudiantes consideran para diseñar zapatas.
	Cálculo de capacidad de carga	Esta categoría hace referencia la importancia del cálculo de la capacidad de carga de una zapata.
	Elementos estructurales de una zapata	Esta categoría hace referencia a la identificación de los elementos estructurales de una zapata.
	Softwares o herramientas para diseñar zapatas	Esta categoría hace referencia al uso de softwares o herramientas que los estudiantes hayan utilizado para el diseño de zapatas.
	Experiencia práctica	Esta categoría hace referencia a experiencias prácticas previas que los estudiantes hayan tenido respecto a proyectos que involucren cimentaciones de tipo zapatas.

### **3.5. Estructuración del modelo ADDIE**

El modelo instruccional ADDIE diseñado por Smith & Ragan (2004) consta de cinco fases: Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación. A continuación, se explica la estructuración de cada una de las fases para este proyecto.

#### **3.5.1 Análisis**

En esta fase es crucial llevar a cabo un análisis minucioso de los estudiantes, del contenido y del entorno al diseñar un ambiente de aprendizaje. Este análisis implica evaluar las necesidades para identificar tanto el perfil de los estudiantes como las condiciones contextuales que podrían influir en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Morales-González et al., 2014).

Con las respuestas de las entrevistas aplicadas se recopiló suficiente información necesaria para adaptar el diseño instruccional que se adaptó a las necesidades y características de este proyecto. Se logró determinar que la mayoría de los estudiantes que participaron están cursando el noveno semestre de la licenciatura en ingeniería civil. Se identificó que sus preferencias de aprendizaje se enfocan en la resolución de ejercicios prácticos. Así mismo, la mayoría de los estudiantes señaló que la necesidad primordial en su formación es el uso de softwares y programas para diseño y modelado de estructuras, así como los desafíos y obstáculos percibidos en los cálculos. Además, se exploró la motivación intrínseca de los estudiantes, particularmente en relación con el contenido de la materia.

#### **3.5.2 Diseño**

En la fase de diseño, se utilizan los datos recabados en la fase de análisis. Se establecen los objetivos a alcanzar y se organizan las estrategias a utilizar (Pacheco, 2020).

Por esta razón, en este proyecto se estableció que el objetivo general era que los estudiantes diseñaran e imprimieran en 3D zapatas aisladas cuadradas, zapatas aisladas rectangulares y zapatas corridas con contratrabe, aplicando criterios de diseño estructural conforme a los reglamentos de construcción vigentes. Se planificaron siete sesiones de 60 minutos cada una, garantizando una distribución equitativa del tiempo para cada etapa del proyecto.

### 3.5.3 Desarrollo

El propósito de la fase desarrollo es generar y validar los recursos de aprendizaje, así como producir el material y distribuir las actividades de aprendizaje necesarias para implementar el programa instruccional de manera secuencial (Carrillo & Carlos, 2018).

La fase de desarrollo constó de siete sesiones progresivas:

- Sesión 1: Se presentó el problema a resolver, se formaron los equipos y se organizó el trabajo.
- Sesiones 2 y 3: Los estudiantes realizaron cálculos pertinentes al diseño estructural de las zapatas aisladas rectangulares.
- Sesiones 4 y 5: Los estudiantes crearon el modelo en 3D basado en los cálculos previos.
- Sesión 6: Se llevó a cabo la impresión del modelo 3D.
- Sesión 7: Los estudiantes presentaron los resultados obtenidos.

Estas sesiones se diseñaron para proporcionar una progresión lógica y estructurada en el desarrollo del proyecto, desde la comprensión del problema hasta la presentación de los resultados finales.

### **3.5.4 Implementación**

La fase de implementación es la puesta en marcha del ambiente de aprendizaje, aplicando la planeación y los recursos para revisar la efectividad y eficacia de los elementos propuestos (Garzón et al., 2019).

La implementación del proyecto se llevó a cabo durante el semestre de febrero a agosto de 2024. Durante las sesiones, se proporcionó retroalimentación continua sobre los avances presentados por los estudiantes. Se utilizó una rúbrica diseñada para evaluar el producto final, destacando el desempeño individual de cada estudiante. Esta fase permitió que se realizarán ajustes en tiempo real para optimizar la experiencia de aprendizaje.

### **3.5.5 Evaluación**

La fase de evaluación debe ocurrir a lo largo de todo el diseño instruccional, ya que mide la efectividad y la eficiencia de la instrucción (Sanz del Vecchio, 2019).

La fase de evaluación se centró en la identificación de áreas de oportunidad. Se recopilaron datos sobre el desempeño de los estudiantes, la efectividad del diseño instruccional aplicado y la calidad de los productos obtenidos. Estos datos proporcionaron información valiosa para futuras iteraciones y para la mejora continua del proceso de aprendizaje.

### **3.6. Creación del cuestionario**

Para la creación del cuestionario se tomó de referencia el modelo de evaluación de cuatro niveles de Kirkpatrick. Este modelo ha sido ampliamente utilizado para evaluar la efectividad del aprendizaje en distintos cursos. Los cuatro niveles que se evalúan son: Reacción, Aprendizaje, Comportamiento y Resultados (Kirkpatrick & Kirkpatrick, 2006). El cuestionario se puede consultar en el Anexo B.

En el nivel de reacción se busca cómo los participantes reaccionaron a la experiencia de aprendizaje, por tal motivo se les preguntó el grado de satisfacción que ellos tenían respecto al uso de la impresión 3D en la asignatura.

En el nivel de aprendizaje se busca qué conocimientos o habilidades adquirieron los participantes, así que se les preguntó conocimientos teóricos relacionados con las cimentaciones de tipo zapata.

En el nivel de comportamiento se busca cómo aplican lo aprendido en situaciones reales, en consecuencia, se les preguntó qué tan factible consideran ellos el uso de la impresión 3D en la ingeniería civil y qué aspectos de la impresión 3D les ayudaron en entender mejor los conceptos de la asignatura diseño estructural de cimentaciones.

Por último, en el nivel de resultados se evalúa el impacto final de la experiencia de aprendizaje, de manera que se les preguntó su grado de comprensión antes y después del uso de la impresión 3D, si consideraban que el uso de la impresión 3D facilitó su aprendizaje comparado con métodos tradicionales y se les pidió sugerencias para futuras implementaciones de esta metodología.

### **3.7. Creación del modelo de cimentación impreso en 3D**

La metodología para la realización del modelo impreso en 3D se consideraron cinco fases. La primera fase consistió en la definición del tema a tratar delimitándolo a cimentaciones de tipo superficiales que incluyen zapatas aisladas cuadradas, zapatas aisladas rectangulares y zapatas

corridas con contrarabe. Como segunda fase, se procedió a definir las propiedades físicas del modelo, considerando las dimensiones de los elementos estructurales basándose en las condiciones planteadas del problema a resolver.

Una vez definidas las dimensiones, se llevó a cabo la tercera fase modelando en 3D la cimentación con el programa Autodesk Fusion asegurándose que el modelo incluyera todas las características previamente definidas en la fase anterior. Ya que se tuvo el modelo en 3D, como cuarta fase se imprimió en una impresora 3D modelo Creality Ender 3 v2 Neo monitoreando que el proceso de impresión correspondiera a la calidad deseada. Para finalizar, la quinta fase correspondió a la verificación del modelo impreso comparándolo con los cálculos obtenidos de manera teórica para discutir las diferencias o similitudes encontradas.

### **3.8. Análisis de los Datos**

El software utilizado para el análisis de los datos recabados en la entrevista estructurada y en el cuestionario fue MAXQDA Analytics Pro. El uso de este programa se justifica por su amplia gama de funcionalidades, facilidad de uso, capacidad para gestionar grandes volúmenes de datos, flexibilidad en el análisis y soporte proporcionado. Estas características hacen de MAXQDA una herramienta valiosa para el análisis de datos cualitativos en investigaciones de diversa índole.

En este software se importaron cada una de las entrevistas y se fue realizando la codificación de ellas a partir de las categorías previamente señaladas para cada una de las dimensiones. Se determinaron las codificaciones con mayor frecuencia y se procedió a realizar la interpretación cualitativa de la entrevista y del cuestionario.

# Capítulo IV. Resultados y Discusión

## 4.1. Resultados

### 4.1.1 Interpretación de Entrevista Estructurada

Con base en el análisis cualitativo realizado en MAXQDA, se determinaron las categorías y subcategorías más importantes estadísticamente para esta investigación, las cuáles se pueden visualizar en la tabla 5.

**Tabla 5.** *Categorías y Subcategorías de Análisis Cualitativo en MAXQDA*

<b>Categorías</b>	<b>Subcategorías</b>
Semestre cursado	Noveno semestre
Materiales, recursos y actividades	Sí cuenta con acceso
Metodología de aprendizaje	Solución de ejercicios prácticos
Uso de herramientas y software	No usan softwares ni herramientas
Necesidades	Uso de programas
Desafíos y obstáculos	Los cálculos
Motivaciones	Contenido de la materia
Expectativas al finalizar	Adquisición de conocimientos
Aplicación de principios claves	No aplican los principios claves
Softwares o herramientas para diseñar zapatas	No ha usado software para diseñar

A continuación, se muestran las tres dimensiones analizadas con sus respectivas categorías y subcategorías, así como los resultados en cada una de ellas y las gráficas que representan los porcentajes obtenidos.

#### **Dimensión Diseño Instruccional.**

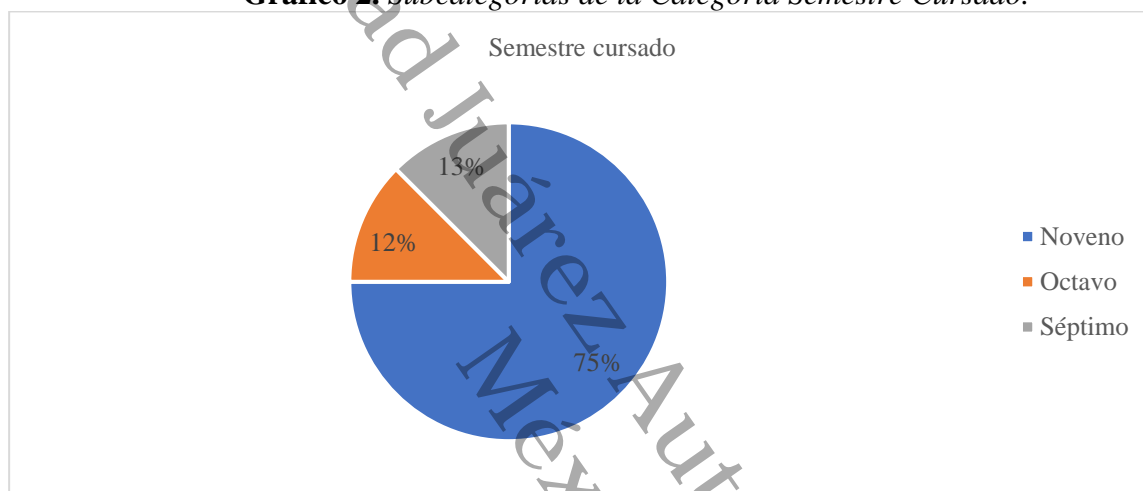
Esta dimensión hace referencia a los aspectos que se deben considerar en el diseño instruccional de la asignatura, tales como: el *semestre cursado*, actividades en las que se fomente la *colaboración*, la correcta planeación de los *materiales, recursos y actividades* a realizar, la importancia de la *metodología de aprendizaje*, el *uso de herramientas y softwares* durante el desarrollo de las clases y la evaluación de la *satisfacción de la experiencia de aprendizaje*.



### *Semestre cursado*

La categoría semestre cursado hace referencia al semestre que en ese entonces se encontraban cursando los estudiantes que participaron en la entrevista. Se identificaron tres diferentes subcategorías: Noveno semestre, Octavo semestre y Séptimo semestre. El porcentaje obtenido en cada una de ellas se visualiza en el gráfico 2.

**Gráfico 2.** Subcategorías de la Categoría Semestre Cursado.



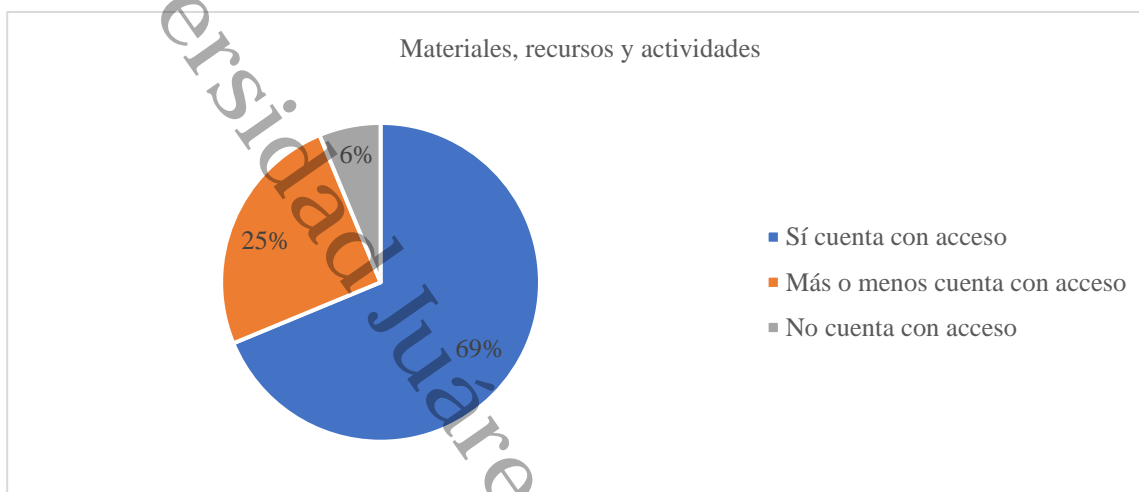
Se observa en el gráfico 2 que la mayoría de los estudiantes se encontraban cursando el noveno semestre de la carrera con un 75%. Seguidamente, aparecen los estudiantes que cursaban octavo y séptimo semestre con un porcentaje de 12% y 13% respectivamente.

### *Materiales, recursos y actividades.*

La categoría materiales, recursos y actividades hace referencia al uso de diversos materiales, recursos y actividades que los estudiantes utilizan durante las sesiones. En esta categoría se les preguntó a los estudiantes si ellos consideraban que contaban con acceso a recursos y materiales necesarios para el aprendizaje en esta asignatura. Se identificaron tres diferentes subcategorías: Sí

cuenta con acceso a materiales, Más o menos cuenta con acceso a materiales y No cuenta con acceso a materiales. El porcentaje obtenido en cada una de ellas se visualiza en el gráfico 3.

**Gráfico 3.** Subcategorías de la categoría Materiales, recursos y actividades.



Se observa en el gráfico 3 que la mayoría de los estudiantes indican que sí cuentan con acceso a materiales y recursos necesarios para la asignatura con un 69%. Un ejemplo de esta respuesta se tiene en la entrevista del Hombre 01 Párrafos 19 y 20: “E- ¿Sientes que tienes acceso a todos los recursos y materiales necesarios para el aprendizaje de esta materia? P - Um, sí, el maestro nos comparte la información que él trae y pues la escuela, pues nos brinda lo que es una biblioteca y pues podemos acceder a libros que ellos tienen.”

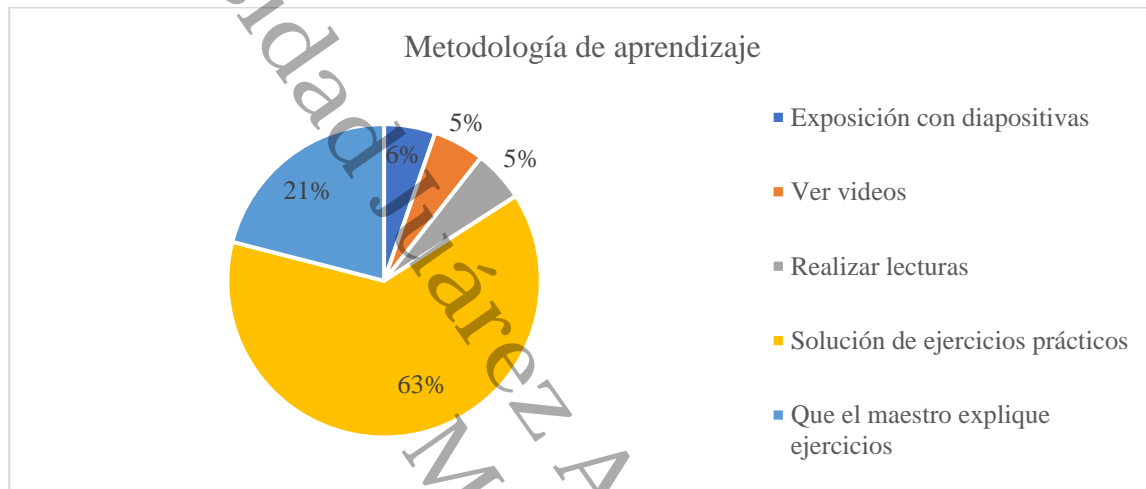
Seguidamente, se encuentran los estudiantes que consideran que más o menos tienen acceso a materiales y recursos necesarios para la asignatura con un 25% y sólo un estudiante con el 6% manifestó que no contaba con el acceso a los materiales y recursos necesarios para la asignatura.

#### *Metodología de aprendizaje*

La categoría metodología de aprendizaje hace referencia a las actividades que fomentan un mejor aprendizaje a los estudiantes. En esta categoría se les preguntó a los estudiantes cuáles actividades

les resultaban más efectivas en esta asignatura. Se identificaron cinco diferentes subcategorías: Exposición con diapositivas, Ver videos, Realizar lecturas, Solución de ejercicios prácticos y Que el maestro explique ejercicios. El porcentaje obtenido en cada una de ellas se visualiza en el gráfico 4

**Gráfico 4.** Subcategorías de la Categoría Metodología de aprendizaje.



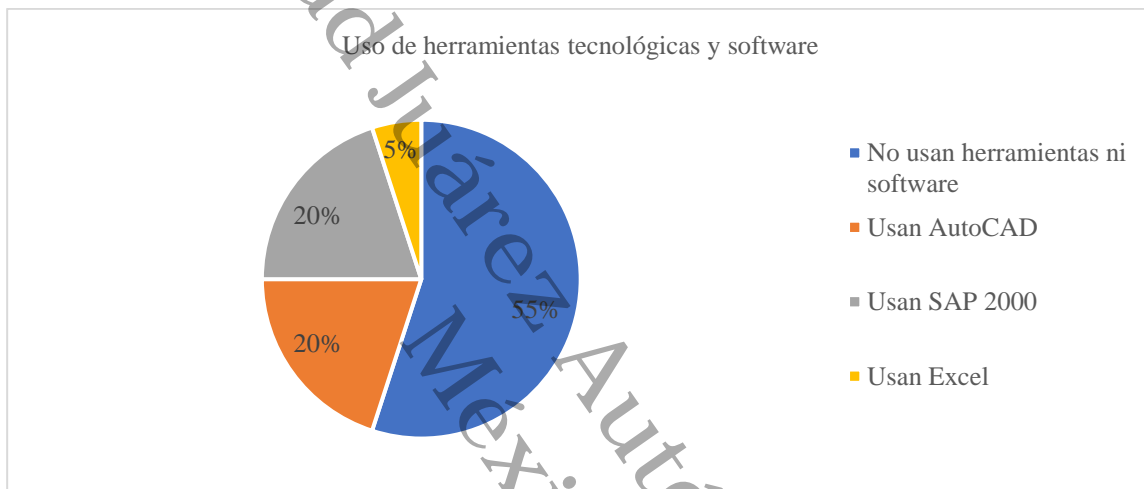
Se observa en el gráfico 4 que la mayoría de los estudiantes indican que la actividad que les resultaba más efectiva para el aprendizaje de esta asignatura era la solución de ejercicios prácticos con un 63%. Un ejemplo de esta respuesta se tiene en la entrevista del Hombre 08 Párrafos 9 y 10: “E- ¿Qué tipo de actividades de aprendizaje te resultan más efectivas en esta asignatura? P - Actividades prácticas como ponernos a resolver ejercicios.”

Seguidamente, se encuentran los estudiantes que consideran que la actividad que les resulta más efectiva para el aprendizaje era que el profesor explicara ejercicios con un 21%. Posteriormente un 6% indicó que la exposición con diapositivas les resultaba más efectivo para el aprendizaje y en último lugar se encuentran las actividades de ver videos y realizar lecturas con un 5% cada una.

### Uso de herramientas y software

La categoría uso de herramientas y software hace referencia al uso de herramientas tecnológicas y softwares que los estudiantes utilizan durante las sesiones de esta asignatura. Se identificaron cuatro diferentes subcategorías: No usan softwares ni herramientas, Usan AutoCAD, Usan Excel y Usan SAP 2000. El porcentaje obtenido en cada una de ellas se visualiza en el gráfico 5.

**Gráfico 5.** Subcategorías de la Categoría Uso de Herramientas y Software.



Se observa en el gráfico 5 que la mayoría de los estudiantes indican que no utilizan ningún software ni herramienta tecnológica en la asignatura con un 55%. Un ejemplo de esta respuesta se tiene en la entrevista de Mujer 01 Párrafos 9 y 10: “E- *Hablando del uso de software o de herramientas, ¿las utilizan en el diseño de cimentaciones?* P - *Bueno, hasta ahorita todavía no hemos utilizado como lo marcan el programa algún software, pero anteriormente como el diseño estructural, sí ya nos habían introducido algunas aplicaciones del software para los diseños de zapatas o Marcos de estructuras o marcos estructurales.*”

Seguidamente, se encuentran los estudiantes que indican que sí utilizan softwares como AutoCAD y SAP 2000 con un 20% cada uno. En último lugar se encuentra el uso de la herramienta tecnológica Excel con un 5%.

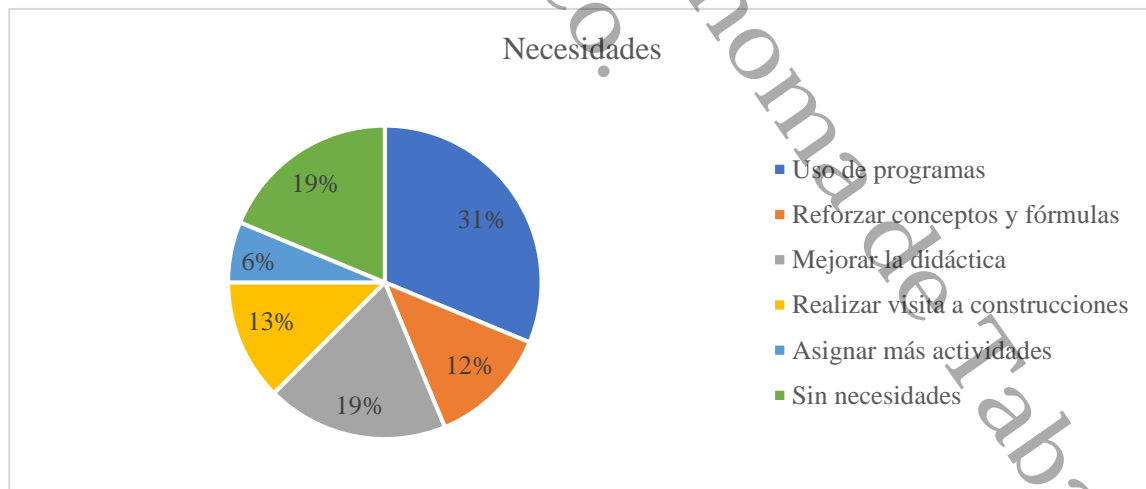
## Dimensión Empatía

Esta dimensión hace referencia a la fase empatía de la metodología “Design Thinking”, en la cual se deben considerar aspectos como: las *necesidades* que tienen los estudiantes, cuáles han sido los *desafíos y obstáculos* que han presentado, cuáles son sus *motivaciones*, que *expectativas previas* tenían antes de cursar la asignatura, *expectativas al finalizar* después de haber cursado la asignatura y conocer sus *observaciones* referentes a la asignatura.

### *Necesidades*

La categoría necesidades hace referencia a la identificación de las necesidades que presentan los estudiantes respecto a la asignatura. Se les preguntó si consideraban necesario alguna implementación específica para mejorar su proceso de aprendizaje. Se identificaron seis diferentes subcategorías: Uso de programas, reforzar conceptos y fórmulas, mejorar la didáctica, realizar visita a construcciones, asignar más actividades y sin necesidades. El porcentaje obtenido en cada una de ellas se visualiza en el gráfico 6.

**Gráfico 6.** *Subcategorías de la Categoría Necesidades.*



Se observa en el gráfico 6 que la mayoría de los estudiantes indican que su necesidad primordial es utilizar programas o softwares tecnológicos en la asignatura con un 31%. Un ejemplo de esta respuesta se tiene en la entrevista de Hombre 06 Párrafo 20 y 21: “E - ¿Qué necesidades crees que esta asignatura debería abordar para ayudarte a tener un mejor aprendizaje? P - Herramientas multimedia o herramientas tecnológicas más acordes a la materia.”

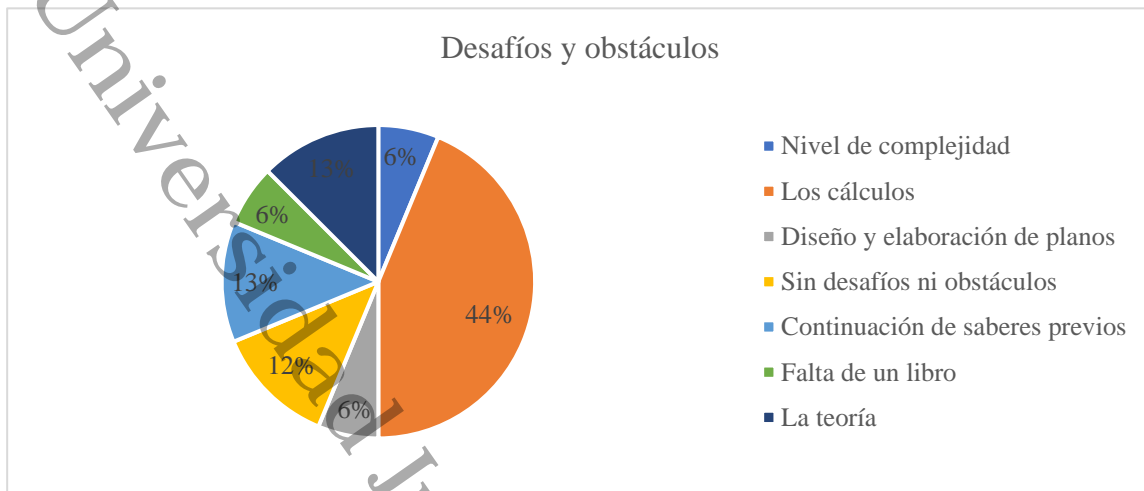
Seguidamente, aparecen los estudiantes que consideran necesario mejorar la didáctica por parte del profesor con un 19%. Con ese mismo porcentaje se encuentran los estudiantes que señalan que no tienen alguna necesidad en específico que se deba implementar para mejorar su aprendizaje.

Por otro lado, un 13% de los estudiantes señalaron la necesidad de realizar más visitas a construcciones para mejorar su aprendizaje. De igual manera, se encuentran los estudiantes que mencionaron que se deben reforzar los conceptos y las fórmulas vistas en clases con un 12%. Por último, tenemos la necesidad de asignar más actividades para mejorar el aprendizaje con un 6%.

### *Desafíos y obstáculos*

La categoría desafíos y obstáculos hace referencia a la identificación de los desafíos y obstáculos que presentan los estudiantes en torno a la asignatura. En esta categoría se les preguntó a los estudiantes que mencionaran los principales desafíos y obstáculos que enfrentaban durante el curso de la asignatura. Se identificaron siete diferentes subcategorías: El nivel de complejidad, los cálculos, el diseño y elaboración de planos, sin desafíos ni obstáculos, continuación de saberes previos, falta de un libro y la teoría. El porcentaje obtenido en cada una de ellas se visualiza en el gráfico 7.

**Gráfico 7.** Subcategorías de la Categoría Desafíos y Obstáculos.



Se observa en el gráfico 7 que la mayoría de los estudiantes indica que el mayor desafío y obstáculo al que se han enfrentado en la asignatura son los cálculos, con un 44%. Un ejemplo de esta respuesta se tiene en la entrevista de Mujer 04 Párrafos 8 y 9: “E - ¿Cuáles son los principales desafíos o dificultades que has enfrentado en esta asignatura hasta ahora? P - En cuestiones de, por ejemplo, en los cálculos que a veces hay condiciones que se tienen que tomar y como que ahí me confunde en momentos, pero todo lo demás lo normal.”

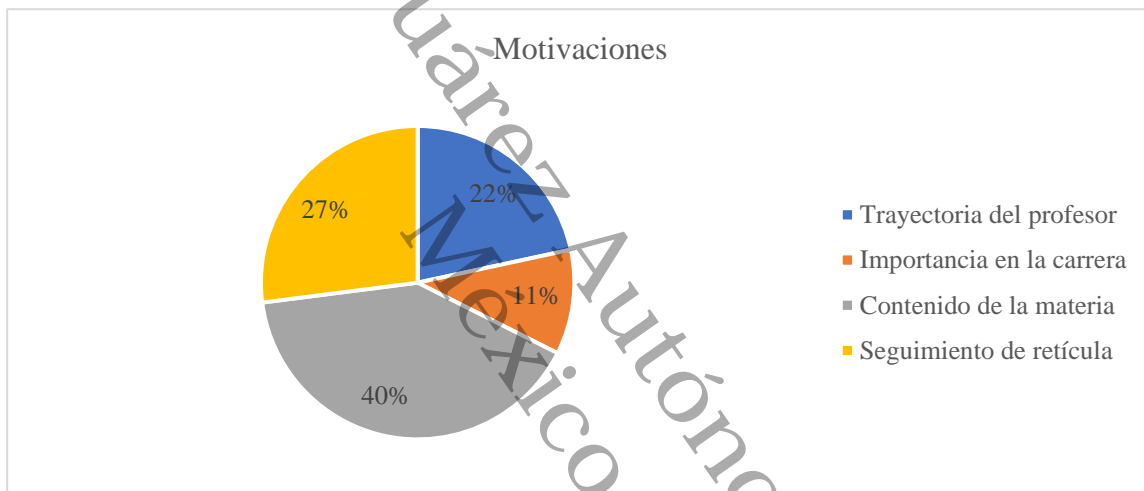
Seguidamente, se encuentran los estudiantes que mencionan que la continuación de saberes previos es lo que más se les ha dificultado con un 13%. Con el mismo porcentaje están los estudiantes que consideran como principal desafío y obstáculo la teoría. Un 12% de estudiantes indica que no se les ha presentado ningún desafío.

Por último, se encuentran los estudiantes que señalan como principales desafíos el nivel de complejidad, el diseño y elaboración de planos y la falta de un libro, cada subcategoría con un porcentaje de 6%.

## Motivaciones

La categoría motivaciones hace referencia a la identificación de las motivaciones que presentan los estudiantes al cursar la asignatura. En esta categoría se les preguntó a los estudiantes qué los motivó a inscribirse a esta asignatura, qué aspectos de la asignatura encontraban más motivadores y qué es lo que más les ha gustado. Se identificaron cuatro diferentes subcategorías: Trayectoria del profesor, Importancia de la asignatura en la carrera, el Contenido de la materia y por Seguimiento de retícula. El porcentaje obtenido en cada una de ellas se visualiza en el gráfico 8.

**Gráfico 8.** Subcategorías de la Categoría Motivaciones.



Se observa en el gráfico 8 que la mayoría de los estudiantes indican que la mayor motivación al cursar la asignatura es el contenido de la materia con un 40%. Un ejemplo de esta respuesta se tiene en la entrevista de Hombre 03 Párrafo 13: “E - ¿Qué aspectos de la asignatura encuentras más motivadores? ¿Qué te ha gustado más hasta el momento? P - De la asignatura, bueno, la parte de ver esa parte, bueno, yo no la había visto anteriormente en ninguna otra asignatura. La parte de cómo se define qué tipo de cimentación vas a utilizar, cómo son los aspectos a considerar o cómo eliges una cimentación, ¿No?, pero darle la forma como tal a esa cimentación y cómo va a funcionar y cómo se va a comportar, esa es una de las partes más buenas.”

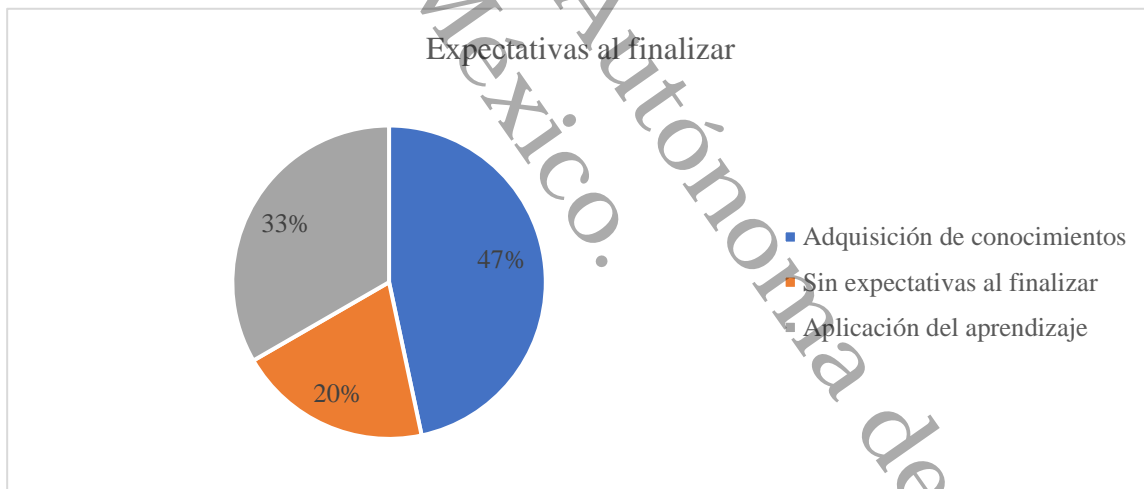


Seguidamente, se encuentran los estudiantes que revelan que su motivación por cursar la asignatura es por seguimiento de retícula con un 27%. Así mismo, se tienen estudiantes que comentan que la motivación de ellos hacia la asignatura se la acreditan a la trayectoria del profesor con un 22%. Por último, están los estudiantes que señalan que la importancia de la asignatura en la carrera es su mayor motivación, con un 11%.

### *Expectativas al finalizar*

La categoría expectativas al finalizar hace referencia a la identificación de las expectativas que presentan los estudiantes al finalizar la asignatura. Se les preguntó a los estudiantes si contaban con alguna expectativa de lo que les gustaría lograr al finalizar la asignatura. Se identificaron tres diferentes subcategorías: Adquisición de conocimientos, Sin expectativas al finalizar y Aplicación del aprendizaje. El porcentaje obtenido en cada una de ellas se visualiza en el gráfico 9.

**Gráfico 9.** Subcategorías de la Categoría Expectativas al Finalizar.



Se observa en el gráfico 9 que la mayoría de los estudiantes indican que su expectativa al finalizar la asignatura es adquirir los conocimientos que se marcan en el programa con un 47%. Un ejemplo de esta respuesta se tiene en la entrevista de Hombre 6 Párrafos 22 y 23: “E - ¿Tienes alguna expectativa específica de lo que te gustaría lograr al finalizar esta asignatura? P - Pues el dominio total de lo que es la materia diseño de cimentaciones.”

Seguidamente, se encuentran los estudiantes que su expectativa al finalizar la asignatura es aplicar el aprendizaje adquirido con un 33%. Posteriormente, están los estudiantes que no tenían alguna expectativa al finalizar la asignatura con un 20%.

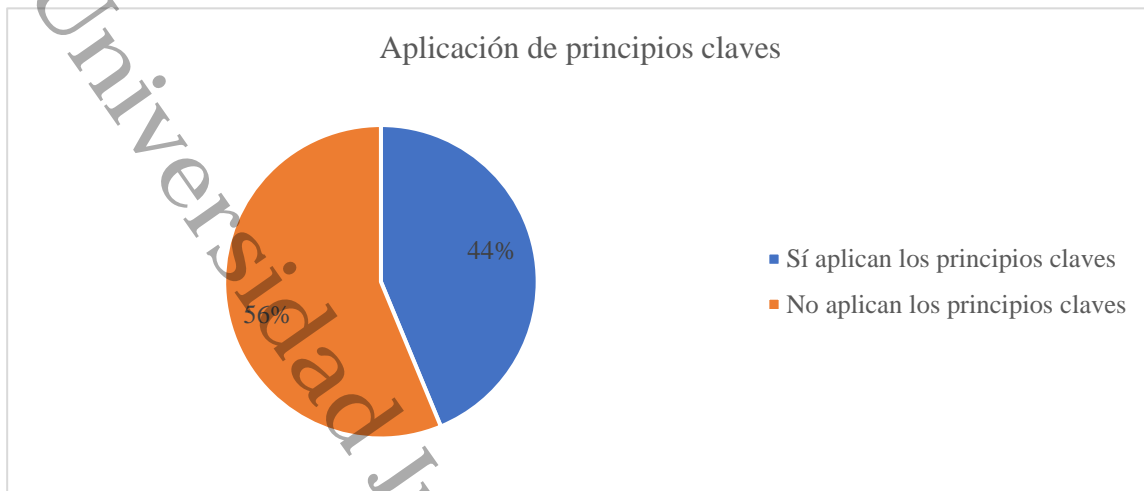
### **Dimensión Diseño estructural de cimentaciones**

Esta dimensión hace referencia a contenidos de la asignatura diseño estructural de cimentaciones, dentro de los cuales se encuentran: la *aplicación de principios claves* de la asignatura, la *definición de zapata*, los *factores claves para el diseño de zapatas*, la importancia del *cálculo de capacidad de carga* de una zapata, los *elementos estructurales* de una zapata, el *uso de softwares o herramientas para diseñar zapatas* y la *experiencia práctica*.

#### *Aplicación de principios claves*

La categoría aplicación de principios claves hace referencia a la aplicación que realizan los estudiantes respecto a los principios claves del diseño estructural de cimentaciones. Se les preguntó si durante las sesiones aplicaban los principios claves del diseño estructural de cimentaciones. Se identificaron dos diferentes subcategorías: Sí aplican los principios claves y No aplican los principios claves. El porcentaje obtenido en cada una de ellas se visualiza en el gráfico 10.

**Gráfico 10.** Subcategorías de la Categoría Aplicación de Principios Claves.



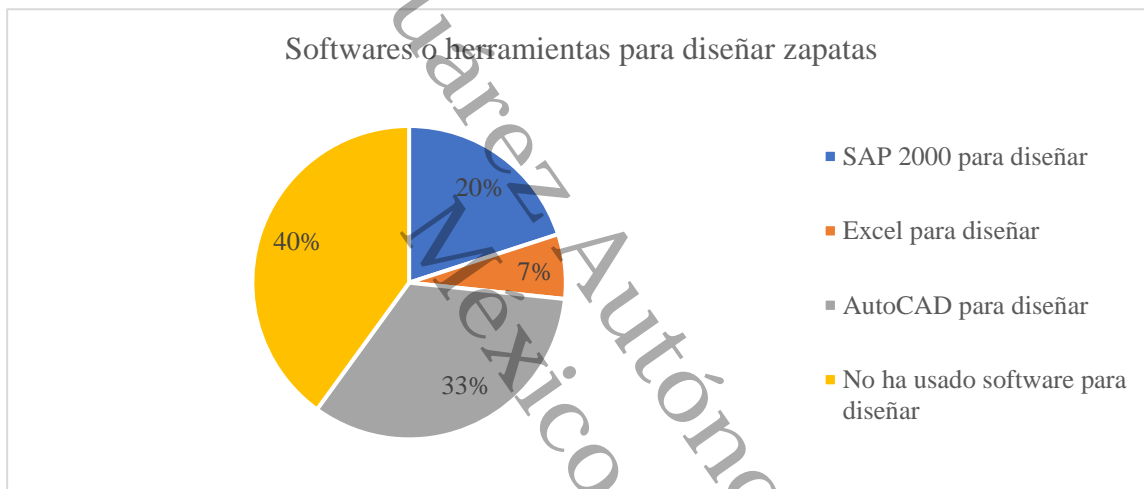
Se observa en el gráfico 10 que la mayoría de los estudiantes indican que no aplican los principios claves del diseño estructural de cimentaciones en situaciones prácticas con un 56%. Un ejemplo de esta respuesta se tiene en la entrevista de Mujer 01 Párrafos 7 y 8: *“E - Durante las sesiones, ¿aplicas los principios del diseño estructural de cimentaciones en situaciones prácticas o de situaciones apegadas a lo que se vive realmente en una construcción? P - Pues eso sí, es un problema, principalmente porque ahora sí que muchas clases se llevan solo teóricamente y a partir de ejercicios teóricos sin ponernos a la visualización de lo que es en el campo o la vida real, situaciones que se suelen presentar en el proceso. Así pues, normalmente no lo vemos, simplemente es el ejercicio desarrollarlo tal cual teóricamente nunca presenta esos problemas.”*

Seguidamente, aparecen los estudiantes que consideran que sí aplican los principios claves del diseño estructural de cimentaciones en situaciones prácticas con un 44%. Un ejemplo de esta respuesta se tiene en la entrevista de Hombre 1 Párrafo 5: *“E - Durante las sesiones, ¿aplicas los principios del diseño estructural de cimentaciones en situaciones prácticas o situaciones apegadas a lo que se vive en una construcción? P - En términos de prácticos, en este caso dentro de la materia, sí.”*

### *Softwares o herramientas para diseñar zapatas*

La categoría softwares o herramientas para diseñar zapatas hace referencia al uso de softwares o herramientas que los estudiantes hayan utilizado para el diseño de zapatas. Se les preguntó a los estudiantes si ya habían utilizado algún software o herramienta tecnológica para diseñar zapatas. Se identificaron cuatro diferentes subcategorías: SAP 2000 para diseñar, Excel para diseñar, AutoCAD para diseñar y No ha usado software para diseñar. El porcentaje obtenido en cada una de ellas se visualiza en el gráfico 11.

**Gráfico 11.** *Subcategorías de la Categoría Softwares o Herramientas para Diseñar Zapatas.*



Se observa en el gráfico 11 que la mayoría de los estudiantes indican que no han usado algún software o herramienta tecnológica para diseñar zapatas con un 40%. Un ejemplo de esta respuesta se tiene en la entrevista de Hombre 04 Párrafos 39 y 40: “E - ¿Qué software o herramienta has utilizado previamente para diseñar zapatas? P - Hasta el momento no he ocupado ninguna.”

Seguidamente, se encuentran los estudiantes que ya han utilizado el software AutoCAD para diseñar zapatas con un 33%. Posteriormente, están los estudiantes que anteriormente han utilizado el software SAP 2000 para diseñar zapatas con un 20%. Por último, sólo un estudiante mencionó que ha utilizado el software Excel para diseñar zapatas con un 7%.

### 4.1.2 Interpretación de Aprendizajes Alcanzados

Para lograr esta interpretación se requirió hacer un análisis profundo de los cuatro niveles de Kirkpatrick para identificar las áreas de oportunidad en los aprendizajes en el grupo de 16 estudiantes. Para este efecto se realizó un cuestionario de 10 preguntas. Con el fin de realizar un análisis cualitativo a los cuestionamientos al grupo de estudiantes, se utilizó en complemento la herramienta MAXQDA a fin de realizar un análisis cualitativo y una interpretación de los datos a partir de los datos arrojados de este análisis.

El cuestionario elaborado fue integrado en Google Forms para que posteriormente se exportaran los resultados a formato CSV para ser procesado por MAXQDA, seguidamente se procedió a realizar su análisis cualitativo y se determinaron las categorías y subcategorías más importantes estadísticamente para esta investigación. Siguiendo con el Modelo de Evaluación de Cuatro Niveles de Kirkpatrick (Kirkpatrick & Kirkpatrick, 2006), cada uno de los cuatro niveles corresponde a una dimensión y se utilizaron cuestionamientos que estuvieran acorde al nivel a evaluar.

#### Dimensión Nivel Reacción

En este nivel se les preguntó a los estudiantes el grado de satisfacción que ellos tenían respecto al uso de la impresión 3D en la asignatura. Para contestar a esta pregunta, los estudiantes tenían la opción de escoger: muy insatisfecho, insatisfecho, neutral, satisfecho o muy satisfecho. Esta información se puede visualizar en la tabla 6.

**Tabla 6.** *Subcategorías de la Categoría Grado de Satisfacción*

Grado de satisfacción		
Subcategorías	Frecuencia	Porcentaje
Muy satisfecho	10	62.5%
Satisfecho	6	37.5%
Neutral	0	0
Insatisfecho	0	0
Muy insatisfecho	0	0
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>100%</b>

Se observa en la tabla 6 que la mayoría de los estudiantes se encontraron muy satisfechos con el uso de la impresión 3D en la asignatura diseño estructural de cimentaciones con un 62.5%. Seguidamente, un porcentaje del 37.5% de los estudiantes señalaron que se encontraban satisfechos.

### **Dimensión Nivel Aprendizaje**

En este nivel se les preguntó a los estudiantes conocimientos teóricos acerca de las cimentaciones tipo zapata, de manera que se consideraron cuatro diferentes categorías: definición de cimentación tipo zapata, capacidad de carga de una zapata, elementos de cimentaciones tipo zapata y factores para el dimensionamiento de una zapata.

#### *Definición de cimentación tipo zapata*

En esta categoría, los estudiantes debían escoger entre cuatro opciones diferentes cuál era la definición correcta para una zapata, siendo las opciones: a) Una estructura que se utiliza para soportar techos y paredes de un edificio, b) Una base amplia y plana que distribuye la carga de una estructura sobre un área mayor del suelo, c) Un componente utilizado para conectar vigas de acero en estructuras industriales y d) un tipo de cimentación profunda que se utiliza en suelos de alta compresibilidad. Esta información se puede visualizar en la tabla 7.

**Tabla 7.** Subcategorías de la Categoría Definición de cimentación tipo zapata

<b>Definición de cimentación tipo zapata</b>		
<b>Subcategorías</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Opción a)</b>	0	0%
<b>Opción b)</b>	16	100%
<b>Opción c)</b>	0	0
<b>Opción d)</b>	0	0
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>100%</b>

Se observa en la tabla 7 que todos los estudiantes identificaron correctamente la definición de las cimentaciones tipo zapata.

### *Capacidad de carga de una zapata*

En esta categoría, los estudiantes debían escoger entre cuatro opciones diferentes cuál respuesta correspondía a las consecuencias de no diseñar una cimentación tipo zapata considerando su capacidad de carga, siendo las opciones: a) Aumento de la estabilidad estructural y una mayor vida útil del edificio, b) Mejor distribución de la carga en suelos rocosos, mejorando la seguridad del edificio, c) Reducción del costo de construcción sin afectar la seguridad estructural y d) Fallos estructurales como asentamientos excesivos o deslizamientos, lo que puede llevar al colapso del edificio. Esta información se puede visualizar en la tabla 8.

**Tabla 8.** *Subcategorías de la Categoría Capacidad de carga de una zapata*  
**Capacidad de carga de una zapata**

Subcategorías	Frecuencia	Porcentaje
Opción a)	0	0%
Opción b)	0	0%
Opción c)	0	0%
Opción d)	16	100%
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>100%</b>

Se observa en la tabla 8 que todos los estudiantes identificaron cuáles eran las consecuencias de no diseñar una cimentación considerando su capacidad de carga.

### *Elementos de cimentaciones tipo zapata*

En esta categoría, se les solicitó a los estudiantes seleccionar todos los elementos que se visualizaban en un modelo 3D de una zapata aislada rectangular. Se identificaron dos subcategorías, los que sí lograron identificar todos los elementos y aquellos que no identificaron todos los elementos. Esta información se puede visualizar en la tabla 9.

**Tabla 9.** *Subcategorías de la Categoría Elementos de cimentaciones tipo zapata*  
**Elementos de cimentaciones tipo zapata**

Subcategorías	Frecuencia	Porcentaje
Sí identifica	16	100%
No identifica	0	0%
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>100%</b>

Se observa en la tabla 9 que el 100% de los estudiantes identificaron todos los elementos que integran una cimentación tipo zapata, los cuáles incluyen: plantilla, dado de cimentación, acero de refuerzo y acero por temperatura.

#### *Factores para el dimensionamiento de una zapata*

En esta categoría, se les solicitó a los estudiantes seleccionar todos los factores que se deben considerar en el dimensionamiento de una zapata. Se identificaron dos subcategorías, los que sí lograron identificar todos los factores y aquellos que no identificaron todos los factores. Esta información se puede visualizar en la tabla 10.

**Tabla 10.** *Subcategorías de la Categoría Factores para el dimensionamiento de una zapata*  
Factores para el dimensionamiento de una zapata

Subcategorías	Frecuencia	Porcentaje
Sí identifica	13	81.25%
No identifica	3	18.75%
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>100%</b>

Se observa en la tabla 10 que el 81.25% de los estudiantes logró identificar todos los factores que se deben considerar para el dimensionamiento de una zapata, que incluye los siguientes cálculos: esfuerzo real del terreno vs. Esfuerzo de diseño del suelo, esfuerzo cortante por penetración vs. Esfuerzo resistente por penetración, porcentaje de acero por cortante y por flexión, momento resistente y esfuerzo cortante por viga ancha. Por otra parte, un 18.75% de los estudiantes no lograron identificar todos estos factores.

#### **Dimensión Nivel Comportamiento**

En este nivel se evaluaron dos categorías: El uso de la impresión 3D en otras asignaturas de ingeniería civil y los aspectos de la impresión 3D.



### Uso de la impresión 3D

En esta categoría, los estudiantes debían escoger si ellos recomendaban el uso de la impresión 3D en otras asignaturas de ingeniería civil. Podían elegir entre tres opciones diferentes, la cuales eran: Sí, No y No estoy seguro. Esta información se puede visualizar en la tabla 11.

**Tabla 11.** Subcategorías de la Categoría Uso de la impresión 3D  
Uso de la impresión 3D

Subcategorías	Frecuencia	Porcentaje
Sí	16	100%
No	0	0%
No estoy seguro	0	0%
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>100%</b>

Se observa en la tabla 11 que todos los estudiantes señalan que sí recomiendan el uso de la impresión 3D en otra asignatura de ingeniería civil.

### Aspectos de la impresión 3D

En esta categoría, los estudiantes debían escoger entre tres opciones diferentes qué aspecto de la impresión 3D les ayudaba a entender mejor los conceptos en la asignatura diseño estructural de cimentaciones. Las opciones eran: a) Visualización de modelos 3D, b) Interacción práctica con las maquetas y c) Comparación entre teoría y práctica. Esta información se puede visualizar en la tabla 12.

**Tabla 12.** Subcategorías de la Categoría Aspectos de la impresión 3D  
Aspectos de la impresión 3D

Subcategorías	Frecuencia	Porcentaje
Opción a)	8	50%
Opción b)	0	0%
Opción c)	8	50%
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>100%</b>

Se observa en la tabla 12 que el 50% de los estudiantes señalan que la visualización de modelos en 3D fue lo que les ayudó a entender mejor los conceptos de diseño estructural de cimentaciones. Así

mismo, el otro 50% de los estudiantes indican que fue la comparación teórica y práctica lo que les ayudó.

### **Dimensión Nivel Resultados**

En este nivel se evaluaron tres categorías: la impresión 3D vs. Métodos tradicionales, comprensión antes y después de la impresión 3D y sugerencias.

#### *Impresión 3D vs. Métodos tradicionales*

En esta categoría, se les preguntó a los estudiantes si ellos consideraban que el uso de la impresión 3D les facilitó su aprendizaje en comparación con los métodos tradicionales. Ellos podían seleccionar tres opciones: Sí, No y No estoy seguro. Esta información se puede visualizar en la tabla 13.

**Tabla 13.** *Subcategorías de la Categoría Impresión 3D vs. Métodos tradicionales*  
**Impresión 3D vs. Métodos tradicionales**

<b>Subcategorías</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Sí</b>	16	100%
<b>No</b>	0	0%
<b>No estoy seguro</b>	0	0
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>100%</b>

Se observa en la tabla 13 que todos los estudiantes señalan que el uso de la impresión 3D facilitó su aprendizaje en comparación con los métodos tradicionales.

#### *Comprensión antes y después de la impresión 3D*

En esta categoría, se les indicó a los estudiantes que autoevaluaran su comprensión de las zapatas antes y después de la experiencia de aprendizaje con impresión 3D. Los estudiantes podían escoger: Mucho peor, peor, Igual, Mejor y Mucho mejor. Esta información se puede visualizar en la tabla 14.

**Tabla 14.** Subcategorías de la Categoría Comprensión antes y después de la impresión 3D  
**Comprensión antes y después de la impresión 3D**

Subcategorías	Frecuencia	Porcentaje
<b>Mucho peor</b>	0	0%
<b>Peor</b>	0	0%
<b>Igual</b>	0	0%
<b>Mejor</b>	3	18.75%
<b>Mucho mejor</b>	13	81.25%
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>100%</b>

Se observa en la tabla 14 que un 81.25% de los estudiantes indicó que su comprensión de las cimentaciones tipo zapata es mucho mejor después de la experiencia de aprendizaje con impresión. El 18.75% restante, considera que su comprensión es mejor.

### *Sugerencias*

En esta categoría, se les indicó a los estudiantes que contestaran de manera breve alguna sugerencia para mejorar las futuras intervenciones de esta experiencia de aprendizaje. A continuación, se enlistan las respuestas que se consideró fueron las más significativas para esta investigación:

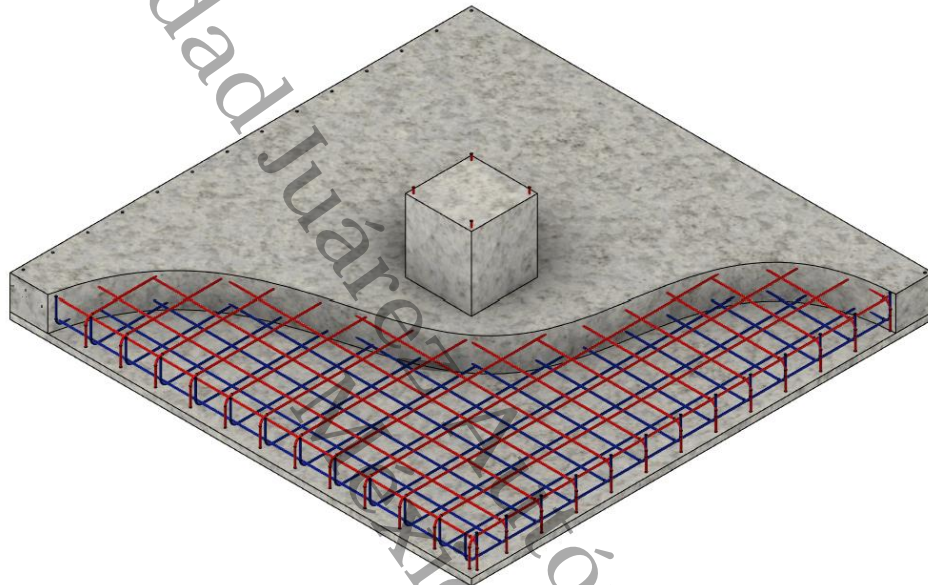
- “Corroborar que los estudiantes tienen conocimiento básico de informática y sitios a los cuáles acceder de forma gratuita al software”
- “Concientizar al alumno que la teoría es distinta a la práctica, aplicando modelos o bien, una propuesta y ver que su propuesta (teórica) se diseñe a la realidad (práctica) en el uso de softwares (en este caso dimensionamiento 3D); o bien implementar a los alumnos el razonamiento cognitivo”
- “Dar a conocer cómo instalar el software a utilizar (donde encontrarlo y cómo instalarlo)”
- “El modelado de la zapata bajo cargas reales”

### **4.1.3 Modelos impresos en 3D**

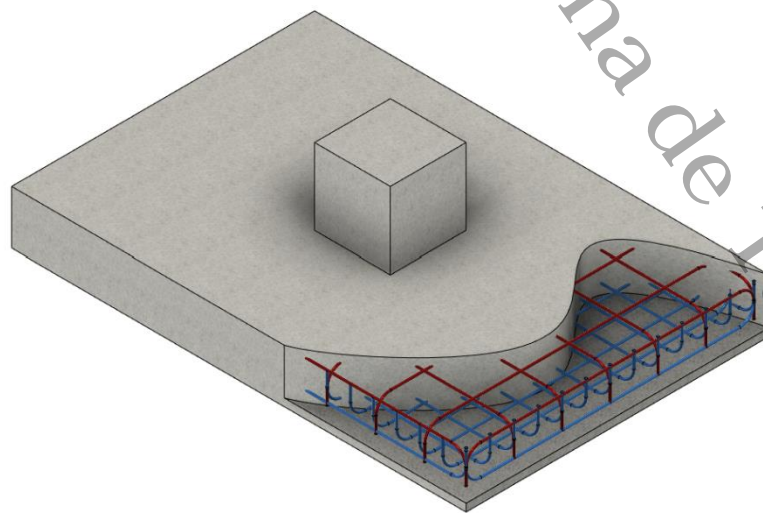
Los modelos impresos en 3D se evaluaron con los cálculos teóricos realizados. Se compararon las similitudes y las diferencias observadas entre el modelo físico y la predicción teórica. Se

imprimieron cuatro cimentaciones diferentes, una zapata aislada cuadrangular (ver gráfico 12), una zapata aislada rectangular (ver gráfico 13), y dos zapatas corridas con contratrabe, las cuales se pueden visualizar en las figuras 14 y 15 respectivamente. Los estudiantes tuvieron una experiencia de aprendizaje más profunda relacionando los cálculos estructurales de la cimentación y la ejecución práctica del modelo físico.

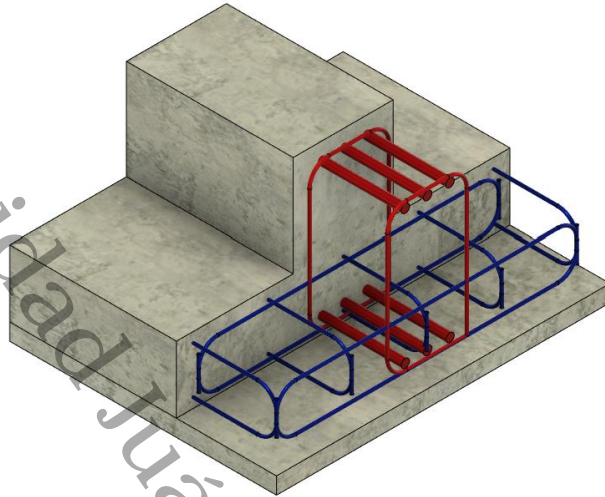
**Gráfico 12.** *Modelo en 3D de Cimentación Tipo Zapata Aislada Cuadrangular*



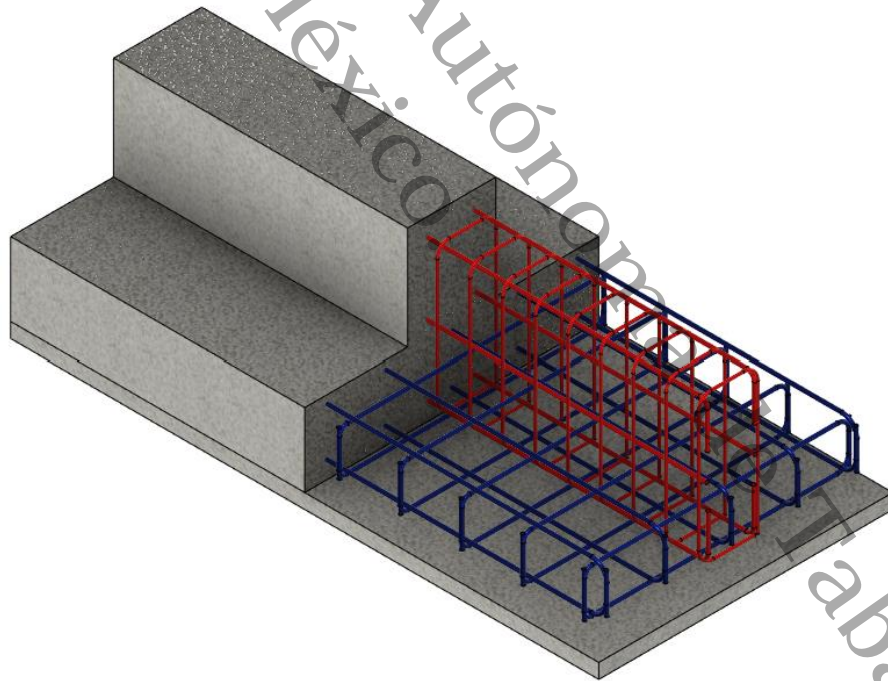
**Gráfico 13.** *Modelo en 3D de Cimentación Tipo Zapata Aislada Rectangular*



**Gráfico 14.** Modelo en 3D de Cimentación Tipo Zapata Corrida con Contratrabe



**Gráfico 15.** Modelo en 3D de Cimentación Tipo Zapata Corrida con Contratrabe



## 4.2. Discusión

El análisis abordado en los resultados revela información valiosa sobre la efectividad del uso de la impresión 3D como herramienta de aprendizaje en la asignatura de diseño estructural de cimentaciones. En general, se puede observar en los estudiantes un grado de motivación al realizar el trabajo de manera conjunta entre los estudiantes, donde se percibe una mejora significativa en su comprensión de los conceptos fundamentales, como también mostraron altos niveles de satisfacción con la metodología implementada.

La brecha que propicia la discusión es el nivel de apertura generalizable que pueda llegar a tenerse por parte de los docentes, ya que este tipo de inclusiones tecnológicas exige que los docentes tengan desarrolladas sus competencias digitales de manera sobresaliente para adaptar a cada situación de aprendizaje la inclusión tecnológica, la cual tendrá como fin destacado la motivación y el interés en el tema, lo cual tendrá como consecuencia la aplicación de fundamentos de manera natural.

La mayoría de los estudiantes 62.5% se mostraron muy satisfechos con el uso de la impresión 3D en el curso, mientras que el 37.5% indicó estar satisfecho (ver tabla 6). Ninguno expresó insatisfacción. Estos resultados coinciden con estudios previos que sugieren que la incorporación de tecnologías emergentes, como la impresión 3D, aumenta la motivación y la participación de los estudiantes en contextos de aprendizaje práctico. Por ejemplo, en un estudio realizado en una universidad de Noruega, se encontró que la impresión 3D no solo mejoraba la percepción del aprendizaje activo, sino que también promovía una mejor interacción en el aula (Drakoulaki, 2017). La ausencia de respuestas negativas indica que la implementación fue aceptada de manera uniforme, lo que puede ser un reflejo de una adecuada integración pedagógica de la tecnología.

El cuestionario reveló que todos los estudiantes identificaron correctamente la definición de una zapata (ver tabla 7), los factores asociados con su capacidad de carga (ver tabla 8) y los elementos estructurales clave (ver tabla 9). Estos resultados reflejan un sólido nivel de aprendizaje, particularmente en relación con conceptos teóricos fundamentales. Esto está se alinea con estudios previos que demuestran que el uso de modelos físicos, como los producidos por la impresión 3D, facilita la comprensión de conceptos abstractos (Sanders, 2008).

Sin embargo, en la categoría de factores para el dimensionamiento de una zapata (ver tabla 10), se observa que un 18.75% de los estudiantes no lograron identificar correctamente todos los factores. Esto sugiere que, aunque la mayoría de los estudiantes consolidó los conocimientos técnicos, algunos podrían requerir una mayor profundización en los detalles más complejos del diseño estructural. En algunos estudios se ha señalado que el aprendizaje mediante tecnología avanzada no siempre garantiza la completa asimilación de los contenidos más técnicos, lo que puede requerir un mayor acompañamiento del docente (Katsioloudis & Jones, 2018).

Todos los estudiantes recomendaron el uso de la impresión 3D en otras asignaturas de ingeniería civil (ver tabla 11), lo que indica que perciben el valor de esta herramienta más allá del contexto del curso actual. La impresión 3D fue particularmente útil en la visualización de modelos y la comparación entre teoría y práctica (ver tabla 12), con un 50% de los estudiantes valorando cada uno de estos aspectos. Esta distribución equitativa sugiere que tanto la dimensión visual como la aplicada de la impresión 3D son percibidas como igualmente útiles en la construcción del conocimiento.

Esto coincide con un estudio realizado en el Departamento de Ingeniería Civil y Arquitectura de la universidad Técnico Lisboa en Portugal (Sampaio et al., 2010), donde se observó que la visualización de modelos 3D no solo facilita el aprendizaje práctico, sino que también refuerza la capacidad del estudiante para comparar y conectar conceptos teóricos y prácticos en proyectos de ingeniería .

En cuanto a la comparación entre los métodos tradicionales y la impresión 3D, todos los estudiantes afirmaron que el uso de la impresión 3D facilitó su aprendizaje (ver tabla 13). Además, el 81.25% de los estudiantes reportó que su comprensión de las cimentaciones tipo zapata mejoró significativamente tras la implementación de la tecnología (ver tabla 14). Esto sugiere que el enfoque innovador no solo mejoró la percepción del aprendizaje, sino que también tuvo un impacto tangible en el nivel de conocimiento adquirido.

El hecho de que los estudiantes pudieran visualizar, manipular y producir sus propios modelos físicos de cimentaciones no solo mejoró su comprensión de los conceptos estructurales, sino que

también fomentó una conexión más profunda con el proceso de aprendizaje. La creación de un modelo tangible mediante la impresión 3D tiene un efecto significativo en el sentido de propiedad y responsabilidad sobre el proyecto. Los estudiantes no solo ven la representación gráfica en un software, sino que experimentan la materialización de su diseño teórico, lo que genera una mayor identificación con el resultado final.

Investigaciones como la desarrollada en el Departamento de Estructuras de Edificación e Ingeniería del Terreno en la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Sevilla, España, señalan que cuando los estudiantes se sienten personalmente conectados con el material de aprendizaje, tienden a involucrarse más y a obtener mejores resultados (Justo et al., 2022). En este caso, la impresión 3D no solo sirvió como una herramienta técnica, sino como un catalizador para aumentar la motivación, el sentido de responsabilidad y la capacidad de los estudiantes para asimilar el conocimiento de manera más profunda y significativa.



# Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones

## 5.1. Conclusiones

En conclusión, los resultados de esta investigación confirman la hipótesis planteada: "La integración de la impresión 3D en los procesos de enseñanza-aprendizaje mejorará la capacidad de los estudiantes de ingeniería civil para aplicar los fundamentos para el diseño de cimentaciones."

El análisis de los datos reveló que el 100% de los estudiantes fueron capaces de identificar correctamente los conceptos clave relacionados con las cimentaciones tipo zapata, como su definición, los elementos estructurales y los factores a considerar en su dimensionamiento. Además, un 81.25% de los estudiantes reportaron una mejora significativa en su comprensión de estos conceptos tras la implementación de la impresión 3D.

Por otro lado, el alto grado de satisfacción mostrado por los estudiantes (62.5% muy satisfechos y 37.5% satisfechos) sugiere que la metodología no solo fue eficaz en términos de adquisición de conocimientos, sino que también mejoró la experiencia educativa en general. Asimismo, la totalidad de los estudiantes (100%) recomendaron la incorporación de esta tecnología en otras asignaturas de la licenciatura en ingeniería civil, lo que refuerza la validez del enfoque.

Por lo tanto, se concluye que la integración de la impresión 3D no solo facilitó la comprensión teórica y práctica de los fundamentos del diseño de cimentaciones, sino que también incentivó una mayor motivación y sentido de pertenencia hacia el proceso de aprendizaje. Estos hallazgos son consistentes con investigaciones previas sobre el impacto positivo de las tecnologías emergentes en la educación técnica, confirmando el valor de la impresión 3D como una herramienta pedagógica eficaz en el campo de la ingeniería civil.

## 5.2. Recomendaciones

Se recomienda que para futuras implementaciones se tomen en cuenta las áreas de mejora, en base a las sugerencias proporcionadas por los estudiantes que participaron en esta experiencia de aprendizaje con impresión 3D. Las recomendaciones son las siguientes:

- Asegurar competencias básicas en informática e instrucciones claras sobre instalación y uso de software. Es fundamental verificar que los estudiantes posean conocimientos básicos de informática antes de comenzar la actividad. Esto incluye familiarizarlos con los sitios web o plataformas donde puedan descargar e instalar el software para el modelado en 3D. Se pueden utilizar guías, tutoriales en línea o sesiones prácticas en clase para garantizar que todos los estudiantes estén cómodos utilizando las herramientas digitales y que todos comiencen en igualdad de condiciones.
- Aplicación de cargas reales en los modelos 3D. Se sugiere incorporar actividades que incluyan el modelado de cimentaciones bajo condiciones de cargas reales. Esto permitirá a los estudiantes comprender mejor el comportamiento estructural y los factores que afectan el diseño de cimentaciones en la vida real. Incluir simulaciones de cargas en el software y su posterior comparación con el modelo físico impreso puede fortalecer el entendimiento práctico de los conceptos y mejorar la habilidad de los estudiantes para aplicar los principios de diseño estructural de manera más efectiva.

Estas recomendaciones buscan enriquecer la experiencia de aprendizaje y garantizar que la integración de la impresión 3D en el aula sea efectiva y significativa para los estudiantes.

## Referencias citadas

- Adams, S., M. Cummins, A. Davis, A. Freeman, C. Hall, and V. Ananthanarayanan. 2017. "Resumen Informe Horizon 2017: Educación Superior."
- Altuve, J. G. (2010). El pensamiento crítico y su inserción en la educación superior. *Actualidad Contable Faces*, 13(20), 5–18.
- Álvarez-Gayou, Juan Luis. 2003. "Cómo Hacer Investigación Cualitativa. Fundamentos y Metodología."
- Anastasiu, Livia, Alexandra Anastasiu, Mihaela Dumitran, Codruța Crizboi, Alexandra Holmaghi, and Maria Nicoleta Roman. 2017. "How to Align the University Curricula with the Market Demands by Developing Employability Skills in the Civil Engineering Sector." *Education Sciences* 7(3):74.
- Angulo, M., Corona, A., & Barroso, J. (2023). Diseño Instruccional para Ambiente de Aprendizaje Enriquecido con Impresión 3D para Diseño Estructural de Cimentaciones. *Investigación Aplicada, Un Enfoque En La Tecnología*, 16, 395–405. <https://doi.org/10.60968/iaet.3594-035X.728>
- Apple Inc. (2024). "Grabar con Notas de Voz en el iPhone". Recuperado de: <https://support.apple.com/es-mx/guide/iphone/iph4d2a39a3b/ios>
- Ausubel, D. (1983). Teoría del aprendizaje significativo. Fascículos de CEIF, 1(1–10), 1–10.
- Autodesk Inc. (2024). "Autodesk Fusion 360 para estudiantes y educadores". Recuperado de: <https://www.autodesk.com/mx/products/fusion-360/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>
- Autodesk Inc. (2023). "Legal". Recuperado de: <https://www.autodesk.com/company/legal-notices-trademarks>
- Beltran Pellicer, P., & Rodríguez Jaso, C. (2017). Modelado e impresión en 3D en la enseñanza de las matemáticas: un estudio exploratorio.
- Blázquez Tobías, Pedro J., Lara Orcos Palma, Jorge Mainz Salvador, and David Sáez Benito. (2018). "Propuesta Metodológica Para La Mejora Del Aprendizaje de Los Alumnos a Través de La Utilización de Las Impresoras 3D Como Recurso Educativo En El Aprendizaje Basado En Proyectos." *Psicología, Conocimiento y Sociedad* 8(1):139–66.
- Branch, R. M. (2009). *Instructional design: The ADDIE approach* (Vol. 722). Springer.
- Brown, T. (2008). Design thinking. *Harvard Business Review*, 86(6), 84.
- Bybee, R. W. (2010). What is STEM education? In *Science* (Vol. 329, Issue 5995, p. 996). American Association for the Advancement of Science.
- Bybee, R. W. (2013). The case for STEM education: Challenges and opportunities. *National*

*Science Teachers Association.*

- Capraro, R. M., Capraro, M. M., & Morgan, J. R. (2013). *STEM project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach*. Springer Science & Business Media.
- Carrillo, M. J., & Carlos, R. G. L. (2018). *Diseñando el aprendizaje desde el Modelo ADDIE*. Universidad de La Sabana.
- Cobley, P. (2005). *The Routledge companion to semiotics and linguistics*. Routledge.
- Council, N. R. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press.
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2016). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches*. Sage publications.
- de Thierry, Rocío Llarena. 1994. "La Evaluación de La Educación Superior En México." *Revista de La Educación Superior* 23.
- Diario Oficial de la Federación (2010). Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares. Recuperado de: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFPDPPP.pdf>
- Dias, M., & Brantley-Dias, L. (2017). Setting the standard for project based learning: a proven approach to rigorous classroom instruction. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 11(2).
- Dillman, D. A., Smyth, J. D., & Christian, L. M. (2014). *Internet, phone, mail, and mixed-mode surveys: The tailored design method*. John Wiley & Sons.
- Drakoulaki, A. (2017). *3D Printing as Learning Activity in Higher Education A case study in a robotics' prototyping course*.
- Forbes, A., Falloon, G., Stevenson, M., Hatzigianni, M., & Bower, M. (2023). An analysis of the nature of young students' STEM learning in 3D technology-enhanced makerspaces. In *Developing Culturally and Developmentally Appropriate Early STEM Learning Experiences* (pp. 172–187). Routledge.
- Fowler Jr, F. J. (2013). *Survey research methods*. Sage publications.
- Free Software Foundation (2023). "GNU General Public License". Recuperado de: <https://www.gnu.org/licenses/gpl-3.0.en.html>
- Gagné, R. M., Briggs, L. J., & Wager, W. W. (1992). *Principles of Instructional Design*. Harcourt Brace Jovanovich College Publishers. <https://books.google.es/books?id=OA0mAQAIAAJ>
- Garzón, I. D. S., Marín, D. P. M., & Franco, M. A. (2019). El diseño instruccional ADDIE en la Facultad de Ingeniería de UNIMINUTO. *HAMUT'AY*, 6(3), 126–137.
- Gizzi, M. C., & Rädiker, S. (2021). *The practice of qualitative data analysis: Research examples using MAXQDA*. BoD–Books on Demand.
- Google. (2024). "Google Forms: Herramienta gratuita para encuestas y formularios en línea".

Recuperado de: <https://www.google.com/forms/about/>

- González, A. (2018). *6 desafíos que enfrentarás al estudiar ingeniería civil*. <https://blogs.unitec.mx/vida-universitaria/desafios-que-tendras-al-estudiar-ingenieria-civil-en-la-universidad.smart.smart.smart.smart/>
- Justo, E., Delgado, A., Llorente-Cejudo, C., Aguilar, R., & Cabero-Almenara, J. (2022). The effectiveness of physical and virtual manipulatives on learning and motivation in structural engineering. *Journal of Engineering Education*, *111*(4), 813–851.
- Katsioloudis, P. J., & Jones, M. V. (2018). A Comparative Analysis of Holographic, 3D-Printed, and Computer-Generated Models: Implications for Engineering Technology Students' Spatial Visualization Ability. *Journal of Technology Education*, *29*(2), 36–53.
- Kawulich, B. B. (2005). Participant observation as a data collection method. *Forum Qualitative Sozialforschung/Forum: Qualitative Social Research*, *6*(2).
- Kirkpatrick, D., & Kirkpatrick, J. (2006). *Evaluating training programs: The four levels*. Berrett-Koehler Publishers.
- Kokotsaki, D., Menzies, V., & Wiggins, A. (2016). Project-based learning: A review of the literature. *Improving Schools*, *19*(3), 267–277.
- Kolb, D. A. (2014). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. FT press.
- Meinel, C., Leifer, L., & Plattner, H. (2011). *Design thinking: Understand-improve-apply*. Springer.
- Merrill, M. D. (2012). *First principles of instruction*. John Wiley & Sons.
- Microsoft Corporation. (2024). "Microsoft Word: Powerful word processing software". Recuperado de: <https://www.microsoft.com/microsoft-365/word>
- Microsoft Corporation (2023). "Términos de servicio de Microsoft". Recuperado de: <https://www.microsoft.com/en-us/servicesagreement>
- Moon, J. A. (2013). *A handbook of reflective and experiential learning: Theory and practice*. Routledge.
- Morales-González, B., Edel-Navarro, R., & Aguirre-Aguilar, G. (2014). Modelo ADDIE (análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación): Su aplicación en ambientes educativos. *Los Modelos Tecno-Educativos, Revolucionando El Aprendizaje Del Siglo XXI*, 33–46.
- Morrison, G. R., Ross, S. M., Kemp, J. E., & Kalman, H. (2010). *Designing Effective Instruction*. John Wiley & Sons. <https://books.google.es/books?id=yglbaCIN3KMC>
- Pacheco, L. T. (2020). Modelo Instruccional ADDIE. *Logos Boletín Científico de La Escuela Preparatoria No. 2*, *7*(14), 24–26.
- Parker, A., & McGill, D. (2016). Modular approach and innovations in an Engineering program design. In *Threshold concepts in practice* (pp. 177–193). Brill.
- Popescu, D., Popa, D. M., & Cotet, B. G. (2019). Preparando a los estudiantes para la Generación

- Z: consideraciones sobre el currículo de impresión 3D. *Propósitos y Representaciones*, 7(2), 240–254.
- Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223–231.
- Prince, M. J., & Felder, R. M. (2006). Inductive teaching and learning methods: Definitions, comparisons, and research bases. *Journal of Engineering Education*, 95(2), 123–138.
- Rivas, F. (1993). Modelo integrado de situación educativa (MISE): una aproximación desde la psicología de la instrucción. *Psicología, Mitopsicología y Postpsicología*, 293–338.
- Rubin, H. J., & Rubin, I. S. (2011). *Qualitative interviewing: The art of hearing data*. sage.
- Sampaio, A. Z., Ferreira, M. M., Rosário, D. P., & Martins, O. P. (2010). 3D and VR models in Civil Engineering education: Construction, rehabilitation and maintenance. *Automation in Construction*, 19(7), 819–828.
- Sanders, M. E. (2008). *Stem, stem education, stemmania*.
- Santamaría-Peña, J., Martínez-Cámara, E., Arancón-Pérez, D., Sanz-Adan, F., Rojo-Vea, S., Tarancón-Andrés, E., & Santamaría-Palacios, T. (2022). 3D Printing of 3D Terrain Maps to Improve the Teaching–Learning Processes of Terrain Modeling and Civil Engineering Works. *International Conference on The Digital Transformation in the Graphic Engineering*, 973–983.
- Sanz del Vecchio, A. E. (2019). *Implementación de diseño instruccional Addie para el desarrollo de una ambiente virtual de enseñanza*.
- Smith, K. A., Sheppard, S. D., Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2005). Pedagogies of engagement: Classroom-based practices. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 87–101.
- Smith, P. L., & Ragan, T. J. (2004). *Instructional design*. John Wiley & Sons.
- Swenty, B. J., & Swenty, M. K. (2018). The impact of EAC-ABET program criteria on civil engineering curricula. *2018 ASEE Annual Conference & Exposition*.
- UK Government. (2013). *New 3D printers to boost STEM and design teaching*. Retrieved 2022, June 12, from <https://www.gov.uk/government/news/new-3d-printers-to-boost-stem-and-design-teaching>
- Ultimaker. (2024). "Ultimaker Cura: Powerful, easy-to-use 3D printing software". Recuperado de: <https://ultimaker.com/software/ultimaker-cura>
- van Merriënboer, J. J. G. (2019). *El Modelo de los Cuatro Componentes de Diseño Instruccional*. [https://www.4cid.org/wp-content/uploads/2021/04/vanmerrienboer\\_4cid\\_el\\_modelo\\_de\\_los\\_cuatro\\_componentes\\_de\\_diseño\\_instruccional.pdf](https://www.4cid.org/wp-content/uploads/2021/04/vanmerrienboer_4cid_el_modelo_de_los_cuatro_componentes_de_diseño_instruccional.pdf)
- Vázquez Lizárraga, Rosa Isela. 2012. “¿Qué Ingenieros Necesita México?” *Innovación Educativa* (México, DF) 12(60):125–35.
- VERBI Software. (2024). "MAXQDA: Software de análisis de datos cualitativos". Recuperado de: <https://www.maxqda.com/es/>

VERBI Software. (2024). "MAXQDA: Terms & Conditions". Recuperado de: <https://www.maxqda.com/es/>

Zabalza Beraza, M. Á. (2002). *La enseñanza universitaria: el escenario y sus protagonistas* (Vol. 1). Narcea Ediciones.

Zambrano, Jimmy. 2016. "Aprendizaje Complejo En La Educación Superior Ecuatoriana/Complex Learning in Ecuadorian Higher Education." *Ciencia Unemi* 9(21):158–67.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

## Anexos

### Anexo A. Instrumento de recolección de datos: Entrevista Estructurada

Apreciado/a participante,

Gracias por participar en esta entrevista. Tus respuestas nos ayudarán a desarrollar un proyecto de investigación que tiene como objetivo mejorar el proceso de enseñanza – aprendizaje de la asignatura diseño estructural de cimentaciones. Se garantiza que esta entrevista está siendo grabada sólo para fines académicos y de investigación y que tus respuestas son totalmente anónimas.

1. Para empezar ¿qué semestre de la carrera estás cursando?
2. Hablando acerca del contenido de la materia, ¿Comprendes los conceptos claves relacionados con el diseño de cimentaciones?
3. Durante las sesiones ¿Aplicas los principios del diseño estructural de cimentaciones en situaciones prácticas o de situaciones apegadas a lo que se vive en una construcción?
4. ¿Utilizan software y herramientas relevantes en la materia diseño de cimentaciones?
5. ¿Qué tipo de actividades de aprendizaje te resultaron más efectivas en esta asignatura?
6. En una escala del uno al diez ¿cómo calificarías tu satisfacción con la experiencia de aprendizaje en esta asignatura?
7. ¿Qué te motivó a inscribirte en la asignatura "Diseño Estructural de Cimentaciones"?
8. ¿Qué expectativas tenías antes de tomar esta asignatura? ¿Qué esperabas aprender o lograr?
9. ¿Cuáles son los principales desafíos o dificultades que has enfrentado en esta asignatura hasta ahora?
10. ¿Te has sentido completamente cómodo con los materiales de estudio y las actividades propuestas en esta asignatura? Si no, ¿qué te ha resultado más complicado?
11. ¿Qué aspectos de la asignatura encuentras más motivadores? ¿Qué te ha gustado más hasta el momento?
12. ¿Qué necesidades crees que esta asignatura debería abordar para ayudarte a tener un mejor aprendizaje?



13. ¿Tienes alguna expectativa específica de lo que te gustaría lograr al finalizar esta asignatura?
14. ¿Cómo te sientes con respecto a la colaboración con tus compañeros de clase en proyectos o actividades grupales?
15. ¿Sientes que tienes acceso a los recursos y materiales necesarios para el aprendizaje en esta asignatura?
16. ¿Qué es una zapata en ingeniería civil?
17. ¿Cuáles son los factores clave que se deben considerar al diseñar una zapata?
18. ¿Cuál es la importancia de calcular la capacidad de carga de una zapata?
19. ¿Cuáles son los elementos estructurales con los que cuenta una zapata?
20. ¿Qué software o herramientas has utilizado previamente para el diseño de zapatas?
21. ¿Has participado en proyectos de ingeniería civil que involucraban el diseño de zapatas?
22. ¿Tienes algún comentario o información adicional que creas relevante para mejorar esta investigación que estamos realizando?

Gracias por participar en esta entrevista. Tus respuestas son muy valiosas para nuestra investigación.

## Anexo B. Instrumento de recolección de datos: Cuestionario

Apreciado/a participante.

Gracias por haber participado en esta investigación. El presente formulario tiene el objetivo de recabar la información referente a la experiencia de aprendizaje implementada en la asignatura diseño estructural de cimentaciones. Tus respuestas son muy valiosas para esta investigación. Te garantizamos que tus respuestas son anónimas y que sólo son para fines académicos y de investigación. Agradecemos tu participación

Sección conocimientos teóricos.

Las preguntas de esta sección tienen el objetivo de evaluar los conocimientos teóricos relacionados con las cimentaciones tipo zapata.

1. ¿Cuál de las siguientes opciones describe mejor una cimentación tipo zapata en ingeniería civil?
  - a. Una estructura que se utiliza para soportar techos y paredes de un edificio.
  - b. Una base amplia y plana que distribuye la carga de una estructura sobre un área mayor del suelo.
  - c. Un componente utilizado para conectar vigas de acero en estructuras industriales.
  - d. Un tipo de cimentación profunda que se utiliza en suelos de alta compresibilidad.
  
2. ¿Cuál de las siguientes opciones describe mejor las consecuencias de no diseñar una cimentación tipo zapata considerando su capacidad de carga?
  - a. Aumento de la estabilidad estructural y una mayor vida útil del edificio.
  - b. Fallos estructurales como asentamientos excesivos o deslizamientos, lo que puede llevar al colapso del edificio.

- c. Mejor distribución de la carga en suelos rocosos, mejorando la seguridad del edificio.
- d. Reducción del costo de construcción sin afectar la seguridad estructural.
3. Selecciona todos los elementos que conforman a la cimentación tipo zapata que se observan en el siguiente modelo.
- a. Apoyos
  - b. Terreno
  - c. Muros
  - d. Columnas
  - e. Acero por temperatura
  - f. Acero de refuerzo
  - g. Zapata
  - h. Dado de cimentación
  - i. Contratrabe
  - j. Plantilla
4. Selecciona todos los factores que se deben considerar para el dimensionamiento de una cimentación tipo zapata:
- a. Esfuerzo real del terreno vs. Esfuerzo de diseño del suelo
  - b. Esfuerzo cortante por penetración vs. Esfuerzo resistente por penetración
  - c. Porcentaje de acero por cortante y por flexión

- d. Cálculo de momento resistente
- e. Cálculo de esfuerzo cortante por viga ancha
- f. Cálculo de carga crítica
- g. Cálculo de excentricidad
- h. Cálculo de falla por pandeo
- i. Cálculo de flexión biaxial

#### Sección conocimientos teóricos

Las preguntas de esta sección tienen el objetivo de evaluar la experiencia de aprendizaje con la impresión 3D en la asignatura diseño estructural de cimentaciones.

1. ¿Cómo evaluarías tu comprensión de las zapatas antes y después de la implementación del proyecto con impresión 3D?
  - a. Mucho peor
  - b. Peor
  - c. Igual
  - d. Mejor
  - e. Mucho mejor
  
2. ¿Qué aspectos de la impresión 3D te ayudaron a entender mejor los conceptos de diseño estructural de cimentaciones? (Puedes seleccionar más de una opción)
  - a. Visualización de modelos 3D
  - b. Interacción práctica con las maquetas

- c. Comparación entre teoría y práctica
3. ¿Consideras que la utilización de la impresión 3D facilitó tu aprendizaje comparado con métodos tradicionales?
- a. Sí
  - b. No
  - c. No estoy seguro
4. ¿Qué tan satisfecho estás con la experiencia de aprendizaje usando impresión 3D en la asignatura de diseño estructural de cimentaciones?
- a. Muy insatisfecho
  - b. Insatisfecho
  - c. Neutral
  - d. Satisfecho
  - e. Muy satisfecho
5. ¿Recomendarías la utilización de impresión 3D en otras asignaturas de ingeniería civil?
- a. Sí
  - b. No
  - c. No estoy seguro
6. ¿Qué mejoras sugerirías para futuras implementaciones de esta metodología?

<b>Alojamiento de la Tesis en el Repositorio Institucional</b>	
<b>Título de Tesis:</b>	Diseño instruccional para un ambiente de aprendizaje enriquecido con impresión 3d en diseño estructural de cimentaciones.
<b>Autora de la Tesis:</b>	Mariana Angulo Jiménez
<b>ORCID:</b>	<a href="https://orcid.org/0009-0005-1959-339X">https://orcid.org/0009-0005-1959-339X</a>
<b>Resumen de la Tesis:</b>	<p>En la educación de la licenciatura en ingeniería civil, existe una brecha que dificulta que los estudiantes apliquen de manera innovadora sus conocimientos teóricos en situaciones reales. El uso de modelos 3D basados en cálculos matemáticos, junto con su materialización mediante la impresión 3D, podría reducir esta brecha. La integración de metodologías STEM, Design Thinking, Aprendizaje Basado en Proyectos, Aprendizaje Significativo y Experiencial, junto con tecnologías como la impresión 3D, en el Diseño Instruccional, ofrece una educación más completa y orientada a la práctica en la enseñanza de ingeniería civil. La presente investigación tiene como objetivo implementar un diseño instruccional para un ambiente de aprendizaje enriquecido con impresión 3D en la asignatura diseño estructural de cimentaciones en el Tecnológico Nacional de México Campus Villahermosa. Se llevó a cabo con un grupo de 16 estudiantes que se encontraban cursando dicha asignatura. Se siguió una metodología del tipo descriptiva cualitativa en la que se utilizaron como instrumentos de recolección de datos entrevistas y cuestionarios. Los datos recolectados fueron analizados utilizando el software MAXQDA Analytics Pro. Los resultados demuestran que los estudiantes reportaron una mejora significativa en su comprensión de los conceptos tras la implementación de la impresión 3D, además de que recomiendan la incorporación de esta tecnología en otras asignaturas de la licenciatura en ingeniería civil.</p>
<b>Palabras claves de la Tesis:</b>	Ambiente de aprendizaje, Diseño Instruccional, Impresión 3D, Ingeniería civil, STEM.
<b>Referencias citadas:</b>	<p>Adams, S., M. Cummins, A. Davis, A. Freeman, C. Hall, and V. Ananthanarayanan. 2017. "Resumen Informe Horizon 2017: Educación Superior."</p> <p>Altuve, J. G. (2010). El pensamiento crítico y su inserción en la educación superior. <i>Actualidad Contable Faces</i>, 13(20), 5–18.</p> <p>Álvarez-Gayou, Juan Luis. 2003. "Cómo Hacer Investigación Cualitativa. Fundamentos y Metodología."</p>

	<p>Anastasiu, Livia, Alexandra Anastasiu, Mihaela Dumitran, Codruța Crizboi, Alexandra Holmaghi, and Maria Nicoleta Roman. 2017. "How to Align the University Curricula with the Market Demands by Developing Employability Skills in the Civil Engineering Sector." <i>Education Sciences</i> 7(3):74.</p> <p>Angulo, M., Corona, A., &amp; Barroso, J. (2023). Diseño Instruccional para Ambiente de Aprendizaje Enriquecido con Impresión 3D para Diseño Estructural de Cimentaciones. <i>Investigación Aplicada, Un Enfoque En La Tecnología</i>, 16, 395–405. <a href="https://doi.org/10.60968/iaet.3594-035X.728">https://doi.org/10.60968/iaet.3594-035X.728</a></p> <p>Apple Inc. (2024). " Grabar con Notas de Voz en el iPhone". Recuperado de: <a href="https://support.apple.com/es-mx/guide/iphone/iph4d2a39a3b/ios">https://support.apple.com/es-mx/guide/iphone/iph4d2a39a3b/ios</a></p> <p>Ausubel, D. (1983). <i>Teoría del aprendizaje significativo</i>. Fascículos de CEIF, 1(1–10), 1–10.</p> <p>Autodesk Inc. (2024). "Autodesk Fusion 360 para estudiantes y educadores". Recuperado de: <a href="https://www.autodesk.com/mx/products/fusion-360/overview?term=1-YEAR&amp;tab=subscription">https://www.autodesk.com/mx/products/fusion-360/overview?term=1-YEAR&amp;tab=subscription</a></p> <p>Autodesk Inc. (2023). "Legal". Recuperado de: <a href="https://www.autodesk.com/company/legal-notice-trademarks">https://www.autodesk.com/company/legal-notice-trademarks</a></p> <p>Beltran Pellicer, P., &amp; Rodríguez Jaso, C. (2017). Modelado e impresión en 3D en la enseñanza de las matemáticas: un estudio exploratorio.</p> <p>Blázquez Tobías, Pedro J., Lara Orcos Palma, Jorge Mainz Salvador, and David Sáez Benito. (2018). "Propuesta Metodológica Para La Mejora Del Aprendizaje de Los Alumnos a Través de La Utilización de Las Impresoras 3D Como Recurso Educativo En El Aprendizaje Basado En Proyectos." <i>Psicología, Conocimiento y Sociedad</i> 8(1):139–66.</p> <p>Branch, R. M. (2009). <i>Instructional design: The ADDIE approach</i> (Vol. 722). Springer.</p> <p>Brown, T. (2008). Design thinking. <i>Harvard Business Review</i>, 86(6), 84.</p> <p>Bybee, R. W. (2010). What is STEM education? In <i>Science</i> (Vol. 329, Issue 5995, p. 996). American Association for the Advancement of Science.</p>
--	--

Bybee, R. W. (2013). The case for STEM education: Challenges and opportunities. National Science Teachers Association.

Capraro, R. M., Capraro, M. M., & Morgan, J. R. (2013). STEM project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach. Springer Science & Business Media.

Carrillo, M. J., & Carlos, R. G. L. (2018). Diseñando el aprendizaje desde el Modelo ADDIE. Universidad de La Sabana.

Cobley, P. (2005). The Routledge companion to semiotics and linguistics. Routledge.

Council, N. R. (2012). A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. National Academies Press.

Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2016). Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches. Sage publications.

de Thierry, Rocío Larena. 1994. "La Evaluación de La Educación Superior En México." Revista de La Educación Superior 23.

Diario Oficial de la Federación (2010). Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares. Recuperado de: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFPDPPP.pdf>

Dias, M., & Brantley-Dias, L. (2017). Setting the standard for project based learning: a proven approach to rigorous classroom instruction. Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning, 11(2).

Dillman, D. A., Smyth, J. D., & Christian, L. M. (2014). Internet, phone, mail, and mixed-mode surveys: The tailored design method. John Wiley & Sons.

Drakoulaki, A. (2017). 3D Printing as Learning Activity in Higher Education A case study in a robotics' prototyping course.

Forbes, A., Falloon, G., Stevenson, M., Hatzigianni, M., & Bower, M. (2023). An analysis of the nature of young students'



	<p>STEM learning in 3D technology-enhanced makerspaces. In <i>Developing Culturally and Developmentally Appropriate Early STEM Learning Experiences</i> (pp. 172–187). Routledge.</p> <p>Fowler Jr, F. J. (2013). <i>Survey research methods</i>. Sage publications.</p> <p>Free Software Foundation (2023). "GNU General Public License". Recuperado de: <a href="https://www.gnu.org/licenses/gpl-3.0.en.html">https://www.gnu.org/licenses/gpl-3.0.en.html</a></p> <p>Gagné, R. M., Briggs, L. J., &amp; Wager, W. W. (1992). <i>Principles of Instructional Design</i>. Harcourt Brace Jovanovich College Publishers. <a href="https://books.google.es/books?id=OA0mAQAAIAAJ">https://books.google.es/books?id=OA0mAQAAIAAJ</a></p> <p>Garzón, I. D. S., Marín, D. P. M., &amp; Franco, M. A. (2019). El diseño instruccional ADDIE en la Facultad de Ingeniería de UNIMINUTO. <i>HAMUT'AY</i>, 6(3), 126–137.</p> <p>Gizzi, M. C., &amp; Rädiker, S. (2021). <i>The practice of qualitative data analysis: Research examples using MAXQDA</i>. BoD–Books on Demand.</p> <p>Google. (2024). "Google Forms: Herramienta gratuita para encuestas y formularios en línea". Recuperado de: <a href="https://www.google.com/forms/about/">https://www.google.com/forms/about/</a></p> <p>González, A. (2018). 6 desafíos que enfrentarás al estudiar ingeniería civil. <a href="https://blogs.unitec.mx/vida-universitaria/desafios-que-tendras-al-estudiar-ingenieria-civil-en-la-universidad.smart.smart.smart.smart/">https://blogs.unitec.mx/vida-universitaria/desafios-que-tendras-al-estudiar-ingenieria-civil-en-la-universidad.smart.smart.smart.smart/</a></p> <p>Justo, E., Delgado, A., Llorente-Cejudo, C., Aguilar, R., &amp; Cabero-Almenara, J. (2022). The effectiveness of physical and virtual manipulatives on learning and motivation in structural engineering. <i>Journal of Engineering Education</i>, 111(4), 813–851.</p> <p>Katsioloudis, P. J., &amp; Jones, M. V. (2018). A Comparative Analysis of Holographic, 3D-Printed, and Computer-Generated Models: Implications for Engineering Technology Students' Spatial Visualization Ability. <i>Journal of Technology Education</i>, 29(2), 36–53.</p> <p>Kawulich, B. B. (2005). Participant observation as a data collection method. <i>Forum Qualitative Sozialforschung/Forum:</i></p>
--	--

	<p>Qualitative Social Research, 6(2).</p> <p>Kirkpatrick, D., &amp; Kirkpatrick, J. (2006). Evaluating training programs: The four levels. Berrett-Koehler Publishers.</p> <p>Kokotsaki, D., Menzies, V., &amp; Wiggins, A. (2016). Project-based learning: A review of the literature. <i>Improving Schools</i>, 19(3), 267–277.</p> <p>Kolb, D. A. (2014). <i>Experiential learning: Experience as the source of learning and development</i>. FT press.</p> <p>Meinel, C., Leifer, L., &amp; Plattner, H. (2011). <i>Design thinking: Understand-improve-apply</i>. Springer.</p> <p>Merrill, M. D. (2012). <i>First principles of instruction</i>. John Wiley &amp; Sons.</p> <p>Microsoft Corporation. (2024). "Microsoft Word: Powerful word processing software". Recuperado de: <a href="https://www.microsoft.com/microsoft-365/word">https://www.microsoft.com/microsoft-365/word</a></p> <p>Microsoft Corporation (2023). "Términos de servicio de Microsoft". Recuperado de: <a href="https://www.microsoft.com/en-us/servicesagreement">https://www.microsoft.com/en-us/servicesagreement</a></p> <p>Moon, J. A. (2013). <i>A handbook of reflective and experiential learning: Theory and practice</i>. Routledge.</p> <p>Morales-González, B., Edel-Navarro, R., &amp; Aguirre-Aguilar, G. (2014). Modelo ADDIE (análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación): Su aplicación en ambientes educativos. <i>Los Modelos Tecno-Educativos, Revolucionando El Aprendizaje Del Siglo XXI</i>, 33–46.</p> <p>Morrison, G. R., Ross, S. M., Kemp, J. E., &amp; Kalman, H. (2010). <i>Designing Effective Instruction</i>. John Wiley &amp; Sons. <a href="https://books.google.es/books?id=yglbaCIN3KMC">https://books.google.es/books?id=yglbaCIN3KMC</a></p> <p>Pacheco, L. T. (2020). Modelo Instruccional ADDIE. <i>Logos Boletín Científico de La Escuela Preparatoria No. 2</i>, 7(14), 24–26.</p> <p>Parker, A., &amp; McGill, D. (2016). Modular approach and innovations in an Engineering program design. In <i>Threshold concepts in practice</i> (pp. 177–193). Brill.</p>
--	---

	<p>Popescu, D., Popa, D. M., &amp; Cotet, B. G. (2019). Preparando a los estudiantes para la Generación Z: consideraciones sobre el currículo de impresión 3D. <i>Propósitos y Representaciones</i>, 7(2), 240–254.</p> <p>Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. <i>Journal of Engineering Education</i>, 93(3), 223–231.</p> <p>Prince, M. J., &amp; Felder, R. M. (2006). Inductive teaching and learning methods: Definitions, comparisons, and research bases. <i>Journal of Engineering Education</i>, 95(2), 123–138.</p> <p>Rivas, F. (1993). Modelo integrado de situación educativa (MISE): una aproximación desde la psicología de la instrucción. <i>Psicología, Mitopsicología y Postpsicología</i>, 293–338.</p> <p>Rubin, H. J., &amp; Rubin, I. S. (2011). <i>Qualitative interviewing: The art of hearing data</i>. sage.</p> <p>Sampaio, A. Z., Ferreira, M. M., Rosário, D. P., &amp; Martins, O. P. (2010). 3D and VR models in Civil Engineering education: Construction, rehabilitation and maintenance. <i>Automation in Construction</i>, 19(7), 819–828.</p> <p>Sanders, M. E. (2008). <i>Stem, stem education, stemmania</i>.</p> <p>Santamaría-Peña, J., Martínez-Cámara, E., Arancón-Pérez, D., Sanz-Adan, F., Rojo-Vea, S., Tarancón-Andrés, E., &amp; Santamaría-Palacios, T. (2022). 3D Printing of 3D Terrain Maps to Improve the Teaching–Learning Processes of Terrain Modeling and Civil Engineering Works. <i>International Conference on The Digital Transformation in the Graphic Engineering</i>, 973–983.</p> <p>Sanz del Vecchio, A. E. (2019). Implementación de diseño instruccional Addie para el desarrollo de una ambiente virtual de enseñanza.</p> <p>Smith, K. A., Sheppard, S. D., Johnson, D. W., &amp; Johnson, R. T. (2005). Pedagogies of engagement: Classroom-based practices. <i>Journal of Engineering Education</i>, 94(1), 87–101.</p> <p>Smith, P. L., &amp; Ragan, T. J. (2004). <i>Instructional design</i>. John Wiley &amp; Sons.</p> <p>Swenty, B. J., &amp; Swenty, M. K. (2018). The impact of EAC-</p>
--	--

	<p>ABET program criteria on civil engineering curricula. 2018 ASEE Annual Conference &amp; Exposition.</p> <p>UK Government. (2013). New 3D printers to boost STEM and design teaching. Retrieved 2022, June 12, from <a href="https://www.gov.uk/government/news/new-3d-printers-to-boost-stem-and-design-teaching">https://www.gov.uk/government/news/new-3d-printers-to-boost-stem-and-design-teaching</a></p> <p>Ultimaker. (2024). "Ultimaker Cura: Powerful, easy-to-use 3D printing software". Recuperado de: <a href="https://ultimaker.com/software/ultimaker-cura">https://ultimaker.com/software/ultimaker-cura</a></p> <p>van Merriënboer, J. J. G. (2019). El Modelo de los Cuatro Componentes de Diseño Instruccional. <a href="https://www.4cid.org/wp-content/uploads/2021/04/vanmerrienboer_4cid_el_modelo_de_los_cuatro_componentes_de_diseno_instruccional.pdf">https://www.4cid.org/wp-content/uploads/2021/04/vanmerrienboer_4cid_el_modelo_de_los_cuatro_componentes_de_diseno_instruccional.pdf</a></p> <p>Vázquez Lizárraga, Rosa Isela. 2012. "¿ Qué Ingenieros Necesita México?" Innovación Educativa (México, DF) 12(60):125–35.</p> <p>VERBI Software. (2024). "MAXQDA: Software de análisis de datos cualitativos". Recuperado de: <a href="https://www.maxqda.com/es/">https://www.maxqda.com/es/</a></p> <p>VERBI Software. (2024). "MAXQDA: Terms &amp; Conditions". Recuperado de: <a href="https://www.maxqda.com/es/">https://www.maxqda.com/es/</a></p> <p>Zabalza Beraza, M. Á. (2002). La enseñanza universitaria: el escenario y sus protagonistas (Vol. 1). Narcea Ediciones.</p> <p>Zambrano, Jimmy. 2016. "Aprendizaje Complejo En La Educación Superior Ecuatoriana/Complex Learning in Ecuadorian Higher Education." Ciencia Unemi 9(21):158–67.</p>
--	--