



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ZACATECAS
"Francisco García Salinas"
UNIDAD ACADÉMICA DE DOCENCIA SUPERIOR
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN Y DESARROLLO PROFESIONAL
DOCENTE

TESIS

**PROPUESTA PARA LA INTEGRACIÓN DE LA
METODOLOGÍA BIM EN EL PLAN DE ESTUDIOS DE LA
LICENCIATURA EN ARQUITECTURA DE LA UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DE ZACATECAS, MÉXICO**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN EDUCACIÓN Y DESARROLLO
PROFESIONAL DOCENTE**

PRESENTA:

Arq. José Hernández Esparza

Directora:

Dra. Josefina Rodríguez González

Zacatecas, Zac.; a 24 de noviembre del 2024

Resumen

El presente estudio analiza la creciente importancia de la metodología BIM (Building Information Modeling, su nomenclatura en inglés) en la industria de la construcción y la necesidad de formar profesionales capacitados en esta área. Se basa en un análisis de sus antecedentes, bases teóricas y experiencias nacionales e internacionales.

Considera criterios pedagógicos alineados al plan curricular existente y plantea estrategias de aprendizaje adecuadas al contexto socioeconómico de la Universidad Autónoma de Zacatecas. Como resultado, se propone la creación de una nueva asignatura que fomente el aprendizaje colaborativo, basado en proyectos, para formar arquitectos capaces de desarrollarse favorablemente en la práctica profesional.

Palabras clave: BIM, educación superior, arquitectura, plan de estudios, aprendizaje basado en proyectos.

Abstract

This study examines the growing significance of Building Information Modeling (BIM) in the construction industry and the imperative to educate professionals in this field. It is grounded in an analysis of BIM's historical development, theoretical foundations, and national and international experiences.

The study considers pedagogical criteria aligned with the existing curriculum and proposes learning strategies suitable for the socioeconomic context of the Autonomous University of Zacatecas. As a result, it advocates for the creation of a new course that promotes collaborative, project-based learning to equip architects with the skills necessary to excel in professional practice.

Keywords: BIM, higher education, architecture, curriculum, project-based learning.

Autorizaciones



SOMOS
ANTE CIENCIA Y
DESARROLLO
CULTURAL



Zacatecas, Zac. a 25 de noviembre de 2024

DRA. SAMANTA DECIRÉ BERNAL AYALA
Jefa del Departamento Escolar Central de la
Universidad Autónoma de Zacatecas "Francisco García Salinas"
Presente

Asunto: Liberación de Tesis

Después de haber asesorado la investigación y revisado cuidadosamente la Tesis cuyo título es "*Propuesta para la integración de la metodología BIM en el plan de estudios de la Licenciatura en Arquitectura de la UAZ*" del alumno Lic. *José Hernández Esparza* que presenta para obtener el grado académico de Maestro en Educación y Desarrollo Profesional Docente, me permito comunicarle que dicho trabajo cumple con los requisitos suficientes en contenido y forma que se exigen para este tipo de investigaciones, por lo cual, otorgo mi voto para que sea defendida en el Examen de Grado correspondiente.

Sin otro particular por el momento, me despido enviándole un cordial saludo.

ATENTAMENTE:

Dra. Josefina Rodríguez González
Docente Investigadora
de la Maestría en Educación y Desarrollo Profesional Docente

Agradecimientos Institucionales

El presente trabajo de investigación fue realizado gracias al apoyo económico de la Beca Nacional de Posgrado otorgada por el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT), durante el periodo del 1 de agosto del 2022 al 31 de julio de 2024. Mi agradecimiento a esta institución.

Agradezco de igual forma a la Universidad Autónoma de Zacatecas “Francisco García Salinas”, a través de la Unidad Académica de Docencia Superior y la Maestría en Educación y Desarrollo Profesional Docente, por la oportunidad de concluir mi formación de posgrado en el nivel de Maestría.

A mis docentes, lectores y en especial a mi Directora, la Dra. Josefina Rodríguez González, cuya guía, conocimiento y apoyo en distintas formas resultaron fundamentales para la realización de esta tesis, que se ha visto enriquecida gracias a sus sugerencias y consejos a lo largo de todo este proceso de crecimiento académico.

A la Licenciatura en Arquitectura de la Unidad Académica de Ingeniería I, especialmente al Dr. J. Arturo Villa Fernández, Responsable del Programa de Arquitectura (ARQUAZ), así como a su alumnado y docentes, por abrirme las puertas de la institución y facilitarme el acceso a los recursos necesarios, además de aportar su experiencia y conocimiento invaluable para la realización de este trabajo.

Guadalupe, Zacatecas, México; a 11 de octubre de 2024.

José Hernández Esparza.

Generación 2022-2024
MEDPD

Dedicatorias

A Cachetitos, por quien el sol sale cada día.

A mi familia, por su amor infinito, su paciencia inagotable y su apoyo constante en
cada paso que doy.

ÍNDICE

| | |
|--|-----|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO I. BIM EN ARQUITECTURA: FUNDAMENTOS Y PERSPECTIVAS EN LA EDUCACIÓN | 14 |
| 1.1 Fundamentos, evolución y alcance de la metodología BIM | 14 |
| 1.2 Adopción de la metodología BIM en el mundo | 23 |
| 1.3 Ventajas, desventajas y futuro de la metodología BIM | 27 |
| 1.4 La metodología BIM en la educación | 31 |
| 1.5 Incorporación de BIM en la formación de las y los arquitectos | 36 |
| CAPÍTULO II. METODOLOGÍA BIM EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR: EXPERIENCIAS GLOBALES Y CONSIDERACIONES PEDAGÓGICAS | 41 |
| 2.1 Metodología BIM en los planes de estudio | 42 |
| 2.2 Experiencias en universidades del mundo | 43 |
| 2.3 Experiencias en universidades en México..... | 45 |
| 2.4 Uso de Revit en la Educación | 48 |
| 2.5 Consideraciones pedagógicas para la aplicación de BIM..... | 49 |
| 2.5.1 Constructivismo | 50 |
| 2.5.1.1 Aprendizaje significativo | 54 |
| 2.5.1.2 Aprendizaje Activo | 56 |
| 2.5.1.3 Aprendizaje experiencial..... | 57 |
| 2.5.2 Metodologías activas de aprendizaje | 58 |
| 2.5.3 Aprendizaje basado en proyectos | 60 |
| 2.5.4 Evaluación desde la corriente constructivista..... | 63 |
| 2.5.5 TIC en el proceso de enseñanza | 66 |
| CAPÍTULO III. PROPUESTA DE INTEGRACIÓN CURRICULAR: INCORPORACIÓN DEL TALLER INTEGRAL BIM | 69 |
| 3.1 Descripción de la Licenciatura en Arquitectura de la UAZ | 69 |
| 3.2 Propuesta de integración con el plan de estudios existente | 73 |
| 3.3 Diseño de la materia propuesta “Taller Integral BIM” | 86 |
| 3.4 Estrategia para la integración gradual con el plan de estudios actual | 97 |
| CONCLUSIONES | 101 |
| REFERENCIAS | 106 |
| ANEXOS..... | 117 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--------------------------------------|----|
| Tabla 1. Valores ARQUAZ | 71 |
| Tabla 2. Datos generales | 88 |
| Tabla 3. Créditos..... | 88 |
| Tabla 4. Evaluaciones parciales..... | 95 |
| Tabla 5. Evaluación final | 95 |

ÍNDICE DE IMÁGENES

| | |
|--|----|
| Imagen 1. Dimensiones del BIM..... | 23 |
| Imagen 2. Aprendizaje significativo | 55 |
| Imagen 3. Ubicación de la Licenciatura en Arquitectura UAZ..... | 70 |
| Imagen 4. Estudios del Diseño y Edificio "F" de la Licenciatura en Arquitectura UAZ | 72 |
| Imagen 5. Plan de estudios ARQUAZ 2019 | 75 |
| Imagen 6. Integración de la asignatura "Taller Integral BIM" | 84 |

ÍNDICE DE GRÁFICAS

| | |
|---|----|
| Gráfica 1. Conocimiento de BIM..... | 77 |
| Gráfica 2. Uso de software BIM | 77 |
| Gráfica 3. Formación en BIM | 78 |
| Gráfica 4. Disciplinas en que se aplica BIM | 79 |
| Gráfica 5. Percepción del nivel de conocimiento en BIM..... | 79 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|--|-----|
| Anexo 1. Cronograma de sesiones..... | 117 |
| Anexo 2. Instrumento para evaluar estudiantes de la Licenciatura en Arquitectura de la UAZ..... | 128 |
| Anexo 3. Instrumento para evaluar docentes de la Licenciatura en Arquitectura de la UAZ..... | 130 |

ACRÓNIMOS

| | |
|-----------|---|
| ABP | Aprendizaje basado en proyectos |
| AEC | Arquitectura, ingeniería y construcción |
| ARQUAZ | Licenciatura en Arquitectura de la Universidad Autónoma de Zacatecas |
| BIM | Building Information Modeling |
| BUAP | Benemérita Universidad Autónoma de Puebla |
| CAD | Computer Aided Design (Diseño asistido por computadora, por sus siglas en inglés) |
| CMIC | Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción |
| CIFE | Centro de Ingeniería de Instalaciones Integradas |
| CONAGUA | Comisión Nacional del Agua |
| CONAHCYT | Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología |
| DOF | Diario Oficial de la Federación |
| IoT | Internet of Things (Internet de las cosas) |
| MEP | Mechanical, Electrical and Plumbing (Mecánica, eléctrica y plomería) |
| MIC | Modelado de Información en la Construcción |
| NBS | National Building Specification |
| NBIMS-US™ | National BIM Standard, United States |
| OCDE | Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico |
| ONNCCE | Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la |

| | |
|---------|---|
| | Construcción y Edificación |
| PIB | Producto Interno Bruto |
| PRODEP | Programa para el Desarrollo Profesional Docente |
| PTC | Parametric Technology Corporation |
| SCT | Secretaría de Comunicaciones y Transportes |
| SHCP | Secretaría de Hacienda y Crédito Público |
| TIC | Tecnologías de la Información y la Comunicación |
| UADY | Universidad Autónoma de Yucatán |
| UAEH | Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo |
| UAM-AZC | Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco |
| UAZ | Universidad Autónoma de Zacatecas |
| UEM | Universidad Europea de Madrid |
| UNAM | Universidad Nacional Autónoma de México |
| UPM | Universidad Politécnica de Madrid |

INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción es un pilar fundamental para la economía mexicana. Al concentrar una parte importante de la inversión pública y privada, esta industria representa un porcentaje significativo del Producto Interno Bruto (PIB). Por ello, su dinamismo es clave para el desarrollo del país y para mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Además, al demandar materias primas, componentes y servicios de diversas industrias, actúa como un motor que impulsa la actividad económica de sectores complementarios.

Sin embargo, es muy común que no se considere la importancia y la complejidad de sus actividades en materia de gestión de la información. La complejidad de los proyectos de construcción ha exigido siempre contar con datos precisos y actualizados. La evolución de las computadoras permitió gestionar gran número de variables y realizar cálculos complejos, lo que solucionó muchos de los problemas asociados con la industria.

Así pues, surge la metodología BIM (Building Information Modeling, su nomenclatura en inglés) como una forma de trabajo colaborativa que centraliza la información del proyecto en un modelo digital único. Esta información abarca desde aspectos geométricos y espaciales, hasta datos técnicos, costos y cronogramas. Por lo tanto, permite una mejor toma de decisiones y un flujo de trabajo más eficiente, lo que la convierte en una herramienta indispensable para la o el arquitecto como parte de su formación integral en el uso de tecnologías.

La creciente demanda de profesionales con habilidades digitales en el sector de la construcción ha puesto de manifiesto la necesidad de una formación

especializada. Para dar respuesta a esta demanda, las instituciones de educación superior deben adecuar sus programas de estudio y formar profesionales capaces de adaptarse a la transformación digital del sector.

Con el propósito de alcanzar este objetivo, resulta fundamental que los programas educativos en el ámbito de la arquitectura aborden estos conceptos, ya que la educación desempeña un rol esencial en el progreso de cualquier sociedad, mientras que la tecnología se posiciona como una herramienta indispensable para adaptarse y desarrollarse en un entorno dinámico como el de la construcción.

Por ende, el presente trabajo de investigación sobre la propuesta de integración de la metodología BIM en el plan de estudios de la Licenciatura en Arquitectura de la Universidad Autónoma de Zacatecas, del estado de Zacatecas, México, se fundamenta en la imperante necesidad de adaptar la formación académica a las demandas de la industria de la construcción.

Para la delimitación del estudio y conocer las investigaciones que se han realizado sobre el tema, se elaboró el estado del arte. Para ello, se seleccionaron algunos libros, tesis y artículos publicados en repositorios de universidades en el ámbito nacional e internacional, desde el año 2011 a la fecha. La finalidad fue identificar en qué consiste la metodología, su historia, sus principios y características; además de reconocer los principales beneficios y retos de su implementación en la industria de la construcción. Posteriormente, se indagó cómo ha sido planteada y adoptada en la docencia, así como algunas consideraciones pedagógicas y didácticas para tener en cuenta.

Entre los autores consultados se puede mencionar a Charles Eastman, que en su libro de 2011 *BIM Handbook* lleva a cabo un estudio cuyo objetivo es revisar el uso

de la metodología BIM en los Estados Unidos de América, así como las tecnologías relacionadas, los costos asociados y la necesidad de infraestructura necesaria para su implementación. Además, analiza distintos aspectos legales para tener en cuenta.

Registra también cómo la mayoría de las firmas más importantes de la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción (AEC) han dejado atrás sus formas de trabajo basadas en CAD¹ (Computer Aided Design, su nomenclatura en inglés), para pasar al uso de la metodología BIM en sus nuevos proyectos. Considera importante tener en cuenta que esto representa no solo un cambio de tecnología, sino un cambio en los procesos. Modifica no únicamente cómo un edificio es visualizado, sino que altera dramáticamente todos los procesos clave de cómo es creado (Eastman, Teicholz, Sacks & Liston, 2011).

Por su parte, Robert Klaschka en su libro de 2014 *BIM in small practices*, sostiene que la metodología BIM está revolucionando la arquitectura, ya que cada vez más despachos se están dando cuenta de los beneficios que trae al diseño, la sostenibilidad y la construcción. Para ello, mediante el estudio de varios casos indaga en la experiencia de 14 pequeños despachos dedicados a la edificación, ubicados en Reino Unido.

Su objetivo es realizar un análisis respecto a la implantación y uso de la metodología BIM en su práctica profesional. A través de esta investigación, se anula el concepto de que es únicamente para grandes empresas, mediante la presentación de las experiencias de diferentes estudios de arquitectura, a menudo con poco dinero

¹ Es el uso de medios informáticos para el diseño de productos físicos. Se emplea principalmente en arquitectura, ingeniería y diseño industrial para elaborar dibujos técnicos y planos precisos en 2D y 3D (Encarnaçao, Lindner & Schlechtendahl, 1990).

y una amplia variedad de proyectos, que van desde la construcción de viviendas, hasta edificios públicos de gran escala (Klaschka, 2014).

En la Universidad Europea de Madrid (UEM), se publicó en 2016 un *Marco de Implantación de metodología BIM en Titulación de Arquitectura*, cuyos autores son José Agulló de Rueda, José Jurado Egea, Óscar Liébana Carrasco y Beatriz Inglés Gosalbez (Agulló, Liébana, Jurado & Inglés, 2016). Este marco de implantación propuesto en una tesis doctoral gira en torno a cuatro ejes fundamentales. El primero de ellos se refiere a actividades docentes puntuales en materias convencionales. El segundo consiste en talleres de integración transversales. El tercero se refiere a una formación extracurricular y, finalmente, a la formación en posgrado e investigación.

Este trabajo propone un marco de implantación teórico basado en las experiencias prácticas de la UEM que pueden ser replicadas en otras escuelas de Arquitectura. La propuesta se encuentra estructurada por curso académico, áreas de conocimiento y asignaturas. Además, fue ordenada por niveles de madurez en la metodología BIM, así como competencias específicas y transversales a desarrollar.

Dentro de la misma UEM, José Jurado Egea presenta su tesis doctoral de 2016 denominada *Aprendizaje Integrado en Arquitectura con Modelos Virtuales*, en la cual, describe las cualidades y posibles desventajas en el uso de la metodología BIM en el marco de una disciplina concreta: la enseñanza de la Arquitectura. Para ello, realiza una revisión bibliográfica acerca de la metodología BIM y sobre docencia en arquitectura (Jurado, 2016).

El objetivo general de esta investigación es validar las ventajas educativas derivadas del uso de BIM, las cuales podrían ser estructuradas en una metodología de enseñanza, con la finalidad de establecer un marco para su incorporación en la

docencia en arquitectura. Concluye que resulta primordial la necesidad de establecer la enseñanza de la metodología BIM desde etapas tempranas de la formación universitaria en arquitectura.

En el ámbito latinoamericano, según la tesis de maestría de Santiago Morales Molina denominada *Adopción de la metodología BIM en las escuelas de arquitectura en Quito* del año 2018, desde hace varios años se ha producido una evolución gradual en el ejercicio profesional del arquitecto o arquitecta, la cual ha dependido de la incorporación de tecnologías informáticas y de la actualización de herramientas digitales usadas en la industria AEC. De este modo, numerosos países han adoptado paulatinamente la metodología BIM en el sector de la construcción, hasta llegar a establecer normativas específicas para su implementación (Morales, 2018).

El trabajo de Morales tiene como propósito identificar el estado actual de la formación académica en relación con la metodología BIM, de los profesionales en el área de la Arquitectura en Ecuador. Establece una comparación con el ejercicio profesional de arquitectos en países desarrollados. A su vez, pone de manifiesto la necesidad de revisar y modernizar los contenidos de las carreras de arquitectura en este país, para incorporar el uso de herramientas tecnológicas en la formación de las y los estudiantes.

En el contexto nacional, el trabajo realizado por Aurora Poó Rubio, docente en la Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco (UAM-AZC), merece especial atención. Se trata en realidad de un equipo multidisciplinario de docentes de diferentes instituciones públicas de educación superior, que incluye también a la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) y la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), mediante una red de cuerpos académicos con temáticas de investigación afines (Poó, Audeves,

Álvarez, Bouzas & Sosa, 2016).

En su artículo denominado “Implementación de la metodología BIM en licenciatura y postgrado, experiencia de la red académica de PRODEP en diseño-construcción” de 2016, Poó hace hincapié en la preparación de los alumnos y alumnas en esta metodología con resultados y experiencias diversas en las distintas universidades. A nivel licenciatura se impartieron clases de manera aislada. A nivel maestría se optó por cursos oficiales y, además, se formaron recursos humanos a través de tesis para la obtención del grado. Finalmente, a nivel doctorado se establecieron programas de alta especialización (Poó *et al.*, 2016).

Por otro lado, según el trabajo de Yaniel Llerena Padila y Carlos Alberto Bigurra-Alzati en su investigación titulada *La influencia de la gestión del cambio en la implementación de BIM en la industria de la construcción sostenible de México*, de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH); su objetivo es analizar estadísticamente cómo la gestión del cambio influye en el éxito de la implementación de BIM (Llerena & Bigurra, 2019).

También menciona que a pesar de que se han reconocido numerosas ventajas en la aplicación de la metodología BIM, su implementación y difusión acarrea también algunas desventajas que trascienden a la dimensión social. Esta última se manifiesta mediante el cambio de formas de trabajo y colaboración en la adopción de diferentes roles, ajustes en los organigramas internos de la empresa, así como nuevos modelos de contratación y de negocio.

Por su parte, en la tesis de maestría *Evaluación de los docentes y estudiantes en la aplicación de la tecnología BIM en la Licenciatura en Arquitectura de la Universidad Internacional (UNINTER), Cuernavaca, Morelos 2018-2020*, del Instituto

Politécnico Nacional de Heidi Ancheyta Aquino, se tiene por objetivo la evaluación de las estrategias del o la docente para la inclusión de la metodología BIM, con la finalidad de integrar habilidades que permitan desarrollar los proyectos de diseño de las y los estudiantes de Arquitectura en esta universidad (Ancheyta, 2020).

Para ello usa el método de investigación mixto, que incluye una parte de averiguación cuantitativa y otra cualitativa, ya que se preocupa por recolectar datos de encuestas realizadas a estudiantes, así como entrevistas a las y los docentes. De igual manera lleva a cabo una indagación documental, organizada de manera cronológica, acerca del aprendizaje basado en proyectos (ABP), la metodología BIM y la enseñanza de la arquitectura en México.

En Topofilia, Revista de Arquitectura, Urbanismo y Territorio; de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), se publica en 2022 el artículo llamado *Beneficios de implementar las dimensiones BIM en el aspecto académico del arquitecto contemporáneo*, elaborado por Carlos González Cruz, Verónica Leyva Picazo y Guillermo López Domínguez. Este artículo tiene como propósito mostrar los beneficios que existen al elaborar proyectos arquitectónicos a través de la integración de la metodología BIM en el ámbito académico (González, Leyva & López, 2022).

El documento concluye con la recomendación de adoptar la metodología BIM dentro de la formación del arquitecto o arquitecta, al argumentar que el enfoque CAD ha servido para elaborar proyectos de una forma más rápida, pero no deja de ser una sustitución digital de las herramientas tradicionales de dibujo. Por su parte, la metodología BIM permite a las y los estudiantes desarrollar proyectos con un mayor control de las posibles soluciones dentro del mismo.

Como se ha visto hasta ahora, la literatura consultada destaca la creciente

importancia de la metodología BIM en la gestión exitosa de proyectos de construcción, además de que su incorporación en la educación en arquitectura puede resultar en diversos beneficios para las y los futuros profesionales, no solo en su etapa actual como estudiantes, sino también para desarrollar los conocimientos y habilidades digitales necesarias para desenvolverse favorablemente a lo largo de sus trayectorias profesionales.

Desafortunadamente, la formación académica en arquitectura se encuentra desfasada respecto a las exigencias de un mercado laboral cada vez más digitalizado y especializado, ya que los planes de estudio no han tenido una adaptación oportuna a las innovaciones tecnológicas, como BIM (Soto & Manríquez, 2023). De esta forma, se ha generado una brecha significativa entre lo que se enseña en las escuelas de arquitectura y lo que realmente exige el mercado laboral en términos de conocimientos sobre esta metodología (BIM Task Group México, 2024).

Como problema de investigación se analiza el caso específico de la UAZ, cuyo programa académico de la Licenciatura en Arquitectura no cuenta actualmente con una materia donde se aborde esta forma de trabajo, por lo que se propone crear una asignatura que se integre con el programa actual de manera longitudinal y transversal, para solventar esta necesidad.

En el presente estudio, se abordan dos preguntas de investigación fundamentales. La primera de ellas, ¿por qué integrar la metodología BIM en el plan de estudios de la Licenciatura en Arquitectura de la UAZ?, busca justificar la necesidad de incorporar esta metodología, al considerar las demandas actuales del mercado laboral y los beneficios que BIM puede aportar al proceso de enseñanza-aprendizaje en arquitectura. La segunda pregunta, ¿cómo integrar la metodología BIM en el plan

de estudios de la Licenciatura en Arquitectura de la UAZ?, se centra en identificar las estrategias pedagógicas para incorporar eficazmente esta metodología en la formación de las y los estudiantes.

Por ello, el presente trabajo parte de la hipótesis de que mediante la inclusión de la metodología BIM en el plan de estudios de la Licenciatura en Arquitectura de la UAZ, a través de la integración de una nueva materia al programa actual, ayudará a cerrar la brecha existente entre la formación académica y la demanda del mercado laboral, al mejorar las habilidades y conocimientos específicos del alumnado en términos de gestión de información de un proyecto de construcción.

De este modo, se estableció como objetivo general el diseñar una propuesta para la integración de la metodología BIM en el plan de estudios de ARQUAZ. De aquí se desprenden los siguientes objetivos específicos: en primer lugar, realizar un diagnóstico del estado actual y el nivel de aplicación de esta forma de trabajo en el contexto internacional, nacional y local. En segundo lugar, determinar los antecedentes y bases teóricas de la metodología BIM, así como los criterios necesarios y estrategias de aprendizaje, para su integración en el entorno académico. Finalmente elaborar la propuesta propiamente dicha.

Como marco teórico se consideran varios conceptos centrales a desarrollar. Entre ellos se tiene la definición, evolución y características de la metodología BIM. Dentro de la educación, algunos temas de relevancia son el constructivismo, metodologías activas de aprendizaje, ABP, formas de evaluación y Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el proceso de enseñanza.

El BIM es una metodología integral que centraliza una gran cantidad de información en un único modelo tridimensional, para representar y administrar

visualmente un proyecto a lo largo de todo su ciclo de vida, mediante herramientas informáticas. Esta información define su forma, dimensiones y ubicación física; además de atributos como el tipo de materiales usados, propiedades físicas, datos de proveedores o los requisitos de mantenimiento.

Es una metodología colaborativa cada vez más usada en el mundo que facilita el trabajo entre arquitectos, ingenieros, contratista u otros profesionales en un modelo de información compartido, con las mismas especificaciones y los mismos estándares. De esta manera se tiene una mejor comprensión del diseño, se mejora la eficiencia, se reducen costos y se minimizan errores aún antes de la construcción ((National BIM Standard, United States (NBIMS-US™), 2022).

Por su parte, el constructivismo es una corriente que coloca a la o el estudiante en el centro del proceso de aprendizaje, donde participa activamente en la construcción de su propio conocimiento, en lugar de ser un receptor pasivo de información. Este conocimiento se vuelve significativo cuando a partir de experiencias previas e interacciones con el mundo que lo rodea, logra encontrar un sentido. Así, la figura docente actúa como facilitador o facilitadora que guía al alumnado al proporcionarle las herramientas y recursos necesarios (Serrano & Pons, 2011).

Entre las metodologías activas de aprendizaje basadas en el constructivismo, destaca el ABP en la enseñanza de la arquitectura, debido a que se centra en la resolución de problemas donde las y los alumnos tienen la oportunidad de aplicar sus conocimientos y habilidades en situaciones que simulan el mundo real. Una característica importante del ABP es el trabajo en equipo, ya que las y los estudiantes colaboran para alcanzar objetivos comunes (Zambrano, Hernández & Mendoza, 2022).

La evaluación en el constructivismo y las metodologías activas de aprendizaje resulta de gran utilidad para medir el aprovechamiento del estudiantado. Tiene un carácter integral y puede hacer uso de una variedad de instrumentos que buscan una retroalimentación para mejorar el proceso de formación. El uso de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) se integra en estas metodologías como complemento para facilitar y mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje (Coll & Monereo, 2008).

En cuanto al método utilizado para el presente trabajo de investigación fue de tipo Inductivo-Deductivo. Atendiendo a la naturaleza de los datos y a la información obtenida es una investigación de carácter mixto cualitativo-cuantitativo; mientras que por los medios que se usaron para recabar esa información comprendió una parte documental y una parte de trabajo en campo.

En primera instancia, se realizó una revisión de la literatura científica y técnica relacionada con BIM. Como parte de los instrumentos de recolección de datos, se diseñaron encuestas y entrevistas semiestructuradas para ser aplicadas a alumnos, alumnas y docentes, respectivamente. La finalidad de éstas fue evaluar el grado de conocimiento y el nivel de aplicación en la actividad escolar de la metodología BIM, entre estudiantes y docentes de la Licenciatura en Arquitectura de la UAZ.

La lógica de selección de la muestra fue de tipo teórica o intencionada, en lugar de una de carácter estadístico, ya que el grupo de interés se centra en los primeros dos años de formación de la carrera. Por tal motivo, se aplicó el instrumento al alumnado de segundo y cuarto semestre para la obtención de los datos.

Finalmente, se diseñó una propuesta de integración con la finalidad de que responda a problemas similares a los enfrentados en la vida real, de tal forma que las

y los estudiantes desarrollen conocimientos y habilidades mediante la elaboración de proyectos relacionados de manera transversal con las materias y conocimientos ya adquiridos, según el nivel en que se encuentre el estudiantado.

Por consiguiente, en el Capítulo I de esta tesis se examina la conceptualización de la metodología BIM, se detallan sus características y su progresión a lo largo del tiempo. Además, se analiza cómo ha sido adoptada por países desarrollados y su nivel de adopción en México. También se exploran algunas de las ventajas y desventajas preeminentes de su implementación, se contempla el futuro de la metodología en cuanto a su relación con otras tecnologías emergentes, junto con su interconexión con la educación y la relevancia de esta última. Se abordan igualmente los aspectos positivos y desafíos inherentes a su inclusión en los planes de estudio de las escuelas de arquitectura.

En el Capítulo II se examina la experiencia de varias universidades tanto a nivel global como en México, en lo que respecta a la implementación de la metodología BIM en el ámbito académico. Además, se indaga sobre la utilización y enseñanza del software Revit en los programas de estudio. Por último, se exploran diversas consideraciones pedagógicas alineadas con el plan de estudios vigente, así como distintas estrategias de aprendizaje con el propósito de determinar la manera óptima de enseñar esta metodología en la UAZ.

En el Capítulo III se describen una serie de pasos para incorporar la metodología BIM en el plan de estudios de la Licenciatura en Arquitectura de la UAZ. Para llevar a cabo la tarea, se realiza una descripción del contexto, la propuesta de modificación curricular a través de la introducción de una nueva materia, así como el diseño detallado de esta asignatura.

La estructuración de esta nueva materia, que comprende sus contenidos, metodología, estrategias didácticas y criterios de evaluación, se fundamenta en los principios del Diseño Curricular. Posteriormente, se explora una estrategia para integrar esta propuesta con el plan de estudios existente al realizar los ajustes y modificaciones necesarios para su implementación efectiva.

CAPÍTULO I

BIM EN ARQUITECTURA: FUNDAMENTOS Y PERSPECTIVAS EN LA EDUCACIÓN

En los últimos años se ha observado una evolución en las formas tradicionales de diseñar, construir y gestionar un proyecto de edificación. La industria de la construcción se encuentra en un punto de inflexión donde, gracias a la adopción de herramientas tecnológicas como la metodología BIM, se abren nuevas oportunidades y áreas de trabajo. Por ende, la tecnología se ha convertido en un elemento fundamental en la educación en arquitectura, ya que ofrece herramientas que permiten un aprendizaje más interactivo, accesible y personalizado.

En el presente capítulo, se aborda la definición de la metodología BIM, sus características y evolución a través del tiempo. Además, cómo ha sido adoptada por los países más desarrollados del mundo y su grado de adopción en México. Asimismo, se mencionan algunas de las principales ventajas y desventajas de su implementación, el futuro esperado de la metodología, así como su relación con la educación y la importancia de esta. También, se tratan los beneficios y retos que trae consigo, al ser incorporada en los planes de estudios de las escuelas de arquitectura.

1.1 Fundamentos, evolución y alcance de la metodología BIM

La metodología BIM es una representación digital de las características físicas y funcionales de un edificio. Se trata de un recurso de conocimiento compartido por un conjunto multidisciplinario de profesionales, para obtener información sobre un

inmueble que forma una base confiable para las decisiones durante su ciclo de vida; definido como existente desde la primera concepción de la idea, su diseño, construcción y mantenimiento, hasta la demolición y/o reutilización del edificio (NBIMS-US™, 2022).

Supone un avance respecto al diseño tradicional que dependía de dibujos técnicos bidimensionales, ya que amplía las tres dimensiones espaciales principales e incorpora información como el tiempo, el costo, la gestión de archivos, la sostenibilidad, etc. También incluye información geoespacial, topografía, cantidades de obra o propiedades de los componentes del edificio, como detalles de los fabricantes o tiempos de entrega. Además, permite la colaboración desde la planificación, la construcción y la vida útil del edificio (ASHRAE, 2012). Es un cambio radical, ya que ofrece a la industria los primeros medios prácticos para probar prototipos antes de construir edificios.

Se trata de una metodología cuya premisa básica es el trabajo colaborativo que se aplica en la industria de la construcción, que comprende una gran cantidad de información de un edificio, organizada para facilitar la gestión de proyectos AEC, lo que supone también una mejora en el resultado y eficiencia en los procesos.

Así, todos los profesionales involucrados en el proyecto de construcción, desde diseñadores, interioristas, estructuristas, urbanistas o constructores, pueden trabajar en el mismo proyecto de forma simultánea y con la misma información en tiempo real. Esto evita la pérdida de datos que suele ocurrir cuando diferentes equipos modifican la información de manera independiente, así como favorecer una mejor coordinación y desarrollo de diseños, una mejor prevención al detectar conflictos, además de una mejor toma de decisiones relacionadas con el tiempo y costo (Giménez, 2019).

La creciente importancia de BIM ha llevado a que a nivel mundial se establezcan normativas y estándares para promover su implementación en el sector de la construcción, especialmente en proyectos de carácter público o de gran relevancia por su tamaño, interés público o monto invertido. El objetivo es reducir costos y errores durante la construcción, aumentar la productividad y mejorar el acceso a información confiable, para favorecer la coordinación a lo largo de la vida de un proyecto.

El desarrollo de la metodología BIM ha sido un proceso gradual. Ha pasado de ser una herramienta de modelado 3D a convertirse en una plataforma colaborativa que integra múltiples especialidades y gestiona una gran cantidad de datos. El conocimiento de su evolución permite valorar su potencial y las mejoras que ha experimentado a lo largo del tiempo.

Desde el inicio de la civilización fue necesaria la cooperación entre individuos para llevar a cabo las obras de construcción que les proporcionaran desde un refugio o casa, hasta templos, fuertes o lugares de esparcimiento. Para lograr todo esto, se requirió el esfuerzo mental de conceptualizar una idea de estructura y comunicarla al resto del grupo. Primero, a base de describirlas a través del lenguaje hablado y bocetos rudimentarios en la tierra o en piedra. Posteriormente, fueron plasmadas en papiro, pergamino y papel.

La comunicación eficiente de estas ideas se da con el surgimiento de la geometría euclidiana, lo que mejoró notablemente con la consolidación posterior de la geometría descriptiva. Gracias a estos dos avances fue posible definir un método preciso para describir un objeto físico en tres dimensiones (longitud, altura y profundidad), mediante un conjunto de dibujos en dos dimensiones. Este método, basado en proyecciones paralelas y vistas ortogonales, ha sido utilizado por

profesionales de la arquitectura e ingeniería desde entonces (Reza Hosseini, Khosrowshahi, Aibinu & Abrishami, 2022).

Durante las últimas décadas del siglo XX, la geometría descriptiva sirvió de base para la creación de software de diseño y dibujo asistido por computadora (CAD, por sus siglas en inglés), ampliamente usado por distintas industrias, entre ellas, la industria de la construcción. La principal característica de este software es que cambia las herramientas de dibujo tradicionales como la tinta y el papel, por herramientas digitales.

Esta forma de trabajo llevó a que se consiguieran algunas ventajas, como la automatización de tareas repetitivas de dibujo, la precisión en el diseño, el almacenamiento electrónico y la transferencia de archivos que se pueden compartir. Sin embargo, se siguen utilizando las mismas formas de representación, pero con el apoyo de la computadora.

De esta manera, se presenta la metodología BIM como el siguiente paso en la evolución tecnológica. Este concepto surge en 1974 con Charles Eastman, quien en compañía de sus colaboradores presentó su investigación “Building Description System”, en donde planteó las bases de lo que hoy denominamos BIM. En esta investigación se abordó la posibilidad de manejar datos de un proyecto de edificación utilizando métodos informáticos.

Así, diseñaron un ensamble de hardware y un software de definición geométrica, lo que estableció una vinculación desde sus inicios, entre la metodología BIM y la existencia de una tecnología de procesamiento de datos. Estas herramientas tecnológicas, necesarias para llevar a cabo esta metodología resultaron ser muy costosas, lo que limitaba su adopción generalizada (Eastman *et al.*, 1974).

A principios de la década de 1980, se desarrollaron varios sistemas en Europa, especialmente en Inglaterra, que ganaron terreno y se aplicaron a la construcción de varios proyectos, incluyendo avances como “fases” en la edificación. Años después, con la fundación del Centro de Ingeniería de Instalaciones Integradas (CIFE) en 1988 en Stanford por Paul Teicholz, se marca un nuevo hito en el desarrollo de la metodología BIM ya que, junto con estudiantes y colaboradores de la industria, logró el desarrollo de modelos de construcción donde, además de las tres dimensiones mencionadas anteriormente, incluían una cuarta dimensión al introducir el concepto “tiempo” para la construcción (Quirk, 2012).

En 1985, Simon J. Ruffle introdujo el concepto de “Building Model”, donde se marca un hito en la evolución del diseño arquitectónico, al plantear la idea de liberar al diseñador de las tareas manuales de representación y transferirlas a entornos digitales. De esta manera, el diseñador podría enfocarse en el desarrollo creativo, como una actividad fundamentalmente humana (Ruffle, 1986).

Más tarde, en un artículo de 1986 Robert Aish que trabajaba para *GMW Computers Ltd*, desarrollador del software *RUCAPS*, hablaba del uso del software en el aeropuerto Heathrow de Londres. Finalmente, el término “Modelo de información de construcción” apareció por primera vez en un artículo de 1992 de G. A. Van Nederveen y F. P. Tolman (Van Nederveen & Tolman, 1992).

A medida que estos desarrollos se sucedían en Estados Unidos y Europa Occidental, en el bloque soviético había 2 programadores que terminarían por definir el mercado BIM como se conoce actualmente. Se trata de Gábor Bojár y Leonid Raiz, creadores de los programas *ArchiCad* y *Revit*, respectivamente. El primero fue desarrollado en 1982 en Budapest, Hungría por Bojár, un físico que logró introducir de

contrabando computadoras *Apple*, escribir las líneas de código y fundar la empresa *Grifisoft*. En 1984 lanza el software *Radar CH*, que más tarde se convirtió en *ArchiCAD*.

Con el lanzamiento de *ArchiCAD* en 1986, la empresa *Grifisoft* revolucionó el diseño arquitectónico, al ser el primer software en introducir el concepto de “Edificio Virtual”. Esta innovación permitía a las y los arquitectos almacenar y gestionar vastas cantidades de información para generar modelos 2D y 3D en computadoras personales (Toribio, 2018). Sin embargo, este concepto no logró posicionarse en el sector.

Leonid Raiz junto a Irwin Jungreis, después de separarse de la empresa *Parametric Technology Corporation* (PTC), comenzaron su propia compañía de software llamada *Charles River Software* en Cambridge, Massachusetts. Ambos deseaban crear un software capaz de manejar proyectos más complejos que *ArchiCad*.

Para ello, contrataron a David Conant, un arquitecto que se encargó del diseño de la interfaz del software conocido como *Revit*. Para el año 2000, este software utilizaba un motor de cambio paramétrico, posible gracias a la programación orientada a objetos. En 2002, la empresa *Autodesk* compró la empresa y comenzó a promocionar fuertemente el software (Quirk, 2012).

Tras la adquisición de *Revit Technology Corporation*, *Autodesk* publicó un informe titulado "Modelado de información de la construcción" (Autodesk, 2002). De esta manera, *Autodesk* determinó tres características para el BIM:

- Bases de datos digitales.
- Gestión de cambios en los datos y geometría.

- Captura y preservación de la información para usos futuros.

En 2004 lanzó el *Autodesk Revit* como su solución BIM para arquitectura. Posteriormente, la empresa de software desarrolló versiones específicas para distintas ingenierías, como estructuras, instalación eléctrica y plomería. De esta manera, la propuesta de *Autodesk* de utilizar el término “Building Information Modeling (BIM)” para describir sus nuevos productos logró unificar a la mayoría del mercado de software bajo un concepto común, lo que consolidó su posición como líder en la industria.

Así, empresas como *Graphisoft*, *Bentley Systems* o *Vectorworks, Inc.*, terminaron por utilizar BIM como término en sus productos (Toribio, 2018). En la actualidad, *Autodesk Revit* es el software líder a nivel mundial de la industria AEC, gracias a la posibilidad de integrar diferentes disciplinas y su capacidad para generar una documentación precisa para el proyecto ejecutivo.

La metodología BIM permite crear modelos digitales del edificio que se va a construir. Además, facilita la gestión de la información generada de forma coordinada y confiable, desde una fase inicial que se prolonga a lo largo del ciclo de vida del edificio. Este modelo 3D, que contiene toda la información para la ejecución del proyecto, posibilita la construcción del edificio con precisión y eficiencia. Por consiguiente, el modelo BIM se convierte en una herramienta valiosa para las y los profesionales involucrados en la industria de la construcción.

Dependiendo de la etapa de desarrollo en que se encuentre y a la complejidad de un proyecto determinado, se van agregando parámetros a la información contenida en el modelo BIM. A estas acciones de añadir información, se les suele llamar Propósitos del BIM o Dimensiones del BIM (Charef, Alaka & Emmitt, 2018). De esta

manera, se van enriqueciendo los datos correspondientes al modelo BIM que, al compartirlo entre distintos profesionales, proporciona un mayor nivel de comprensión del proyecto de construcción.

Atendiendo a su propósito, son comúnmente aceptadas las siguientes Dimensiones BIM: 3D, 4D, 5D, 6D y 7D. Cada una de ellas tiene un propósito específico y son útiles para determinar, por ejemplo, su geometría y especificaciones de diseño, el costo del proyecto, sus tiempos de programación de insumos y ejecución, además de eficiencia energética o mantenimiento futuro. A continuación, se explican las dimensiones del BIM, sus características y principales beneficios según Kjartansdóttir, Mordue, Nowak, Phillip, & Snæbjörnsson (2017):

- 2D BIM. Esta dimensión define un elemento geométrico en sus ejes X, Y. Normalmente estos dibujos no se consideran dentro de la metodología BIM, ya que, en su forma de trabajo y con técnicas de modelado más avanzadas, se incluye una mayor información dentro del proyecto.
- 3D BIM. En esta dimensión se dispone de un modelo geométrico tridimensional o modelo virtual del edificio que se quiere construir, donde cada elemento que lo conforma contiene una serie de especificaciones e información que puede ser ampliada, compartida y recuperada posteriormente. La forma de trabajo en tres dimensiones añade calidad y precisión al diseño. Asimismo, la representación gráfica de los elementos es más precisa y su actualización en tiempo real, al trabajar de manera colaborativa, ayuda a que la detección de errores y su corrección posterior sea más sencilla, por lo que se ahorra tiempo y dinero.

- 4D BIM. Se trata de la dimensión tiempo, que aporta una nueva perspectiva a la representación virtual. Mediante la aplicación de distintas fases de construcción al modelo, se puede crear una línea de tiempo de ejecución, lo que facilita su administración y la correcta planificación de la construcción.
- 5D BIM. La información y especificaciones otorgadas a los elementos que conforman el modelo virtual de construcción facilita la consulta de volúmenes de construcción o cantidades de obra en tiempo real, a partir de los cuales es posible estimar sus costos de manera más sencilla. Esto ayuda a los propietarios o inversionistas a analizar los costos asociados a cada rubro o partida, como mano de obra, materiales y equipos.
- 6D BIM. El propósito de esta dimensión es lograr una mayor eficiencia energética y sostenibilidad del edificio, mediante la simulación de las condiciones climáticas del lugar y las propiedades de los materiales utilizados. Brinda características de conservación ambiental, responsabilidad social, ahorro energético y financiero.
- 7D BIM. Se refiere al mantenimiento y gestión del proyecto, a lo largo de todo su ciclo de vida. Optimiza su construcción, operación y mantenimiento, mediante la aportación de datos importantes como manuales, garantías o especificaciones técnicas para los administradores, propietarios o usuarios finales del edificio. De esta manera se garantiza que el inmueble se conserve en óptimas condiciones desde su concepción, hasta su reutilización o demolición.

Imagen 1. Dimensiones del BIM



Fuente: Elaboración propia

1.2 Adopción de la metodología BIM en el mundo

La adopción de la metodología BIM por los sectores público y privado está aumentando en todo el mundo. Cada país ha incorporado sus propias directivas basadas en normas y estándares internacionales, con la finalidad de crear un lenguaje común y facilitar la colaboración entre todos los implicados. Estas pautas se actualizan constantemente, para así dar forma a la industria de la construcción.

La región de América del Norte es el lugar donde se encuentra más extendido el BIM. Los Estados Unidos de América, al ser los pioneros y creadores de la metodología, se encuentran a la vanguardia en el uso de estas herramientas de trabajo y son los líderes actuales. Sin embargo, a diferencia de otros países, no ha adoptado estándares nacionales, lo que permite la convivencia y competencia de varios

sistemas.

En Canadá, se tiene una condición similar pese a encontrarse un poco por detrás de los Estados Unidos, ya que comparten amplias relaciones comerciales y laborales. Además, es uno de los países donde su uso e implementación está avanzando de manera más rápida, gracias al apoyo de diversas organizaciones, aunque su uso no es obligatorio todavía (Jung & Lee, 2015).

En Europa, los países escandinavos fueron de los primeros en sumarse a la metodología BIM, donde su uso es obligatorio en todo proyecto público desde 2008. Asimismo, cuentan con una reglamentación al respecto y una fase avanzada en su desarrollo. El caso de Reino Unido es particular, ya que desde 2011 se publicó su estrategia de ejecución, que resultaría en su uso obligatorio a partir de 2016 en todos los proyectos financiados por el gobierno (Mitera-Kielbasa & Zima, 2024).

Este marco normativo sirvió de base para el surgimiento de la norma internacional ISO 19650, que se encarga de regular la información a lo largo de todo el ciclo de vida de un edificio, mediante el uso de la metodología BIM, creada para generar un lenguaje común entre los profesionales de la construcción en todo el mundo (National Building Specification, 2020).

En Alemania se basaron en el modelo de inserción británico desde 2015, lo cual lo convierte en obligatorio a partir de 2020 para carreteras y ferrocarriles. Mientras tanto, en Francia se ha establecido el conocido como Plan de Transición Digital en la Edificación con el fin de que, desde 2022, esté totalmente implantada la metodología en el país.

Por otro lado, Italia ha adoptado una estrategia gradual que inicia también en 2022 y se abarcarán todos los proyectos por debajo de 1 millón de euros para 2025.

Mientras tanto, España estableció desde el año 2018 la obligatoria utilización de esta metodología de trabajo para proyectos de licitaciones públicas mayores de 2 millones de euros (EUBIM TaskGroup, s.f.).

En Asia-Pacífico, China anunció en 2001 la importancia del BIM como una de las tecnologías clave en la industria de la construcción. Ya en 2011 el Ministerio de Ciencia y Tecnología inicia su aplicación, como un proyecto nacional clave de investigación y aplicación en la planificación del desarrollo científico y tecnológico (Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China, 2018).

El gobierno de Hong Kong exige el uso de BIM para proyectos gubernamentales de más de 30 millones de dólares desde 2018. Malasia, Singapur, Japón y Corea del Sur han adoptado la metodología desde finales de la década del 2000 y se ha extendido muy rápidamente desde entonces. Además, han aumentado gradualmente el alcance de los proyectos obligatorios bajo estos lineamientos (Fox, 2014).

La metodología BIM llegó a América Latina un poco más tarde y ha costado su puesta en marcha. No obstante, gracias al dinamismo de la región, se han logrado avances importantes. Actualmente, existen varios países que han iniciado con planes de implantación a nivel nacional, impulsados desde el gobierno, aunque no de manera homogénea.

En términos de su adopción, Colombia, Perú y Chile lideran el camino en la región. Un lugar importante lo ocupa Brasil, donde mediante un decreto de 2020 se establece su empleo de manera paulatina en fases, con un período de tiempo que va de 2017 a 2028, para la ejecución de obras y servicios pertenecientes a entidades de la administración pública federal (Villamizar, 2021).

Con respecto a la iniciativa de inserción de la metodología BIM en México, ésta

surge de la inquietud de la empresa privada de aumentar la productividad y eficiencia en sus procesos, mediante el uso de los avances tecnológicos y de la experiencia de otros países más desarrollados. De esta manera, en 2013 el Reino Unido publica una estrategia a largo plazo, con directivas y estándares específicos para su aplicación, pero también para compartir y servir de modelo para otros países.

En 2015, la Embajada de Reino Unido en México entregó un informe titulado “Estrategia del BIM para México. Recomendaciones para el desarrollo de la estrategia” (Serrano, 2021), como un aporte con las experiencias de este país, después de convenir en los beneficios que traería al sector público nacional y reconocer una estructura normativa suficientemente madura.

Como resultado, se elabora la Norma Mexicana NMX-C-527/1-ONNCCE-2017 Industria de la Construcción, Modelado de Información de la Construcción; con participación de universidades, colegios e instituciones relacionadas con la construcción y el Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación (ONNCCE). De esta forma es aplicable, aunque no obligatoria, a proyectos de carácter público o privado, ya sea de edificación o infraestructura, que emplean la metodología BIM (Diario Oficial de la Federación (DOF), 2017).

En México, de acuerdo con la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), una de las prioridades a corto, mediano y largo plazo es promover el desarrollo de la infraestructura pública, primordial en el crecimiento y progreso económico del país. Para ello, se promueve, en coordinación con la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) y la Comisión Nacional del Agua (Conagua), la Estrategia para la Implementación del Modelado de Información en la Construcción (MIC) en México

(Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), 2019).

Su finalidad es favorecer un desarrollo eficiente de la infraestructura y disminuir los sobrecostos. Al mismo tiempo, fomenta que el gobierno, los constructores y demás agentes involucrados trabajen de una manera colaborativa y efectiva. Además, tiene como prioridad el favorecer la transparencia y la rendición de cuentas.

Esta Estrategia está diseñada para ser implementada de manera gradual, dividida en 3 etapas que son: preparación, adaptación e implementación, que van de 2018 a 2026. Su intención es que las distintas dependencias del Gobierno Federal tengan la oportunidad de optimizar sus procesos, así como adaptar y cambiar sus marcos normativos para dar paso a la obligatoriedad de la metodología BIM (MIC según esta Estrategia) y establecer nuevos estándares.

1.3 Ventajas, desventajas y futuro de la metodología BIM

La metodología BIM es una herramienta tecnológica cuyo uso se ha popularizado en los últimos años en la industria AEC. Gracias a sus ventajas en términos de eficiencia y productividad, se ha convertido en norma en varios países. Pero al igual que cualquier otra herramienta, también presenta algunas desventajas que deben ser consideradas. A continuación, se exploran las principales ventajas y desventajas en el uso de esta metodología:

- Una de las principales ventajas es su capacidad para mejorar la eficiencia y productividad, mediante la utilización de modelos digitales 3D que permite a las y los profesionales trabajar con un nivel alto de detalle y precisión. Debido a esta forma de trabajo, es posible reducir costos de construcción y tiempos

de ejecución, así como aumentar la eficiencia en la planificación y diseño, aún en proyectos de poca envergadura (Klaschka, 2014).

- Otra ventaja se refiere a la mejora en la comunicación y colaboración entre los distintos profesionales involucrados en un proyecto. El modelo digital en el que se trabaja puede ser compartido fácilmente, lo que favorece una mejor coordinación y reducción de errores en la comunicación de todas las y los involucrados.
- Los modelos digitales pueden ser usados para mejorar la seguridad y la calidad del diseño. Mediante la simulación se puede analizar y predecir el comportamiento de una estructura bajo diferentes escenarios de falla, lo que permite reducir riesgos estructurales y mejorar la seguridad de los trabajadores en el lugar (Hu, Fang & Moehler, 2020).
- Permite la gestión de toda la información del proyecto en un solo lugar, lo que facilita la toma de decisiones en todas las etapas del proyecto y la planificación de su mantenimiento y operación.

A pesar de estas ventajas, también existen desventajas en el uso de la metodología BIM. Algunas de ellas son:

- La principal desventaja es que requiere de una inversión en tiempo y en recursos. El software y el hardware necesarios para implementar la metodología BIM, debido a sus características de potencia y especialización, pueden llegar a ser costosos. Además, las y los profesionales deben ser capacitados en esta forma de trabajo y en el software asociado, lo que también representa una inversión, tanto económica como en tiempo. Por lo

tanto, el gasto derivado de implementar la metodología BIM, así como su curva de aprendizaje y capacitación pueden ser una barrera para su adopción (Moreno, Olbina & Issa, 2019).

- Otra desventaja es la falta de estándares en la industria. A pesar de que se han realizado esfuerzos para desarrollar directivas generales que sirvan de guía, todavía existen vacíos en el intercambio de información, además de procesos y prácticas entre los profesionales, lo que puede limitar la colaboración e interoperabilidad de los modelos digitales (Meana, Bello & García, 2019).
- Finalmente, existe la necesidad de adaptación a la metodología y una resistencia al cambio. Es importante destacar que la implementación de BIM implica un cambio en la cultura y la forma de trabajar para muchas personas. La falta de habilidades para utilizar la tecnología es uno de los desafíos que deben ser abordados para una implementación exitosa (Arayici *et al.*, 2011).

Aunque existen estas desventajas, los beneficios de BIM son cada vez más evidentes y la implementación de esta metodología sigue creciendo. Es importante que la industria de la construcción siga adoptando la tecnología y buscando formas de superar los desafíos que puedan surgir. La implementación exitosa de la metodología BIM requiere una inversión importante, además de un compromiso continuo en capacitación y desarrollo de habilidades, donde las universidades tienen un papel importante para integrarla en la formación de las y los arquitectos, así como para la actualización disciplinar.

De igual manera, desde su nacimiento en la década de 1970 ha provocado

mejoras en muchas áreas. Por consiguiente, su futuro luce prometedor una vez lograda su integración con otras tecnologías emergentes. Así, se espera que continúe siendo una de las herramientas más importantes, que transformará la industria de la construcción de cara al futuro. Algunas de las tendencias y avances que se espera que influyan en la evolución de la metodología BIM son las siguientes:

- Una mayor adopción a medida que más profesionales de la construcción se dan cuenta de los beneficios de BIM, especialmente en países en desarrollo.
- Su integración con tecnologías emergentes, como la realidad virtual y aumentada, el aprendizaje automático, la inteligencia artificial y el Internet de las cosas (IoT); que podrían hacer que la metodología BIM sea aún más eficiente y efectiva en la gestión de los proyectos de construcción (Tereno, Anumba & Asadi, 2018).
- Lograr un mayor enfoque en la sostenibilidad y la eficiencia energética de los edificios, a través de la simulación y optimización de sistemas constructivos.
- Una interoperabilidad mejorada entre diferentes herramientas y software BIM, que podrían hacer que el proceso de colaboración sea aún más fácil y eficiente, mediante la reducción de los problemas de incompatibilidad y la necesidad de conversiones de archivos.

En el futuro, se espera que la metodología BIM se convierta en una herramienta integral en el proceso de construcción, ya que es cada vez más compatible con otras tecnologías emergentes. La inteligencia artificial, la automatización y el aprendizaje automático, pueden ser utilizadas para analizar grandes cantidades de datos generados por el modelo BIM. También, ayuda a conseguir una mejora en la toma de

decisiones en la planificación, gestión y mantenimiento de proyectos de construcción. La combinación de estas tecnologías resulta ser muy beneficiosa para la industria de la construcción en términos de eficiencia, calidad y reducción de costos.

1.4 La metodología BIM en la educación

Actualmente, la sociedad se encuentra en un proceso de transformación profunda, impulsado por una serie de factores sociales, demográficos y tecnológicos. Se caracterizan por movimientos migratorios con sus respectivas transformaciones en la cultura, la economía y las estructuras sociales. La escasez de recursos naturales y el deterioro del medio ambiente plantean desafíos para la sostenibilidad del planeta. La consolidación de las TIC, la digitalización, la robótica y la inteligencia artificial están cambiando la dinámica laboral mediante la automatización de trabajos y tareas (Alarcón, 2016).

De acuerdo con estudios recientes, se estima que el 14% de los trabajos corre el riesgo de desaparecer debido a la automatización, mientras que el 34% de los trabajos actuales cambiará significativamente en los próximos años (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), 2019). Esto implica que los trabajos deberán evolucionar hacia tareas no rutinarias, lo que obligará a los trabajadores a mejorar sus competencias, usando la tecnología a su favor para realizar las tareas más calificadas.

Algunas de estas competencias son: fundamentos sólidos en ciencias básicas, lenguaje y habilidades digitales para resolver problemas complejos. Además, desarrollar una visión de aprendizaje constante a lo largo de la vida profesional.

Asimismo, es necesario reafirmar y consolidar conceptos como la igualdad, equidad, tolerancia, conservación del ambiente y desarrollo sustentable. Todo esto acompañado de un interés por mantener una buena salud física y mental, que permita enfrentar con éxito los niveles de incertidumbre que conllevan estos cambios, para así evitar ser desplazado.

La educación es un sector clave para hacer frente a los cambios que se están produciendo a nivel mundial y que transformarán la sociedad, la economía y la cultura en los próximos años. Una de las transformaciones que están teniendo un mayor impacto en la educación es la tecnología. En la actualidad, se ha convertido en una herramienta esencial al hacer posible que las y los estudiantes accedan a información y conocimiento en tiempo real.

Mediante el uso de dispositivos móviles e internet, se puede encontrar una gran cantidad de información en línea, lo que les ofrece respuestas a sus preguntas de manera rápida y eficiente. Además, los recursos educativos en línea, como videos, tutoriales, juegos educativos y libros electrónicos, han mejorado la forma en que se presenta la información, lo que hace que la enseñanza-aprendizaje sea más atractiva y accesible para los estudiantes (Collins & Halverson, 2009).

La educación debe evolucionar y adaptarse para incorporar nuevas herramientas, tecnologías y metodologías que permitan al alumnado desarrollar las habilidades, competencias y conocimientos necesarias para enfrentar los desafíos que el futuro laboral traerá consigo. En este sentido, la tecnología juega un papel fundamental, ya que puede ser utilizada para mejorar la accesibilidad, la calidad y la eficacia de la educación, así como la forma en que los profesores enseñan, la colaboración y la interacción entre las y los estudiantes. Sin embargo, es importante

abordar los desafíos asociados con el uso de la tecnología, como la brecha digital, para garantizar que el estudiantado tenga acceso a una educación equitativa y de alto nivel.

En lo que respecta a la arquitectura el desafío no es menor, ya que se enfrenta a una serie de transformaciones globales que serán un reto aún mayor en el futuro. Por ello, es necesario desarrollar una serie de competencias profesionales en las y los arquitectos, para poder hacer frente a estos cambios estructurales que se avecinan. Por ejemplo: analizar problemas complejos de diseño y encontrar soluciones a través del uso de tecnologías avanzadas. También se deben desarrollar destrezas de comunicación y colaboración para trabajar en equipo. Igualmente, ampliar habilidades cognitivas en distintos niveles como la toma de decisiones, la creatividad y, sobre todo, la innovación.

Estos cambios globales plantean desafíos y oportunidades para la industria de la construcción en todo el mundo. El rápido avance de la tecnología ha permitido el desarrollo de nuevas herramientas digitales que pueden hacer frente a estos retos y están transformando la forma de realizar proyectos de edificación. La metodología BIM es una de estas herramientas que facilita a las y los profesionales del sector, el trabajar de manera colaborativa e integrada en proyectos de gran complejidad, lo que puede mejorar la eficiencia, la calidad y la sostenibilidad de los proyectos de construcción (Eastman, Teicholz, Sacks & Liston, 2011).

Con la finalidad de garantizar que las y los futuros arquitectos estén preparados para los desafíos del mercado laboral, es fundamental integrar la metodología BIM en los programas de estudio. La educación en arquitectura debe evolucionar junto con la tecnología (Siemens, 2013), ya que el BIM se ha convertido en una herramienta

indispensable para la gestión de proyectos de construcción. Al incluir esta metodología en la formación académica, se dota a las y los estudiantes de las habilidades necesarias para aplicarla de manera efectiva y contribuir al desarrollo de proyectos más eficientes y sostenibles.

A medida que la metodología BIM se ha ido consolidando en el sector AEC en todo el mundo, se ha creado una necesidad en la formación de profesionales. De esta manera, se ha visto el potencial de su integración en la educación. Por ello, cada vez son más las universidades que están incorporando esta metodología en sus planes de estudio. Sin embargo, la implementación de BIM en la educación presenta una serie de beneficios y retos que vale la pena tener en cuenta.

A continuación, se analizan algunos de los principales beneficios:

- La metodología BIM es cada vez más usada por profesionales en todo el mundo, por lo que los estudiantes que aprendan a trabajar bajo ella tendrán mayores oportunidades laborales (Azhar, Nadeem, Mok & Leung, 2008).
- Las y los estudiantes tienen la ocasión de trabajar con herramientas tecnológicas avanzadas, simulando proyectos reales. Esto hace posible que desarrollen habilidades y conocimientos prácticos que aplicarán en su futura carrera profesional (Witt & Kähkönen, 2019).
- Permite al alumnado crear modelos virtuales de los proyectos, lo que les ayuda a detectar y corregir errores. Además, se mejora la calidad del diseño y proporciona un entendimiento integral del edificio antes de su construcción.
- Facilita la comunicación y colaboración entre estudiantes, lo que conlleva un proceso más eficiente y productivo mediante la resolución de problemas.

A pesar de los beneficios mencionados, la introducción de la metodología BIM en la educación también trae consigo algunos retos. Los principales son:

- La necesidad de invertir en tecnología y software avanzado, lo que puede resultar costoso para las universidades.
- La mayoría del profesorado, así como buena parte de las y los estudiantes, aún no están familiarizados con la metodología BIM, lo que hace que su implementación sea más difícil, al requerir un alto nivel de formación y capacitación.
- Significa un cambio en la mentalidad y la adaptación a una nueva forma de trabajar. Por lo tanto, la resistencia al cambio siempre implica un obstáculo.
- Requiere cambios en los planes de estudio y en la organización de las clases, lo que puede generar resistencia y dificultades en algunas instituciones educativas.

La implementación de la metodología BIM en instituciones educativas presenta beneficios y retos importantes. Si bien, su enseñanza puede requerir una inversión significativa en tecnología y capacitación de las y los profesores, también puede mejorar la calidad de la enseñanza-aprendizaje, así como la eficiencia y la productividad de las y los estudiantes. Al desarrollar estas y otras habilidades, se encontrarán en mejores condiciones de tener una evolución profesional exitosa. Por ende, es importante que las instituciones educativas trabajen en superar los obstáculos y consideren los beneficios que a largo plazo puede traer a la institución, las y los estudiantes y la industria de la construcción en general.

1.5 Incorporación de BIM en la formación de las y los arquitectos

La metodología BIM se va consolidando cada vez más como una herramienta fundamental en el proceso de diseño, construcción y mantenimiento en cualquier obra de infraestructura o edificación. Por consiguiente, se ha convertido en un conocimiento esencial para estudiantes y profesionales de la arquitectura. Dentro de este marco, resulta necesario que las escuelas de Arquitectura incorporen la metodología BIM en sus métodos de enseñanza. A continuación, se presentan algunos aspectos para tener en cuenta:

- Las escuelas de arquitectura deben incorporar la metodología BIM en sus planes de estudio (Abdirad, 2016). Esto puede incluir la modificación de la retícula existente para agregar las materias correspondientes, que aborden el tema de manera integral. También es factible integrar los contenidos deseados dentro de materias ya existentes. Finalmente, es posible incluir cursos opcionales fuera de la malla curricular de la carrera.
- Se debe proporcionar acceso a software de modelado BIM a las y los estudiantes, ya sea en los laboratorios de cómputo de la institución o mediante licencias de software para estudiantes. Esto les permitiría entender mejor los conceptos y forma de trabajo, así como desarrollar habilidades en el uso del software.
- Incentivar la colaboración entre estudiantes de arquitectura e incluso entre disciplinas afines, como ingeniería civil, topografía o ingeniería eléctrica. Es factible promover la colaboración multidisciplinaria entre proyectos utilizando la metodología BIM (Adamu & Thorpe, 2016).

- Se pueden establecer alianzas con empresas y profesionales de la industria de la construcción para tener conocimiento de proyectos y formas de trabajo reales, con la finalidad de garantizar que los futuros arquitectos y arquitectas estén preparados para trabajar con la metodología en la práctica profesional.
- Es necesario fomentar la innovación, al hacer posible para las y los estudiantes experimentar con nuevas técnicas y procesos, a través del uso de la metodología BIM, para desarrollar nuevas soluciones y herramientas en la construcción (Becerik-Gerber, 2011)
- Es importante que las y los profesores de arquitectura se capaciten en el uso de la metodología BIM para así enseñarla de manera efectiva. Esto debe incluir cursos de capacitación o talleres específicos que les permitan conocer la herramienta a fondo y enseñarla de manera práctica.

La incorporación de la metodología BIM en las escuelas de Arquitectura es esencial para garantizar que las y los futuros arquitectos tengan las habilidades necesarias para diseñar y construir edificios de manera más eficiente, sostenible y colaborativa. Es importante destacar que una implementación exitosa requiere un enfoque utilitario basado en proyectos, ya que es una herramienta que se aprende a través de la práctica. Además, debe existir un compromiso continuo por parte de las universidades para mantenerse al día con los avances tecnológicos y asegurarse de que el estudiantado reciba la educación que necesitan para enfrentar los desafíos de la industria de la construcción.

A medida que la metodología BIM se va extendiendo y consolidando en la industria de la construcción, se ve acompañada por una variedad de softwares

especializados que hacen posible su implementación. Se han vuelto indispensables para llevar a cabo proyectos de todo tipo, en especial aquellos de gran envergadura y complejidad. Por ello, resulta importante tener en cuenta que la elección del software BIM dependerá de las necesidades del proyecto y las capacidades del usuario. A continuación, se mencionan las características de los más usados en el mundo:

- Uno de los más relevantes en la metodología BIM es *ArchiCAD*. Este software desarrollado por *Graphisoft* se ha destacado por su interfaz amigable y su capacidad para generar modelos 3D detallados y precisos. *ArchiCAD* gestiona la información de construcción de manera efectiva y cuenta con una amplia variedad de herramientas de colaboración en tiempo real (Graphisoft, 2023).
- *Allplan* es un programa informático desarrollado por *Nemetscheck* específicamente para la industria de la construcción. Permite la creación de modelos 3D detallados y la generación de documentación de manera rápida y precisa. *Allplan* también cuenta con herramientas de colaboración en línea y una amplia gama de complementos (Allplan, 2023).
- *Tekla Structures* es un paquete diseñado específicamente para el sector de la construcción de acero y concreto. Es útil para la creación de modelos 3D detallados y la generación de documentación precisa. *Tekla Structures* también cuenta con herramientas de colaboración en línea y una amplia gama de complementos (Teckla, 2023).
- *Edificius* es una aplicación de diseño y modelado 3D desarrollado por la empresa *ACCA Software*. Es una herramienta que crea modelos 3D precisos

y detallados para el diseño de edificios. Su facilidad de uso y capacidad de integración con otras herramientas BIM lo hacen una opción atractiva para el diseño y construcción de proyectos de diferentes escalas y complejidades (ACCA Software, 2023).

- *Vectorworks* es un software de diseño que ofrece una amplia gama de herramientas para el diseño de arquitectura, paisajismo, escenografía, iluminación y entretenimiento. Además, cuenta con un conjunto completo de herramientas de dibujo y modelado en 2D y 3D, así como una amplia biblioteca de objetos y símbolos predefinidos para facilitar la creación de proyectos. También cuenta con herramientas de análisis energético y de iluminación natural para mejorar la eficiencia energética de los edificios (Vectorworks, 2023).
- *Revit* es uno de los softwares más populares y ampliamente utilizado en la industria de la construcción. Este software desarrollado por *Autodesk* posibilita la creación de modelos 3D detallados y la gestión de información de construcción de manera eficiente. *Revit* cuenta con una amplia variedad de herramientas para el modelado y gestión de información que facilitan la colaboración entre los diferentes miembros del equipo de trabajo. Además, *Revit* es compatible con otros softwares de la suite de *Autodesk*, lo que favorece la transferencia de información entre diferentes plataformas (Autodesk, 2023).

Los softwares BIM mencionados anteriormente son solo una muestra de los muchos disponibles en el mercado. Sin embargo, *Revit* se destaca como el más relevante

debido a su amplia gama de herramientas, su gran capacidad para trabajar en equipo y colaborar en línea. Asimismo, es el software más utilizado y difundido en la industria de la construcción en México y el mundo. Además, cuenta con una amplia gama de software complementario de la misma empresa *Autodesk*, así como una comunidad grande de usuarios, usuarias y desarrolladores.

Como se ha mencionado hasta ahora, la tecnología se ha convertido en un elemento fundamental en la educación moderna, ya que ofrece herramientas que permiten un aprendizaje más interactivo, accesible y personalizado. En la industria de la construcción, la metodología BIM está cambiando la forma en que se piensa y se ejecuta un inmueble. Actualmente, experimenta un desarrollo acelerado gracias al avance e integración de nuevas tecnologías, que tendrán un impacto mayor en el futuro, al mejorar la calidad y eficiencia, al mismo tiempo que ayuda a reducir costos en la edificación.

La educación y capacitación en BIM son esenciales para asegurar que las y los profesionales de la construcción comprendan la metodología y puedan aplicarla de manera práctica, efectiva y orientada a proyectos. Para lograr una integración en las escuelas de arquitectura, es necesario incorporar la enseñanza de BIM en el plan de estudios, proporcionar acceso a software especializado, favorecer la colaboración entre estudiantes de diferentes disciplinas, invitar a profesionales a compartir su experiencia y fomentar la innovación. De esta manera, las y los futuros arquitectos estarán preparados para trabajar con la metodología en la práctica profesional.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA BIM EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR: EXPERIENCIAS GLOBALES Y CONSIDERACIONES PEDAGÓGICAS

El sector de la construcción, al igual que la industria en general, se encuentra en un momento de profunda transformación, impulsada por la adopción de tecnologías emergentes, como la metodología BIM. Esto abre un abanico de posibilidades y áreas de trabajo hasta hace poco inimaginables, tanto en el diseño o construcción de un proyecto, como en su posterior mantenimiento.

La incorporación de la tecnología en cada aspecto de la vida de las personas está transformando en mayor medida, la forma en que interactúan, trabajan y experimentan su entorno. La tecnología se ha convertido en un elemento fundamental en la educación moderna, ya que ofrece herramientas que permiten un aprendizaje más interactivo, accesible y personalizado.

El uso de la metodología BIM en el sector AEC, supone un cambio en la forma de trabajar y colaborar entre profesionales. Las y los arquitectos actuales y futuros, se verán en la necesidad de adaptarse a esta nueva forma de trabajo. Como resultado, las universidades juegan un papel primordial en la formación de estos profesionales, para que sean capaces de responder a las demandas del mercado.

En el presente capítulo, se aborda la experiencia de diversas universidades en el mundo y en México en la implementación de la metodología BIM en el entorno académico. Además, se investiga el uso y enseñanza del software *Revit* en los planes de estudio. Finalmente, se exploran distintas consideraciones pedagógicas a tener en

cuenta, alineadas con el plan curricular existente, así como estrategias de aprendizaje para definir la mejor forma para la enseñanza de esta metodología en la UAZ.

2.1 Metodología BIM en los planes de estudio

Debido a su importancia en la economía, el aumento constante en la complejidad de las acciones de la industria de la construcción requiere nuevas formas de trabajo que nos permitan acelerar procesos y que promuevan la colaboración entre profesionales, en aras de lograr una mayor eficiencia en todas las etapas del ciclo de vida de un edificio.

En este contexto, la metodología BIM se está convirtiendo en una práctica estándar en muchas partes del mundo. Por ello, resulta una herramienta fundamental para la planificación, diseño, construcción, gestión y mantenimiento de toda obra de construcción. Esta forma de trabajo no solo mejora la precisión y eficiencia en el diseño, sino que también fomenta una mejor comunicación y colaboración entre todas y todos los actores involucrados en un proyecto (Meana, Bello & García, 2019).

La creciente adopción de la metodología BIM por la industria AEC, ha traído como consecuencia un aumento en la demanda de personal formado en esta nueva forma de trabajo. Las y los profesionales capacitados en BIM son altamente solicitados por empresas de diseño, construcción y administración de proyectos debido a los beneficios que aporta, comparada con otras formas de trabajo. Por lo tanto, las universidades desempeñan un papel crucial en la preparación de profesionales capaces de enfrentar los retos del mercado laboral presente y futuro (Bañón, Bañón & Marco, 2021).

La metodología BIM junto con otras tecnologías están transformando la forma en que se llevan a cabo los proyectos de construcción, lo que significa que es necesario que las y los egresados de la carrera de arquitectura cuenten con las habilidades necesarias para trabajar en un entorno cada vez más digitalizado. Por consiguiente, la integración de la metodología BIM en los planes de estudio de las escuelas de arquitectura, no solo es una buena oportunidad para mejorar la empleabilidad de las y los futuros graduados, sino que ayudaría a disminuir la brecha entre lo que se imparte en las universidades y lo que realmente requiere la industria de las y los nuevos profesionales (Cos-Gayón, 2016).

Actualmente, existen varias universidades en el mundo que están tomando medidas para integrar la metodología BIM en sus planes de estudio. Estas acciones pueden variar según la institución, ya sea a través de cursos específicos, talleres, seminarios, posgrados u otros. Pero, aunque existen diversos estándares que otorgan una guía para la implementación y aplicación de la metodología BIM en el sector público, no hay estándares que puedan orientar a las universidades en su implementación en el entorno académico (Álvarez & Ripoll, 2020).

2.2 Experiencias en universidades del mundo

La metodología BIM se ha utilizado en la industria de la construcción para mejorar la eficiencia y la calidad del diseño, la construcción y el mantenimiento de edificios. En consecuencia, se ha experimentado un aumento en la demanda de profesionales capacitadas y capacitados en esta metodología, lo que ha llevado a muchas

universidades del mundo a integrarla dentro de sus planes de estudio, así como a ofrecer cursos y programas de capacitación complementarias.

En este campo, la Universidad de Yale, en Estados Unidos de América, ha implementado la metodología BIM en distintas asignaturas, por ejemplo, en “Introducción al Diseño y la Construcción Digital”, donde estudios como los realizados por los profesores Andrew Benner y Aniko Scelepcsényi, o el realizado por Phil Bernstein (Fernández, 2023) de la Facultad de Arquitectura, han demostrado que las y los estudiantes mejoraron su capacidad para comprender y analizar proyectos complejos, así como para trabajar en equipo y administrar una obra de construcción con mayor eficiencia, al tomar decisiones mejor informadas.

La Universidad de Stanford también ha implementado programas de formación en la metodología BIM en sus departamentos de arquitectura e ingeniería. Se han creado cursos específicos y laboratorios especializados, en colaboración con el sector industrial para proporcionar a los estudiantes experiencias prácticas con proyectos reales. Los cursos se centran en la colaboración y están dirigidos por docentes expertos en el uso de esta metodología, mientras que en los laboratorios pueden experimentar con la tecnología y aplicar lo aprendido (Fernández, 2023).

Por su parte, la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Hong Kong ofrece cursos, talleres y conferencias especializadas en la metodología BIM. También trabaja estrechamente con la industria de la construcción, al privilegiar los proyectos de construcción reales y hacer uso de la tecnología para simulaciones y evaluaciones en cuanto el rendimiento de los edificios (Masdéu, 2016).

2.3 Experiencias en universidades en México

En el ámbito nacional, un ejemplo de la implementación de la metodología BIM en la educación puede encontrarse en el trabajo de Aurora Poó Rubio, docente de la UAM-AZC. Lidera un equipo multidisciplinario conformado por docentes de diferentes instituciones de educación superior, como la UADY y la UPM.

Su experiencia se enmarca en el Programa para el Desarrollo Profesional Docente² (PRODEP), donde se han abarcado diversos niveles educativos, desde licenciatura hasta doctorado, con resultados variados en cada uno de ellos. De este modo, se busca desarrollar la investigación sobre temas de diseño y administración de la construcción, con una línea de trabajo basada en la metodología BIM (Poó, *et al.*, 2016).

De acuerdo con sus investigaciones en la UAM-AZC, el alumnado de licenciatura demostró una gran capacidad de autoaprendizaje. Igualmente, lograron comprender rápidamente los principales conceptos de la metodología y utilizaron software especializado, principalmente Revit para crear modelos, recorridos virtuales y estructuras, dentro de las clases aisladas que se les impartieron de manera extracurricular.

Sin embargo, como resultado de la falta de materias específicas sobre cuantificación de volúmenes, cálculo de costos y programación de obra, el aprovechamiento del software se vio limitado. Más aún, debido a que las y los estudiantes trabajaron con equipos de cómputo personales, no siempre se cumplían

² Programa federal que busca contribuir al fortalecimiento del perfil del personal docente, mediante programas de formación, actualización y formación; con la finalidad de que alcancen las capacidades de investigación-docencia, desarrollo tecnológico e innovación con responsabilidad social. Además, busca generar una comunidad académica capaz de transformar su entorno, que se articulen y consoliden en cuerpos académicos (Diario Oficial de la Federación (DOF), 2023).

los requisitos mínimos para el funcionamiento de este programa de manera óptima (Poó, *et al.*, 2016).

En la UADY, se buscó la colaboración de equipos multidisciplinarios para abordar distintos proyectos bajo la metodología BIM entre alumnas y alumnos de maestría. Utilizaron tutoriales en video para llevar a cabo el proceso de enseñanza. A pesar de las limitaciones de tiempo, se logró completar de manera satisfactoria el aprendizaje de la metodología BIM y el software utilizado. Asimismo, las y los estudiantes comprendieron los beneficios de su aplicación y su relevancia en la práctica profesional (Poó, *et al.*, 2016).

En la UPM en España, la formación en la metodología BIM a nivel doctorado se encuentra en sus primeras etapas, por lo que aún no se han obtenido conclusiones definitivas. No obstante, la experiencia previa en la implementación de BIM a nivel maestría, les permite generar expectativas positivas acerca de la adecuada consecución del programa, lo que además posiciona estas iniciativas como un referente en el ámbito hispanoamericano (Poó, *et al.*, 2016).

La enseñanza de la metodología BIM en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) ha ido ganando relevancia en los últimos años. En la Facultad de Arquitectura, se ha dado especial importancia en el uso de nuevas tecnologías. A pesar de ello, la mayoría de los cursos que se ofertan no se imparten en coordinación con el Taller de Arquitectura. En consecuencia, lo aprendido por el alumnado no se ha alineado del todo con lo marcado por el Plan de Estudios 2017 (vigente al momento) (Palomares, 2020).

Para la implementación de la metodología BIM dentro de la UNAM, se consideraron dos fases. La primera consistió en llevar a cabo un diagnóstico sobre el

grado de conocimiento y utilización de esta metodología dentro de la facultad. Para ello, se tomaron en cuenta las particularidades del estudiantado y del personal docente, así como los recursos tecnológicos disponibles.

Con los datos obtenidos, se procedió a una segunda fase consistente en la implementación de algunas estrategias de enseñanza-aprendizaje, complementarias al Taller Integral de Arquitectura. Estas estrategias consistieron en el desarrollo de un curso del software Revit, donde se ponía en práctica el ejercicio abordado dentro del Taller y cuyos conocimientos adquiridos podían ser útiles en otras asignaturas.

Como resultado, se crearon modelos 3d dentro de Revit y se generaron renders, así como recorridos virtuales con software complementario (Lumion). Igualmente, se desarrolló material de apoyo como videotutoriales y guías de estudio en plataformas como *YouTube* o *WordPress* con la finalidad de facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Estas investigaciones y experiencias demuestran que la implementación de la metodología BIM en la enseñanza de la arquitectura es viable y trae consigo diversos beneficios, aunque no se encuentra exenta de desafíos. Por ejemplo, pone de manifiesto la necesidad de abordar la formación docente, la importancia de fortalecer la colaboración interdisciplinaria y salvar las limitaciones tecnológicas.

De manera adicional, proporcionan una visión de cómo varias universidades de México han abordado la enseñanza de la metodología BIM y cómo han integrado esta tecnología en sus programas académicos, con la finalidad de ayudar a las y los alumnos a adquirir nuevas herramientas para mejorar sus habilidades en un entorno de aprendizaje práctico.

2.4 Uso de Revit en la Educación

Revit es el software para BIM más usado en el mundo, que ha sido utilizado por la industria AEC, para desarrollar un modelo unitario que contenga todas las disciplinas de un proyecto ejecutivo. Todo esto conforma una parte esencial dentro de la metodología BIM. Por tal razón, se puede afirmar que mientras que BIM es la metodología de trabajo, Revit es una herramienta tecnológica que la hace posible.

Su uso en la educación ha aumentado significativamente en los últimos años. Muchas instituciones educativas lo han integrado en cursos y programas dentro de la Licenciatura en Arquitectura, ya que resulta una herramienta esencial para enseñar la metodología BIM. Las y los estudiantes aprenden a crear modelos 3D que contienen información detallada sobre todos los aspectos de un proyecto de construcción, lo que les permite desarrollar una mejor comprensión de un proyecto, desde la idea hasta la construcción y operación.

Otro elemento importante de este software es que facilita al alumnado el trabajar de forma colaborativa, no solo el diseño arquitectónico, sino también el diseño estructural y MEP (Mecánica, Eléctrica y Plomería), lo que refleja la realidad de la industria de la construcción. De igual manera, puede realizar simulaciones y análisis energéticos o de iluminación, con la finalidad de evaluar el rendimiento o eficiencia de un proyecto y proponer mejoras.

El uso de *Revit* en la educación no solo enseña a las y los estudiantes a utilizar una herramienta de software esencial, sino que también los prepara para ser profesionales de la construcción más eficientes y colaborativos. Del mismo modo, les brinda una comprensión más profunda de la metodología BIM, que es cada vez más relevante en la industria de la construcción.

2.5 Consideraciones pedagógicas para la aplicación de BIM

Al ser la metodología BIM una herramienta cuyo uso se ha extendido a nivel mundial, muchas universidades han comenzado a incluirla en sus planes de estudio. La implementación de esta forma de trabajo requiere una planificación cuidadosa y ciertas consideraciones pedagógicas, para garantizar que las y los estudiantes logren adquirir las habilidades necesarias para desempeñarse, de manera exitosa, en la industria de la construcción actual.

La integración de la metodología BIM en la Licenciatura en Arquitectura debe estar en línea con los objetivos de aprendizaje y las necesidades de la industria. Del mismo modo, debe ser incluida de manera coherente y estructurada. Es importante también que se definan los contenidos y competencias que se espera que las y los estudiantes adquieran. De igual manera, no se debe limitar a la mera adquisición de habilidades técnicas en un software específico, sino que se deben comprender los principios y fundamentos de la metodología.

Otro punto es el trabajo colaborativo, que es una parte fundamental de la metodología BIM, por lo que resulta esencial incluirla dentro de su enseñanza, con la finalidad de reflejar la dinámica real de los proyectos de diseño y construcción. Más aún, al formar grupos de trabajo, se estimula el desarrollo de habilidades individuales y colectivas, se promueve el intercambio de conocimientos y se fomenta un pensamiento crítico, a través de la generación de espacios de discusión y debate (Lizcano, Barbosa & Villamizar, 2019).

Ahora bien, su enseñanza debe ser práctica, donde el alumnado tenga la oportunidad de aplicar los conocimientos adquiridos en situaciones reales. En suma, es imprescindible que se valoren tanto los conocimientos teóricos, como las

habilidades prácticas adquiridas, en comparación con los objetivos establecidos y los contenidos impartidos.

Al tomar como base lo anterior, el enfoque teórico pedagógico seleccionado para el desarrollo de este trabajo se basa en la corriente constructivista, debido a que se centra en el aprendizaje activo que resulte significativo para el estudiantado, a través de la experiencia y la interacción con el entorno. Estas características se alinean con los requerimientos de la metodología BIM, ya que precisa del desarrollo de la capacidad de entender, gestionar y coordinar información compleja en un contexto de colaboración interdisciplinaria (Jin *et al.*, 2018).

2.5.1 Constructivismo

En educación, el constructivismo es una corriente pedagógica que destaca la importancia de las interacciones sociales en el proceso de aprendizaje, ya que es a través de ellas que las y los estudiantes construyen significados compartidos y desarrollan su pensamiento crítico. El conocimiento es un proceso dinámico e interactivo, donde la información que viene del exterior es interpretada por la mente, la cual construye sus modelos explicativos de la realidad (Serrano & Pons, 2011).

Esta teoría se basa en las aportaciones de distintos autores como Jean Piaget, Lev Vygotsky, David Ausubel y Jerome Bruner, entre otros. Cada uno de ellos enfatiza diferentes aspectos del proceso de aprendizaje, como el desarrollo cognitivo, el papel del lenguaje, la importancia de los conocimientos previos y la motivación intrínseca. Para el constructivismo, resulta de suma importancia que el estudiantado investigue y

explore su entorno, con la finalidad de poder dar respuesta a sus propias interrogantes (Sesento, 2017).

Según Ortiz (2015), se trata de una teoría y método de enseñanza que se refiere a la interrelación existente entre docentes y estudiantes, que además requiere la explicación de conceptos complementarios, como los objetivos, los contenidos, los recursos necesarios y la evaluación. De esta forma, existen diversos aspectos que constituyen el proceso formativo, desde el constructivismo:

- **Objetivos.** Es el motivo o propósito buscado una vez llevado a cabo el proceso formativo. Deben ser acordes al contexto en que se formulan y a los conocimientos previos del alumnado. Guardan una relación cercana con las estrategias de aprendizaje, ya que sirven como una orientación del desarrollo educativo, indican el orden de los contenidos, establecen los métodos y las formas de evaluación (Lamata & Domínguez, 2003). Desde la perspectiva del constructivismo, el objetivo de la enseñanza es que las y los estudiantes construyan un conocimiento significativo.
- **Contenidos.** Son los temas que se van a tratar en el proceso formativo, para que sean asimilados e integrados a la estructura cognitiva del alumnado. De esta forma, se genera una nueva manera de concebir su entorno y de ampliar su perspectiva previa, lo que contribuye a su desarrollo y crecimiento profesional, además de personal. Los contenidos deben coincidir con los objetivos planteados, con el tiempo disponible y la profundidad de la materia. Además, es necesario tener una secuencia y una coherencia lógica horizontal y vertical.

- Metodología. Se trata del modo en que se lleva a cabo la formación, cuya finalidad es que las y los estudiantes aprendan. Según la teoría constructivista, la metodología requiere tomar en cuenta el contexto del alumnado, considerar lo aprendido previamente, fomentar la participación activa, reflexiva y creativa; así como respetar el ritmo y estilo de aprendizaje de cada uno, su diversidad cognitiva, afectiva y cultural. Agregando a lo anterior, es preciso facilitar la interacción social y cooperación, el intercambio de ideas opiniones y experiencias.
- Técnicas. Son el conjunto de estrategias, técnicas y recursos que se utilizan para facilitar el aprendizaje. Su aplicación depende del grupo al que esté dirigida la técnica y de los recursos de la o el docente. Entre los recursos más usados se encuentran los físicos, materiales tecnológicos y financieros.
- Evaluación. Es un proceso que busca valorar el aprendizaje y el cumplimiento de los objetivos planteados originalmente, la cual representa una retroalimentación para el cuerpo docente y una ayuda en el perfeccionamiento del proceso formativo. Para que la evaluación sea efectiva, se debe basar en información objetiva que apoye la toma de decisiones, así como la comparación de resultados esperados con los obtenidos, en aras del mejoramiento y calidad de la formación (Pulgar, 2005).

Por ende, el conocimiento dentro de esta corriente pedagógica se construye a partir de experiencias previas y de las relaciones sociales que se dan en cada individuo,

donde la figura docente se concibe como un facilitador del aprendizaje, mediante la creación de recursos y la utilización de herramientas, capaces de formular situaciones desafiantes basadas en la realidad, en favor de un aprendizaje activo y significativo. Para ello, es necesario que se respete el contexto, necesidades, intereses y estilo de aprendizaje del alumnado.

En este sentido, el constructivismo encaja naturalmente con el enfoque de ABP, para su aplicación en la enseñanza en la carrera de arquitectura, ya que el alumnado realiza proyectos de diseño, basados en problemas del mundo real, donde deberá poner en práctica todos los conocimientos adquiridos previamente dentro de la carrera y fuera de ella. Además, deberá investigar, cuestionar, proponer soluciones de acuerdo con el contexto y, en general, ser partícipe de su propio aprendizaje.

En el caso de la UAZ, como sustento teórico de su Modelo Académico UAZ Siglo XXI, se enmarca en el constructivismo crítico donde *“los universitarios se transforman en sujetos cognoscentes, al ser capaces de examinar el contenido y la estructura de las relaciones institucionales que fijan el límite de su propio aprendizaje”* (Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ), 2005, p. 21).

Dentro de este modelo constructivista, el aprendizaje es más efectivo cuando los nuevos conocimientos se relacionan con la información previa del alumnado, de manera sustantiva y no arbitraria. Se centra en la construcción activa y profunda de conocimiento, que constituye un aprendizaje significativo, a través de la interacción con el entorno y con otras y otros estudiantes.

2.5.1.1 Aprendizaje significativo

Es un tipo de aprendizaje basado en la teoría constructivista, en el que el estudiantado establece una relación cognitiva entre la información nueva y aquella que ya posee. Asimismo, la dota de un sentido personal y de utilidad. Se centra en una comprensión profunda y duradera de los conceptos, en contraposición a una memorización superficial de la información. Su objetivo fundamental es que las y los estudiantes, además de adquirir nueva información, desarrollen la capacidad de utilizar esa información en situaciones del mundo real (Torres, 2016).

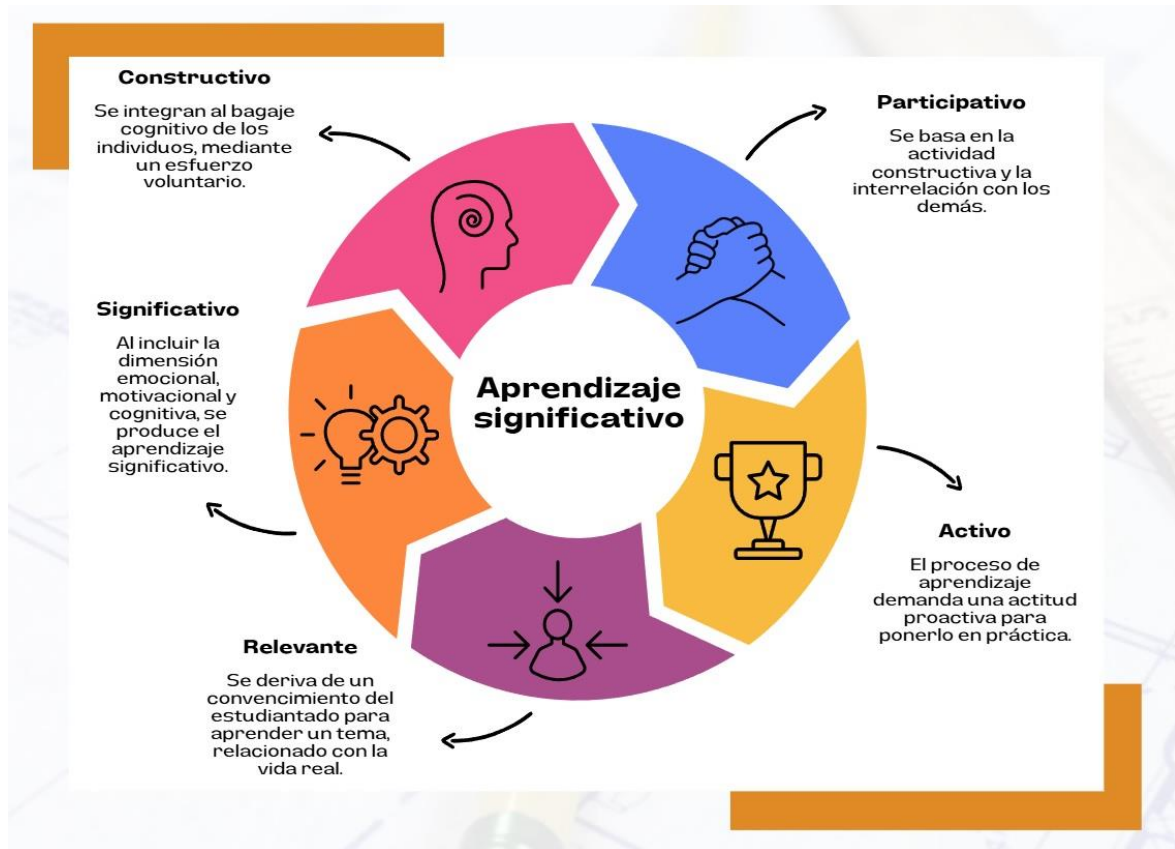
El término “Aprendizaje Significativo” fue propuesto por David Ausubel, basado en las teorías de Jean Piaget. En su Teoría del Aprendizaje Significativo por Recepción, señala que el aprendizaje sucede cuando la información presentada en su forma final, establece una relación con los conocimientos previos del individuo en un campo determinado de conocimiento. Al establecerse esta relación de forma interactiva se produce el aprendizaje (Viera, 2003).

De esta manera, el proceso educativo no parte de la nada, sino que aprovecha una serie de conocimientos y experiencias previas, por parte de las y los estudiantes, que influyen directamente en el proceso de formación y que sirven para su propio beneficio (Guerrero, 2020). Sus principales características son las siguientes (Ver también la Imagen 2):

- **Constructivo:** Los nuevos conocimientos se integran y pasan a formar parte del bagaje cognitivo de los individuos, mediante un esfuerzo voluntario para establecer esta relación.
- **Participativo:** Se basa en la actividad constructiva y la interrelación con las y los demás.

- Activo: El proceso de aprendizaje demanda una actitud proactiva para ponerlo en práctica.
- Relevante: Lo anterior se deriva de un convencimiento de las y los estudiantes por aprender un tema dado al considerarlo provechoso.

Imagen 2. Aprendizaje significativo



Fuente: Elaboración propia a partir de Guerrero, 2020.

Para que pueda darse el aprendizaje significativo, es necesario que la figura docente se convierta en un facilitador del conocimiento, más que en un transmisor. Para ello, hace falta que incorpore medidas que provoquen motivación en las y los alumnos, además de considerar su contexto y favorecer el trabajo colaborativo.

2.5.1.2 Aprendizaje Activo

El aprendizaje activo es una forma de enseñanza que busca involucrar a las y los estudiantes de manera directa y consciente en su propio proceso de aprendizaje. Bajo este enfoque pedagógico, las y los discentes dejan de ser receptores pasivos de información para involucrarse en la investigación, análisis, evaluación, síntesis y final resolución de problemas, que les permitan construir su propio conocimiento (Rodríguez, 2023).

Sus principales características son las siguientes:

- El alumnado es protagonista de su propio conocimiento. Las y los profesores toman el papel de guías, al brindar su ayuda de manera puntual.
- Requiere mayor involucramiento y esfuerzo por parte de las y los discentes, al mismo tiempo que un alto grado de motivación.
- Genera resultados más profundos y significativos, al adquirir el conocimiento mediante la acción.
- Mejora las habilidades emocionales y sociales del estudiantado (Durán & Gutiérrez, 2021).

El aprendizaje activo es una herramienta muy efectiva en la búsqueda de una comprensión más profunda y significativa de los conceptos, así como para el desarrollo de habilidades en la resolución de problemas, pensamiento crítico, trabajo en equipo, entre otros. Resulta útil también en una variedad de contextos y ambientes educativos, además de que se adapta a una amplia gama de temas y niveles educativos.

Bajo la perspectiva pedagógica que representa el aprendizaje activo, se valora la participación del estudiantado como elemento fundamental en la construcción de conocimiento, que resulta ser un catalizador para la adquisición de habilidades y la internalización de conceptos. Sin embargo, es necesario dar un paso más allá, es decir, pasar de una simple participación en actividades, a una vivencia directa de situaciones de aprendizaje auténticas, basadas en la reflexión sobre esas experiencias.

2.5.1.3 Aprendizaje experiencial

Este modelo pedagógico pone al estudiantado en el centro del proceso educativo, al fomentar la adquisición de conocimientos a través de experiencias directas y la reflexión sobre ellas. Es decir, el aprendizaje experiencial sumerge a las y los estudiantes en experiencias que les permiten aplicar lo que están aprendiendo en situaciones del mundo real.

En esta misma línea, valora las diferencias entre cada individuo, ya que, a partir de la interacción de las vivencias previas del alumnado y la adquisición de nuevos conocimientos, se puede dar un aprendizaje significativo. Por ello, resulta útil para resaltar la variedad en las formas de aprender de cada uno y poder sacar partido de sus destrezas previas (Espinar & Viguera, 2020).

En consecuencia, el aprendizaje experiencial se lleva a cabo a lo largo de la vida de forma cotidiana, ya que se basa en la reflexión y el análisis que llevamos a cabo de manera natural después de haber vivido una experiencia. No obstante, deberá hacerse de manera consciente.

Este modelo de aprendizaje se basa en los principios de varios autores que sirven para explicar el proceso de aprendizaje experiencial. Uno de los nombres más conocidos es el de David Kolb, quien propone cuatro fases o etapas, que son: la experiencia concreta, la observación reflexiva, la conceptualización abstracta y la experimentación.

En la experiencia concreta, se recuerda lo que se sintió en la misma. En la observación reflexiva, se comienza a guardar en la memoria el aprendizaje producido. En la conceptualización abstracta, se teoriza y se comunica lo vivido. Finalmente, en la experimentación activa se aplica lo aprendido y se reinicia el proceso (Espinar & Viguera, 2020).

El aprendizaje experiencial puede ser usado en una gran variedad de campos y contextos educativos. En especial, suele resultar efectivo en la enseñanza de habilidades prácticas. También, resulta muy útil para promover el desarrollo del pensamiento crítico, la toma de decisiones y la resolución de problemas.

2.5.2 Metodologías activas de aprendizaje

Dentro de la práctica pedagógica confluyen una serie de aspectos de suma importancia, que se refieren a lo que se va a aprender, cómo se va a aprender y cómo se enseña; así como la forma de evaluación para determinar un nivel de aprovechamiento que garantice un aprendizaje activo y significativo, según los objetivos planteados (Murillo, 2007).

Estos aspectos o metodologías educativas constituyen una serie de enfoques, estrategias, técnicas y prácticas, que las y los docentes utilizan para desarrollar su

práctica diaria con la finalidad de facilitar el aprendizaje del alumnado. Su uso resulta fundamental en la planificación de procesos de enseñanza-aprendizaje efectivos. La selección de la metodología más adecuada depende de varios factores, como son el nivel educativo, el contexto del grupo, los contenidos, los objetivos y los recursos de las y los docentes, entre otros.

Existen diferentes tipos de metodologías educativas, que se pueden clasificar en tradicionales y en innovadoras. Las primeras, consisten en la transmisión de conocimientos de manera directa, a lo largo de un tiempo determinado en el aula, donde todos reciben las mismas explicaciones dentro de la clase. En el caso de las segundas, también denominadas metodologías activas, buscan que el estudiantado sea más activo y participativo de su propio proceso de aprendizaje, capaces de identificar necesidades de aprendizaje, investigar y resolver problemas (Luelmo, 2018).

Las metodologías activas de aprendizaje han ganado bastante relevancia en los últimos años. Se trata de un conjunto de técnicas y estrategias encaminadas en lograr que el alumnado sea el protagonista de su propio proceso de aprendizaje, mediante la participación activa, la resolución de problemas reales y el trabajo colaborativo. De esta manera, han logrado tener resultados positivos en la motivación y percepción de satisfacción por parte de los discentes (Escamilla & Muriel, 2022).

Existen varios ejemplos de metodologías activas, cada una de ellas con características y objetivos propios. Algunas de ellas son:

- Aprendizaje basado en proyectos.
- Aprendizaje basado en problemas.

- Aprendizaje servicio.
- Aula invertida.
- Aprendizaje cooperativo.
- Aprendizaje por descubrimiento.
- Gamificación.
- Otras.

Todas estas metodologías comparten un elevado número de características, puesto que se basan en la corriente constructivista. De esta manera, las y los estudiantes dirigen su propio proceso de aprendizaje, basado en un problema o ejercicio de la vida real. Su resolución requiere con frecuencia el trabajo multidisciplinario y en equipo, relacionar conocimientos teóricos y experiencias adquiridas con anterioridad, donde la figura docente establece una sucesión de actividades encaminadas a lograr los objetivos y a alcanzar un aprendizaje significativo (Molina, 2021).

Entre las principales ventajas del uso de las metodologías activas se encuentran que favorecen la motivación, la autonomía, la creatividad y el pensamiento crítico entre el estudiantado. Además, permiten desarrollar competencias transversales, a través del uso variado de recursos educativos. Entre estos últimos, podemos mencionar que las herramientas tecnológicas favorecen el acceso a la información, la interacción y colaboración, así como la creación dinámica e interactiva de contenidos (Baro, 2011).

2.5.3 Aprendizaje basado en proyectos

Desde el punto de vista conceptual, el ABP comparte muchas características con el aprendizaje basado en problemas, al grado de que en algunos estudios no se les

considera como metodologías diferentes. Para el presente documento de investigación, se considerarán únicamente las características atribuidas al ABP, ya que la práctica de la arquitectura implica proyectos de diseño, construcción, planificación urbana, restauración del patrimonio, etcétera.

El ABP es una metodología educativa que involucra a las y los estudiantes en la resolución de problemas o proyectos reales. Se desarrolla de forma colaborativa para enfrentar al estudiantado con situaciones que los lleven a proponer soluciones a un problema dado. El proyecto se entiende como un conjunto de actividades planificadas, organizadas y controladas, que se llevan a cabo para alcanzar un objetivo, resolver un problema o proporcionar un servicio específico, dentro de un plazo y presupuesto determinado (Cabo & Valdivia, 2017).

De esta forma, el aprendizaje se da a través de la instrucción directa, donde las y los alumnos se centran en la investigación, diseño e implementación de un proyecto que aborda problemas del mundo real. Además, fomenta el aprendizaje activo, colaborativo y práctico, así como el desarrollo de habilidades y conocimientos de manera profunda y significativa.

El ABP consta de los siguientes pasos:

- Elección de la idea o proyecto: Se elige una idea, proyecto o pregunta detonante que sea relevante, de acuerdo con los objetivos planteados dentro de la materia.
- Investigación: Se investiga y recopila información sobre el tema con la ayuda de preguntas guía. Asimismo, se planifica la forma de abordar el proyecto.
- Diseño o creación: Se lleva a cabo el diseño del proyecto o la creación del producto, de forma física, documental, digital, etcétera.

- Implementación: Se pone en práctica lo que se ha diseñado o creado, según la naturaleza, características y dificultad del curso.
- Presentación: Se exponen los resultados entre compañeros, maestros u otro público relevante.
- Evaluación: Se evalúa el trabajo, se da una retroalimentación y se reflexiona sobre lo aprendido y las habilidades desarrolladas (Russell, 2014).

Este tipo de aprendizaje puede ser adaptado a diferentes niveles educativos y materias. Se trata de una metodología efectiva para crear un ambiente dinámico de aprendizaje, cuyas ventajas son entre otras: desarrolla habilidades prácticas, aumenta la motivación y la colaboración entre estudiantes.

Debido a su impacto ayuda en la preparación de las y los estudiantes para afrontar situaciones del mundo real y fomenta el aprendizaje autodirigido. Incluso, puede generar habilidades como la discusión, debate e intercambio de ideas; así como trabajo en equipo, adaptación al cambio, análisis de información y pensamiento creativo para resolver problemas (Boss & Krauss).

El objetivo de la enseñanza de la arquitectura es que el alumnado desarrolle competencias como aprender a aprender, investigar y conocer su entorno, generar ideas y soluciones a un problema de diseño dado, así como expresar y organizar esas ideas, mientras se convierte en protagonista de su propia formación, al participar de forma activa en el proceso de aprendizaje (Aldaba, 2016).

El ABP en el campo de la arquitectura permite a las y los estudiantes adquirir un entendimiento profundo de los conceptos y procesos de diseño arquitectónico, al enfrentar desafíos del mundo real. Esta metodología refleja en buena medida la

naturaleza de la profesión, ya que ambas implican un proceso de investigación, diseño y resolución de problemas del entorno, donde se integran conocimientos de distintas disciplinas y se valora la creatividad, el pensamiento crítico, la comunicación y el trabajo colaborativo. Se trata, pues, de un aprendizaje integral, donde las materias en lo individual cobran sentido en la medida que confluyen en un mismo fin (Rendón, Reyes & Torres, 2018).

2.5.4 Evaluación desde la corriente constructivista

La evaluación bajo la corriente pedagógica constructivista es un proceso que busca medir el aprendizaje de las y los estudiantes de manera que sean coherentes con esta teoría. Es decir, desde una perspectiva que reconozca su papel activo, creativo y crítico en la construcción de su propio conocimiento y, por lo tanto, debe participar en la evaluación de su propio progreso. De esta manera, no se limita a medir los resultados o productos finales del aprendizaje, sino que considera además los procesos, estrategias y actitudes del alumnado durante todo el proceso formativo (Arias, Labrador & Gámez, 2019).

La evaluación en el constructivismo implica la participación de docentes y discentes, así como todos los agentes involucrados, en el diseño, implementación y la retroalimentación de la evaluación con el fin de mejorar el aprendizaje y el desarrollo integral del estudiantado. Su importancia radica principalmente en que favorece un aprendizaje activo y significativo (Ahumada, 2018). Además, permite el desarrollo de habilidades para aplicar, analizar y sintetizar información, para formar un pensamiento crítico y la resolución de problemas.

Los tipos de evaluación más usadas dentro de la corriente constructivista son los siguientes:

- Evaluación diagnóstica. Permite identificar los conocimientos previos, las necesidades y los intereses del estudiantado previos al período formativo, con la finalidad de ubicarlo en un nivel determinado.
- Evaluación formativa. Facilita registrar de manera sistemática el progreso de las y los estudiantes, además de proporcionar retroalimentación constante, lo que ayuda a realizar ajustes e intervenciones pedagógicas, según sea necesario.
- Evaluación sumativa. Mide el cumplimiento de los objetivos de aprendizaje y avala las competencias adquiridas por el alumnado, al finalizar un programa o curso.

A su vez, se emplean diversas técnicas e instrumentos de evaluación, que pueden ser formales, informales o semi-formales; que permiten registrar las evidencias del aprendizaje. Algunos ejemplos son: la observación directa, entrevistas y cuestionarios, pruebas escritas, portafolios, mapas conceptuales, rúbricas, proyectos, entre otros (Fernández, S.F.).

La evaluación en el ABP resulta de gran importancia a la hora de garantizar la calidad y efectividad de esta metodología educativa. La evaluación debe ser coherente con los principios pedagógicos que sustentan este tipo de aprendizaje. Entre las características principales se encuentran las siguientes:

- Debe ser continua a lo largo de todo el proceso de aprendizaje. Además, debe proporcionar una retroalimentación que sirva como base para una mejora durante el desarrollo del proceso educativo.
- Debe valorar todo el proceso formativo de manera integral, al igual que el producto o proyecto final. Éste último debe enfrentar al discente a situaciones de la vida real.
- Es necesario que involucre a las y los agentes educativos en el diseño e implementación de los criterios de evaluación.

La evaluación se basa en el concepto de que resulta igualmente importante comprender la forma en que las y los alumnos llegan a la solución de los problemas planteados, como la solución en sí. Con ello, se promueve la observación, el seguimiento, la retroalimentación y el desarrollo de habilidades metacognitivas, para lograr un aprendizaje profundo y significativo (Cisterna, 2005).

De igual modo, la evaluación resulta fundamental para medir el aprendizaje del estudiantado, especialmente su capacidad para aplicar los conocimientos y habilidades adquiridas, en problemas o situaciones de la vida real. Por ello, la elección de la mejor forma de evaluación dependerá de diversos factores, como los objetivos de aprendizaje planteados, el tipo o nivel del curso, características de los discentes o los recursos disponibles (Trujillo, 2013).

En la mayoría de los casos, una combinación de diferentes técnicas o herramientas de evaluación puede proporcionar una imagen más completa del desempeño y el cumplimiento de los programas de estudio. En el caso de la enseñanza de la arquitectura, es necesario seleccionar instrumentos y criterios que reflejen las

situaciones reales que enfrenta un arquitecto o arquitecta, ante un problema de diseño como la funcionalidad, la estética, la innovación, la sostenibilidad, la viabilidad del proyecto, entre otras.

2.5.5 TIC en el proceso de enseñanza

Debido al rápido avance con que se dan los avances tecnológicos, el concepto de TIC ha cambiado a lo largo del tiempo. Por ejemplo, para Castells (1996) son un conjunto de descubrimientos científicos en el campo de la tecnología, que tienen un mayor impacto en los procesos de planificación, organización, dirección y control; que en los de producción.

Para Cabero (1998) se trata de tecnologías que se han desarrollado alrededor de cuatro medios principales: la informática, la microelectrónica, los multimedia y las telecomunicaciones; los cuales se interconectan entre sí para lograr nuevas realidades comunicativas.

Una de las definiciones más recientes la encontramos en Roblizo y Cózar (2015), donde se trata de un evento de gran impacto e influencia, tanto en el ámbito tecnológico, como en el social, que abarca la totalidad de quehaceres humanos, como el trabajo, la escuela, el ocio y el consumo.

Las TIC presentan algunas características como: instantaneidad, interactividad, interconexión y diversidad, entre otras (Grande, Cañón & Cantón, 2016). Gracias a ellas, han logrado influir en todos los aspectos de la vida, desde lo laboral, lo educativo o lo social, al facilitar las comunicaciones y el acceso a la información.

El uso de la tecnología en educación ha desempeñado un papel cada vez más importante en los últimos años. Ha transformado la forma en que se accede a la

información, se produce y se intercambia conocimiento. Por si fuera poco, implica el uso de diversas herramientas y recursos tecnológicos que pueden ser integrados como complemento en la práctica pedagógica, especialmente en aquellas teorías que centran su atención en el alumnado y en el proceso de aprendizaje (Belloch, 2012).

Algunas ventajas del uso de las TIC en educación son las siguientes:

- Amplía la cantidad, calidad y variedad de medios de información disponibles.
- Enriquece las estrategias de enseñanza-aprendizaje, al favorecer el desarrollo de competencias y habilidades.
- Favorece la participación y colaboración entre estudiantes, mientras estimula su creatividad y autonomía.
- Mejora la comunicación e interacción entre los diferentes agentes educativos (Islas, 2017).

El uso de las TIC en educación ofrece numerosas ventajas. Empero, el profesorado deberá ser capaz de elegir adecuadamente las herramientas que va a utilizar, ya que la eficacia y pertinencia en su uso, será determinado por una planificación cuidadosa y un enfoque centrado en el aprendizaje.

La exploración de la experiencia nacional e internacional revela valiosas lecciones sobre la implementación de la metodología BIM en entornos académicos similares al de la UAZ, a la vez que proporciona un mejor entendimiento de las herramientas prácticas que han demostrado ser eficaces en otros contextos educativos.

Las consideraciones pedagógicas y didácticas anteriormente analizadas sirven como guía sobre los conceptos que deben tenerse en cuenta para una implementación

efectiva de la metodología BIM en esta institución. Es necesario un enfoque contextual, que tome en cuenta el entorno socioeconómico y cultural, que ayude a proponer estrategias y contenidos coherentes con el modelo educativo y las características distintivas de la UAZ.

CAPÍTULO III

PROPUESTA DE INTEGRACIÓN CURRICULAR: INCORPORACIÓN DEL TALLER INTEGRAL BIM

A lo largo de este capítulo, se describen los pasos prácticos para la integración de la metodología BIM en el plan de estudios de la Licenciatura en Arquitectura de la UAZ, a través de la descripción de su contexto, la propuesta de incorporación de una nueva asignatura, así como el diseño de ésta.

La nueva materia, que incluye contenidos, metodología, estrategias didácticas, forma de evaluación, etc., está basada en los principios del Diseño Curricular. Posteriormente, se explora una forma de integración del plan de estudios existente con la modificación curricular propuesta, con los ajustes y modificaciones necesarias para llevarlo a cabo.

3.1 Descripción de la Licenciatura en Arquitectura de la UAZ

La Licenciatura en Arquitectura de la UAZ fue creada en 2019 con la finalidad de formar profesionales capaces de diseñar, construir y mantener espacios habitables. Pertenece a la Unidad Académica de Ingeniería I y se ubica en la Av. Ramón López Velarde, Número 801, en el Centro Histórico de la ciudad de Zacatecas, dentro del Campus I de la misma universidad (Ver Imagen 3).

En la apertura de la carrera contaba con 70 alumnas y alumnos, mientras que en la actualidad su población estudiantil es de 345. En diciembre de 2023 se graduó la primera generación de 7 arquitectas y arquitectos. En 2024 están próximas a

Los valores (ver Tabla 1) que se promueven son los siguientes:

Tabla 1. Valores ARQUAZ

| Valores | | | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|-----------|---------------------------------|----------------------------|
| Equidad | Honestidad | Libertad | Respeto a la vida y a los demás | Comportamiento ético |
| Autonomía | Innovación y espíritu crítico | Humanismo | Pertinencia | Trabajo multidisciplinario |
| Responsabilidad social universitaria | | | | |

Fuente: Elaboración propia, basada en UAZ, 2020, p. 3.

De acuerdo con el Perfil de Egreso, se espera que las y los arquitectos sean

“reconocidos por su excelente calidad, capaces de desempeñarse competentemente en el ejercicio profesional a nivel nacional e internacional y que respondan a las expectativas y retos que la sociedad demanda, con conciencia social y ambiental, promoviendo el desarrollo económico, aprovechando y optimizando los recursos de los que dispondrá para el ejercicio de su profesión” (UAZ, 2020, p. 6).

El Programa académico se centra en desarrollar habilidades para crear soluciones creativas e innovadoras en el diseño arquitectónico, construcción, conservación del patrimonio, desarrollo urbano y conservación del entorno. Por ello, cuenta con tres líneas terminales, que son: Restauración y Conservación, Arquitectura Sostenible y Diseño Urbano. Asimismo, la infraestructura académica actual se compone de los edificios Estudios de Diseño y el Edificio TA, que comprenden aulas de diseño y oficinas administrativas. Otra infraestructura como laboratorios y talleres de cómputo y materiales se comparte con la Unidad Académica de Ingeniería.

Entre estas instalaciones, el edificio de Estudios del Diseño (Ver Imagen 4) representa una fusión entre la tradición constructiva y la innovación contemporánea. Su diseño, que aprovecha la pendiente natural del terreno, integra volúmenes que dialogan con el paisaje circundante y crean un espacio que conecta con la naturaleza

y la comunidad universitaria. La elección del concreto como material principal, no solo responde a criterios estructurales, sino que también permite explorar nuevas posibilidades formales y expresivas, lo que convierte al edificio en un referente de la arquitectura contemporánea en Zacatecas (Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ), 2023).

También cuenta con el edificio "F" del campus I (Ver Imagen 4), cuya inauguración se remonta a 2019. Esta construcción, con un pasado ligado a la enseñanza de la ingeniería, ha sido objeto de una renovación que combina elementos tradicionales con soluciones arquitectónicas contemporáneas. La intervención ha permitido rescatar el carácter original del edificio, se ha preservado su identidad y se ha adaptado a las necesidades de la formación de los futuros arquitectos (UAZ, 2023).

Imagen 4. Estudios del Diseño y Edificio "F" de la Licenciatura en Arquitectura UAZ



Fuente: Elaboración propia, basada en UAZ, 2020.

3.2 Propuesta de integración con el plan de estudios existente

De acuerdo con la Encuesta Nacional BIM 2023: Resultados del diagnóstico Sector Industria (BIM Task Group México, 2024b), el 43.4% de las empresas dentro del rubro de la construcción utiliza en algún grado modelos BIM, principalmente en la etapa de diseño. Sin embargo, solo el 38.7% de estas empresas utiliza la metodología de manera extensa para incluir la parte constructiva, de instalaciones y de cálculo estructural.

Entre las limitaciones que señalan para una implementación más amplia de BIM, se encuentran la gestión del conocimiento y la falta de personal capacitado, ya que solo el 20.4% cuenta con algún experto dentro de la organización, y otro 23.9% se ve forzado a contratar a personal externo para cubrir esta necesidad. De igual manera, se carece de planes de capacitación para nuevos integrantes del equipo, necesarios para hacer frente a la rotación de personal (BIM Task Group México, 2024b).

El 63% de las empresas tiene menos de 3 años implementando BIM dentro de la organización para el desarrollo de proyectos, donde la principal plataforma utilizada para el intercambio de información en la nube y de aplicación de la metodología BIM son Autodesk BIM 360, Revit y Navisworks con el 90.9% de las empresas. Asimismo, el 80.3% de estas sociedades encuentran que su productividad ha mejorado gracias a BIM, mientras que el 41.3% considera que ya es parte fundamental de la competitividad de la organización (BIM Task Group México, 2024b).

Estas cifras nos hablan de una creciente adopción de la metodología BIM, pero existe una baja disponibilidad de personal capacitado para implementarla. Más aún, pese al deseo de las empresas de mejorar su productividad y competitividad, se carece de planes de capacitación. Por lo tanto, la formación continua se vuelve esencial para

aprovechar al máximo las posibilidades de esta tecnología y garantizar el éxito de los proyectos.

En cuanto al área académica, la mayoría de las instituciones educativas en México, no cuentan con programas de estudio donde se forme en la metodología BIM. En el 30.4% de ellas no se enseña en absoluto, en el 34.8% se incluyen algunos temas como Educación Continua, sin que se pertenezcan al plan de estudios y en solo el 26.1% sí se incluyen (BIM Task Group México, 2024a).

Ahora bien, las instituciones donde se prepara en la metodología BIM dentro del programa de estudios, lo hacen desde hace menos de 5 años. Respecto a los temas que se ven, el 62.8% alude únicamente a la documentación del proyecto en 2D y 3D, por lo que se observa una subutilización de la metodología en los temas que se refieren a las especialidades de estructura, instalaciones, eficiencia energética y gestión de la construcción (BIM Task Group México, 2024a).

En las escuelas en donde no se imparten estos temas, la mayoría señala que las principales limitaciones que encuentran son la resistencia al cambio, la falta de docentes capacitados y la necesidad de robustecer sus laboratorios de cómputo. Por si fuera poco, persiste la visión de que la metodología BIM es algo lejano y se desconocen los beneficios que trae consigo.

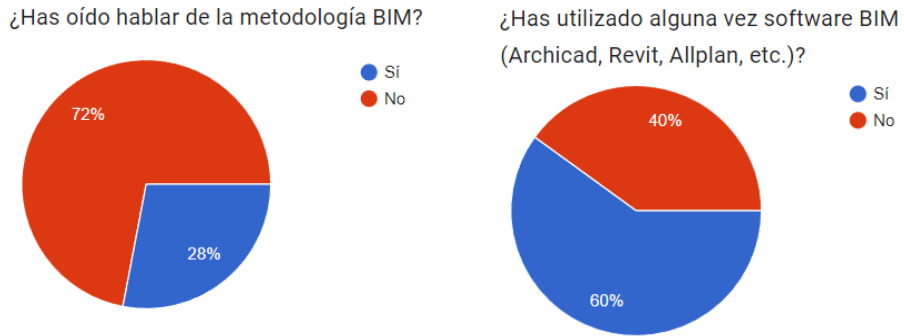
En el caso específico de la Licenciatura en Arquitectura de la UAZ, se incluye en el tercer semestre una asignatura dentro de su tira de materias denominada “Modelación y Visualización Arquitectónica Digital” (Ver Imagen 5), enfocada en el diseño y representación, mediante software CAD. A pesar de que el modelado es una parte de la metodología BIM, en realidad no se cuenta con una materia específica para su enseñanza, por lo que al igual que sucede con otras instituciones educativas

Con la finalidad de evaluar el grado de conocimiento y nivel de aplicación en la actividad escolar de la metodología BIM, entre estudiantes de la Licenciatura en Arquitectura de la UAZ, se llevó a cabo una encuesta entre 25 alumnas y alumnos (Ver Anexo 2) de manera digital, mediante el uso de la herramienta Formularios de Google. La selección de la muestra se realizó de forma teórica o intencionada (Vela, 2013), en lugar de una de tipo estadístico, debido a que el grupo de interés se centra en el alumnado de los primeros dos años de formación.

Así pues, se encuestó a discentes de segundo y cuarto semestre, por ser los grados abiertos al momento de realizar la investigación. Además, la selección de estudiantes en la fase inicial de su formación ofrece la oportunidad de evaluar su conocimiento previo sobre BIM, así como identificar brechas educativas y necesidades de formación en este tema, de manera oportuna.

Los resultados señalan que la mayoría de participantes son mujeres, con un 56% de las y los encuestados, mientras que el 44% son hombres. Del total de la muestra, el 72% nunca ha oído hablar de la metodología BIM. A pesar de la falta de conocimiento generalizado, un porcentaje considerable (60%) ha utilizado software BIM en algún momento, lo que sugiere un alto grado de interés (Ver Gráfica 1).

Gráfica 1. Conocimiento de BIM

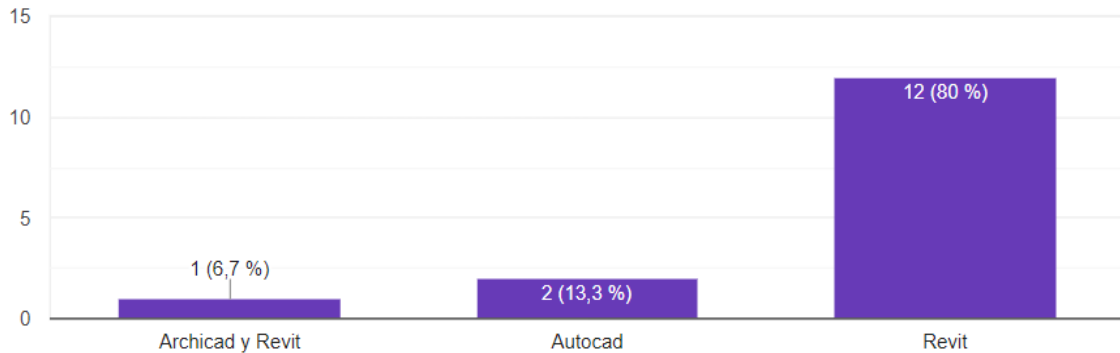


Fuente: Elaboración propia, a partir de la encuesta aplicada a estudiantes de la Licenciatura en Arquitectura de la UAZ.

Entre las y los estudiantes que sí han experimentado con software BIM, el que más se destaca es Autodesk Revit con un 80% (Ver Gráfica 2).

Gráfica 2. Uso de software BIM

En caso afirmativo, ¿qué software BIM has utilizado?

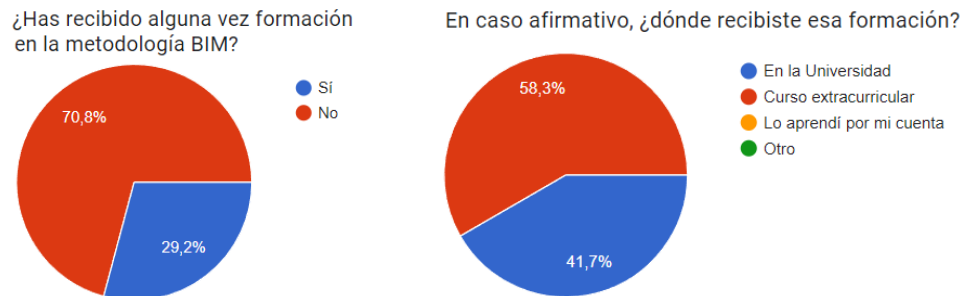


Fuente: Elaboración propia, a partir de la encuesta aplicada a estudiantes de la Licenciatura en Arquitectura de la UAZ.

Igualmente, un amplio porcentaje con el 70.8% no ha recibido formación en la metodología BIM, mientras que del 29.2% que sí la ha recibido, para el 58.3% su mayor

fuentes de formación ha sido a través de cursos extracurriculares. Por consiguiente, existe la iniciativa por parte del alumnado de aprender algunas de estas herramientas por su cuenta, a pesar de la falta de una oferta formal (Ver Gráfica 3).

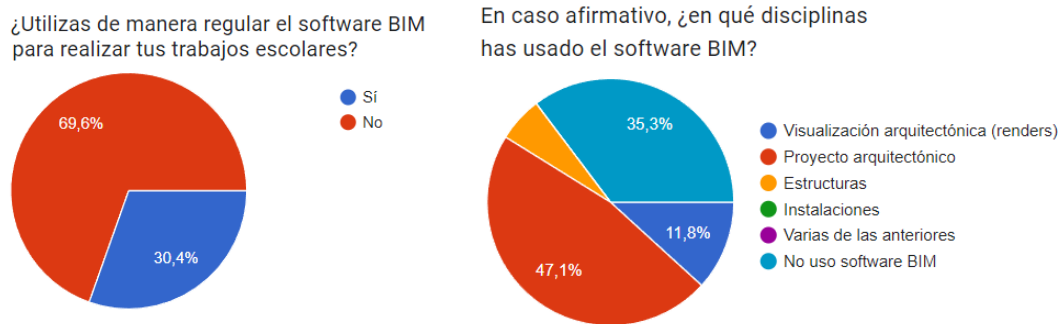
Gráfica 3. Formación en BIM



Fuente: Elaboración propia, a partir de la encuesta aplicada a estudiantes de la Licenciatura en Arquitectura de la UAZ

Aun cuando existe una familiaridad con software BIM, según lo expresado por las y los encuestados, únicamente el 30.4% lo utiliza de manera regular para realizar sus trabajos escolares. Entre las aplicaciones más comunes que manifiestan se encuentra la documentación de proyectos y la visualización arquitectónica (renders) con el 58.9% (Ver Gráfica 4). Esto demuestra un reconocimiento del potencial de la metodología BIM para estas tareas específicas, pero también una subutilización de todas sus capacidades.

Gráfica 4. Disciplinas en que se aplica BIM



Fuente: Elaboración propia, a partir de la encuesta aplicada a estudiantes de la Licenciatura en Arquitectura de la UAZ

El AutoCad y Sketchup en la actualidad son las herramientas de diseño utilizadas con mayor frecuencia por el alumnado para el desarrollo de sus proyectos, lo que demuestra una prevalencia de formas de trabajo más tradicionales y la falta de integración de la metodología BIM en su flujo de trabajo. Por otra parte, según su propia percepción, el 52.4% del alumnado considera que su nivel de conocimiento de BIM es básica y el 42.9% la considera nula (Ver Gráfica 5).

Gráfica 5. Percepción del nivel de conocimiento en BIM



Fuente: Elaboración propia, a partir de la encuesta aplicada a estudiantes de la Licenciatura en Arquitectura de la UAZ

Estos datos reflejan la existencia de una brecha entre la enseñanza formal en la carrera de arquitectura y los conocimientos sobre la metodología BIM entre el estudiantado de la UAZ. Si bien existe un interés por estas herramientas, la formación académica que reciben no contempla estos temas y la instrucción extracurricular resulta insuficiente.

Para ampliar la información, se realizaron entrevistas semiestructuradas de manera presencial, con la finalidad de evaluar el estado actual de conocimiento y el nivel de integración, tanto en la actividad docente como en la profesional de la metodología BIM, entre las y los profesores de la Licenciatura en Arquitectura de la UAZ (Ver Anexo 3). En general, se admite tener un conocimiento limitado sobre el tema en sí, aunque han utilizado los programas de software asociados con la metodología.

También, se reconoce que BIM ofrece ventajas en tanto que permite un trabajo colaborativo, lo que resulta especialmente útil en trabajos de cierta envergadura. Sin embargo, no se emplea directamente esta metodología en su práctica diaria. El flujo de trabajo más común para el desarrollo de proyectos incluye herramientas como AutoCad, Sketchup y motores de render como Enscape o V-Ray.

La mayoría de las y los docentes señala no haber recibido una instrucción formal en la metodología BIM, pero han aprendido a usar algunas aplicaciones de manera autodidacta. Por otro lado, algunas de las y los integrantes de sus equipos de trabajo sí han tenido una educación formal en BIM, lo que facilita la colaboración en diversos proyectos.

En cuanto a la labor docente, las y los entrevistados señalan no utilizar directamente la metodología BIM, pero sí promueven el trabajo colaborativo entre estudiantes, a través de tareas en equipo, lo que se alinea con sus principios básicos,

pero sin aplicarlos de manera formal. Por lo tanto, consideran que incorporar esta forma de trabajo en la Licenciatura en Arquitectura sería relevante, ya que actualmente el estudiantado carece de estas herramientas metodológicas.

En cuanto a la pertinencia y necesidad, buena parte de ellos sugiere incluir una nueva asignatura sobre BIM en el plan curricular actual, ubicada en los semestres intermedios (entre en cuarto y quinto semestre). En esta etapa de desarrollo de la Licenciatura, el estudiantado ya tiene conocimientos básicos de diseño, ingenierías, estructuras y software propios de la carrera.

Respecto a esta asignatura, se propone que se relacione con otras materias mediante la elaboración proyectos arquitectónicos en forma colaborativa, que permita al estudiantado aplicar lo aprendido en un entorno similar al laboral. De igual manera, se sugiere incluir técnicas como las tormentas de ideas o diagramas de flujo para facilitar la enseñanza de la metodología BIM, además de mejorar la planificación y ejecución de proyectos.

Como estrategias didácticas, se mencionaron con frecuencia el uso de presentaciones para explicar los conceptos básicos del tema, así como ejercicios prácticos para aplicar la metodología y el uso de software especializado para prácticas avanzadas. En esta misma línea, aconsejaron que la enseñanza de esta materia sea impartida por expertos en el tema, pero también recomiendan que el profesorado reciba capacitación para comprender los conceptos y aplicarlos en sus asignaturas.

Al analizar la información recabada de las encuestas, se identifica la necesidad de actualizar los contenidos para incorporar este nuevo método de trabajo, que representa una transición hacia un enfoque más completo, colaborativo y eficiente en la gestión de proyectos de construcción, en todas las etapas del proceso.

Los argumentos derivados de la información son base para señalar que se propone una actualización al Plan Curricular actual, mediante la creación de una nueva asignatura, denominada: “Taller Integral BIM”, que se centra en preparar a las y los estudiantes de la Licenciatura en Arquitectura de la UAZ, en las habilidades necesarias para enfrentar la complejidad y demandas de la industria de la construcción contemporánea.

Al ser esta Licenciatura de reciente creación y experimentar una expansión en el número de matriculados, en poco tiempo requerirá una mejora en sus capacidades de infraestructura educativa, como salones, laboratorios de cómputo y plantilla docente. Es una buena oportunidad para superar las principales limitaciones que se presentan al intentar incluir la metodología BIM en los planes de estudio.

Para lograrlo, es necesario que exista un convencimiento del nivel directivo de la institución de las ventajas de incluir esta forma de trabajo y la voluntad de implementarla. En relación con la infraestructura educativa y laboratorio de cómputo, éste excede por muy poco los requerimientos y características de las necesarias para la impartición de las materias del plan de estudios actual, especialmente la materia de “Modelación y Visualización Arquitectónica Digital”, por lo que se puede usar el mismo con algunas actualizaciones.

En lo que respecta al software a utilizar, se opta por las plataformas más usadas por la industria de la construcción en México, como Autodesk BIM 360, Revit y Navisworks. Estos programas cuentan con la posibilidad de solicitar licencias temporales gratuitas para estudiantes e instituciones educativas, que pueden ser renovadas periódicamente, mientras duren los estudios.

En cuanto a la plantilla docente, se tiene la posibilidad de apoyar a profesionales

que ya laboran en la institución, mediante el diseño de programas de formación continua que les permitan adquirir habilidades y conocimientos en BIM. Esto podría incluir cursos, talleres y certificaciones específicas. Adicionalmente, se puede buscar la colaboración con instituciones u organizaciones que ofrezcan programas de formación para profesionales como la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC) u otras universidades.

Otra opción es la de establecer alianzas sólidas con el sector industrial especializado con la finalidad de involucrar a profesionales con experiencia en BIM como docentes invitados. Esto no solo puede aportar conocimientos prácticos, sino también permite establecer una conexión entre el alumnado y la realidad del mercado, además de favorecer convenios para distintas prácticas profesionales con el estudiantado.

En cuanto a la nueva asignatura, ésta se inserta dentro del eje de formación básica en el cuarto semestre, con una relación de continuidad con la materia de “Modelación y Visualización Arquitectónica Digital”, antes mencionada, y se propone el nombre de “Taller Integral BIM”. De esta forma, se crea una vinculación en el aprendizaje y una evolución natural en la forma en que se aborda el diseño. Esto implica que se tiene una relación con otras asignaturas cursadas hasta ese momento y su conexión con diferentes áreas del conocimiento.

Imagen 6. Integración de la asignatura "Taller Integral BIM"

| PLAN DE ESTUDIO / ARQUITECTURA 2019/ | | 6° | 7° | 8° | 9° | 10° |
|--|----|---|--|--|--------------------------------------|-----------------------------------|
| SEMESTRE | 1° | Arquitectura de la antigüedad al siglo XV | Arquitectura del siglo XVII al movimiento moderno | Arquitectura del siglo XVIII al siglo XIX | Arquitectura del siglo XX | Arquitectura del siglo XXI |
| | 2° | Arquitectura del siglo XVIII al siglo XIX | Arquitectura del siglo XX | Arquitectura del siglo XXI | Arquitectura del siglo XXII | Arquitectura del siglo XXIII |
| OBLIGATORIAS | 1° | Representación arquitectónica, diseño y creatividad I | Modulación y visualización arquitectónica, diseño y creatividad II | Arquitectura de la prehistoria y la romanización | Arquitectura medieval y renacimiento | Arquitectura barroca y neoclásica |
| | 2° | Geometría y perspectiva I | Arquitectura del paisaje | Arquitectura biomimética | Topografía arquitectónica I | Proyecto arquitectónico I |
| NOMENCLATURA ACADÉMICA | 1° | Fundamentos de diseño II | Composición I | Composición II | Composición III | Composición IV |
| | 2° | Metodología de la investigación | Metodología de la investigación | Metodología de la investigación | Metodología de la investigación | Metodología de la investigación |
| ACENTUACIÓN-OPTATIVA | 1° | Geometría y perspectiva I | Arquitectura del paisaje | Arquitectura biomimética | Topografía arquitectónica I | Proyecto arquitectónico I |
| | 2° | Fundamentos de diseño II | Composición I | Composición II | Composición III | Composición IV |
| UNIDADES DE APRENDIZAJE CON REQUISITO DE HABER CURSADO | 1° | Arquitectura de la antigüedad al siglo XV | Arquitectura del siglo XVII al movimiento moderno | Arquitectura del siglo XVIII al siglo XIX | Arquitectura del siglo XX | Arquitectura del siglo XXI |
| | 2° | Arquitectura del siglo XVIII al siglo XIX | Arquitectura del siglo XX | Arquitectura del siglo XXI | Arquitectura del siglo XXII | Arquitectura del siglo XXIII |
| RESIDENCIA PROFESIONAL | 1° | Residencia profesional | Residencia profesional | Residencia profesional | Residencia profesional | Residencia profesional |
| | 2° | Residencia profesional | Residencia profesional | Residencia profesional | Residencia profesional | Residencia profesional |

Fuente: Elaboración propia, basada en UAZ, 2020

Esta ubicación de la materia dentro de la malla curricular favorece que los conocimientos indispensables requeridos se presenten de manera progresiva en los primeros tres semestres, al haber cursado las materias de “Representación arquitectónica I y II”, “Geometría y perspectiva I y II”, “Fundamentos de diseño I y II”, “Composición I y II”, “Materiales y procedimientos de construcción I y II”, “Estática para arquitectos”, “Análisis de edificios”, así como “Modelación y visualización arquitectónica digital”.

De esta forma, se asegura el contar con conocimientos específicos sobre representación gráfica de proyectos arquitectónicos, entendimiento geométrico y espacial, comunicación de espacios tridimensionales en planos bidimensionales, principios de diseño y composición arquitectónica. De manera adicional, fundamentos de procesos y técnicas de construcción, así como análisis y composición estructural de los edificios.

Se propone una relación de continuidad con la asignatura de Modelación y Visualización Arquitectónica Digital, donde se adquieren habilidades en el uso de software CAD para el modelado y visualización como apoyo en la realización de proyectos arquitectónicos. Esta conexión se establece como una evolución natural hacia el trabajo bajo la metodología BIM al aplicar técnicas digitales para representar y comunicar un plan de edificación.

A su vez, se relaciona de manera transversal con las materias de “Materiales y procedimientos de construcción III”, “Estructuras I”, “Instalaciones en los edificios” y en especial “Proyecto arquitectónico I”. De esta última se retoma el proyecto a desarrollar como caso de estudio, para sobre él elaborar todas las prácticas del nuevo “Taller Integral BIM”, que a su vez involucra la puesta en práctica de los conocimientos

adquiridos en las materias correspondientes a las distintas especialidades como estructura e instalaciones, con la finalidad de elaborar un proyecto integral.

Con esta propuesta, se tiene también una relación con las materias correspondientes a los semestres posteriores, ya que los conocimientos y práctica adquiridos pueden ser aprovechados en las materias de “Proyecto arquitectónico II-IV”, “Administración de proyectos de construcción I y II”, “Sistemas estructurales II” o “Proyecto urbano I y II”. Por consiguiente, resulta útil para la elaboración de proyectos ejecutivos a desarrollar dentro de las líneas terminales de la carrera, como son “Restauración y Conservación”, “Arquitectura Sostenible” y “Diseño Urbano”.

3.3 Diseño de la materia propuesta “Taller Integral BIM”

La arquitectura, como disciplina, evoluciona constantemente para definir la forma como se concibe, se diseña y se construyen diferentes espacios. De manera similar a otros sectores económicos, atraviesa un proceso de transformación digital marcado por la adopción extensiva de nuevas metodologías de trabajo basadas en datos. Estas nuevas formas de trabajo están cambiando la naturaleza y desarrollo del sector.

El BIM, al ser un conjunto de metodologías, tecnologías y estándares cada vez más utilizado a nivel mundial, que permiten diseñar, construir y operar una edificación o infraestructura de manera colectiva en un espacio virtual; ha emergido para ofrecer una visión integral y colaborativa de los proyectos de construcción, desde su concepción hasta su ejecución (Soto, Manríquez, Tala, Suaznabar & Henríquez, 2022).

El empleo de la Metodología BIM conlleva ventajas concretas en los proyectos de construcción, al posibilitar la optimización del tiempo y los costos. La facilidad en la

coordinación y el intercambio de información entre distintas especialidades (arquitectura, estructuras, instalaciones, etc.), a lo largo del ciclo de vida de un proyecto, resulta en una planificación más efectiva.

Esto conduce a la reducción de errores y modificaciones, así como a lograr una mayor precisión en el diseño y la disminución del impacto ambiental, gracias a una menor generación de residuos. Todos estos aspectos se traducen en reducciones sustanciales de los costos y los plazos asociados con la ejecución de los proyectos (Neelamkavil & Ahamed, 2012).

Esto ha motivado que, tanto en México como en otros países de América Latina, a pesar de contar con niveles de adopción inferiores en comparación con países más desarrollados, se observe un aumento progresivo en la implementación de la metodología BIM, ya sea por exigencias gubernamentales, por iniciativa propia de los empresarios o como requisito en proyectos de obra pública y privada (Lacaze, 2020).

Con el objetivo de acoger el BIM dentro de la industria de la construcción en estos países, se han articulado distintos actores del sector público, el sector privado y la academia, con la finalidad de promover y planificar acciones conjuntas, a través de organismos gubernamentales, cámaras de la construcción, universidades, redes locales y regionales, etcétera.

Para atender esta demanda, algunas instituciones académicas en México han comenzado a incorporar la metodología BIM en sus planes de estudio, tanto en programas de arquitectura como de ingeniería civil y afines. Esta integración busca proporcionar a las y los estudiantes una comprensión de los principios BIM y aplicarlos de forma práctica en proyectos de construcción. En este sentido, contribuye mediante la investigación y la generación de conocimiento (Fernández, 2023).

a) Datos generales

Como ya se ha mencionado antes, el objetivo principal del presente trabajo de investigación es desarrollar una propuesta para la integración de la metodología BIM en el plan de estudios de la Licenciatura en Arquitectura de la UAZ, a través de la creación de una nueva materia. Con el fin de contextualizar este planteamiento, se presentan a continuación los datos generales de la asignatura, los cuales delimitan su alcance, enfoque y estructura.

De acuerdo con esta propuesta, los datos escolares de esta asignatura (Ver Tabla 2) son los siguientes:

Tabla 2. Datos generales

| Nombre: | Taller Integral BIM | | | |
|---------------------------------|---------------------|------------------------|-----------------------|--|
| Área | Eje | Tipo de espacio | Idioma de impartición | Modalidad de impartición |
| Formación General Universitaria | Formación básica | Laboratorio de cómputo | Español | Presencial y/o No presencial y/o Mixta |

Fuente: Elaboración propia.

b) Créditos de la asignatura

De la misma manera, los créditos que conforman la materia (Ver Tabla 3) se organizan de la forma siguiente:

Tabla 3. Créditos

| Taller Integral BIM | | | | | |
|---------------------|---------------|---------------------------------------|---|---------------------------|------------------|
| Semestre | Nº de semanas | Horas Presenciales de teoría p/semana | Horas presenciales de práctica p/semana | Horas de trabajo autónomo | Créditos totales |
| 4º | 15 | 2 | 3 | 0 | 5 |

Fuente: Elaboración propia.

c) Objetivos de la materia

- Desarrollar un proyecto integral donde se aplique la metodología BIM en el proceso de diseño arquitectónico, mediante la utilización de software especializado, que promueva la gestión eficiente de información en forma colaborativa.
 - Identificar los conceptos de la metodología BIM, su historia, evolución y relación con otras tecnologías.
 - Generar modelos BIM mediante el software Revit para la elaboración de la documentación que comprende un proyecto, a partir de un modelo 3d.
 - Aplicar las herramientas del software Revit para el desarrollo de un modelo BIM con todos sus elementos estructurales y de instalaciones, a través de su coordinación con el modelo arquitectónico.

d) Estructura de contenidos

Unidad I. Introducción a la metodología BIM. (10 hrs.)

Objetivo: Identificar los conceptos de la metodología BIM, su historia, evolución y futuro.

- 1.1 Introducción.
- 1.2 Conceptos básicos
- 1.3 Evolución de la metodología BIM
 - 1.3.1 Breve historia de la metodología
 - 1.3.2 Situación actual de la industria AEC
 - 1.3.3 Tendencias y futuro
- 1.4 BIM en México
- 1.5 Niveles de desarrollo (LOD)
- 1.6 Flujo de trabajo dentro de la metodología BIM

Unidad II. Modelado de Arquitectura (20 hrs.)

Objetivo: Generar modelos BIM mediante el software Revit para la elaboración de la documentación que comprende un proyecto, a partir de un modelo 3d.

- 2.1 Características del software
 - 2.1.1 Área de trabajo e interfaz
 - 2.1.2 Administrador de proyectos

- 2.2 Preparación para el modelado y configuraciones previas
 - 2.2.1 Configuración del proyecto
 - 2.2.2 Definición de rejillas
 - 2.2.3 Definición de niveles
 - 2.2.4 Definición de ubicación del proyecto
 - 2.2.5 Importar CAD
- 2.3 Elaboración del proyecto
 - 2.3.1 Muros, pisos y techos
 - 2.3.2 Puertas, ventanas y muros cortina
 - 2.3.3 Escaleras y barandales
 - 2.3.4 Topografía
 - 2.3.5 Acabados
 - 2.3.6 Visualización
 - 2.3.7 Familias
- 2.4 Documentar para impresión

Unidad III. Modelado de estructuras (15 hrs.)

Objetivos: Aplicar las herramientas del software Revit para el desarrollo de un modelo BIM con todos sus elementos estructurales, a través de su coordinación con el modelo arquitectónico.

- 3.1 Importar y vincular dibujos CAD
- 3.2 Proyecto estructural
 - 3.2.1 Modelado de cimentaciones
 - 3.2.2 Colocación de acero de refuerzo
 - 3.2.3 Modelado de muros y columnas
 - 3.2.4 Modelado de vigas y losas
- 3.3 Modelado de estructuras de acero
- 3.4 Elaboración de detalles estructurales
- 3.5 Documentación de planos estructurales

Unidad IV. Modelado de instalaciones (15 hrs.)

Objetivo: Aplicar las herramientas del software Revit para el desarrollo de un modelo BIM con todos sus elementos electromecánicos e hidrosanitarios (MEP), a través de su coordinación con el modelo arquitectónico y estructural.

- 4.1 Modelado de instalación hidráulica
- 4.2 Modelado de instalación sanitaria
- 4.3 Modelado de instalación eléctrica
- 4.4 Modelado de instalaciones especiales
- 4.5 Elaboración de detalles de instalaciones
- 4.6 Documentación de planos de instalaciones

Unidad V. Detección de interferencias (15 hrs.)

Objetivo: Aplicar las herramientas del software Revit y Navisworks para la detección

de interferencias entre especialidades; así como la gestión de información, revisiones, seguimiento y control de tiempos en la construcción.

- 5.1 Introducción a Navisworks
- 5.2 Vinculación y gestión de modelos BIM con Navisworks
- 5.3 Tipos de conflictos y matriz de interferencias
- 5.4 Creación de informes y resultados de la prueba de interferencias
- 5.5 Elaboración de tablas de contenido y cuantificación de material
- 5.6 Generación de reportes

e) Metodología de enseñanza

El “Taller Integral BIM” constituye una manera efectiva de unir y potenciar los conocimientos adquiridos durante los semestres cursados con anterioridad, en términos de diseño, estructuras e instalaciones, con la metodología BIM. De esta forma, se le proporciona al estudiantado una formación integral que los prepare para abordar proyectos de arquitectura con el apoyo de la tecnología.

La combinación de un enfoque teórico-práctico, junto con la integración de la metodología BIM, asegura que las y los discentes adquieran habilidades sólidas, además de prepararlos para la práctica profesional en un entorno altamente competitivo.

Como ya se mencionó en el Capítulo II, el presente Programa se encuentra enmarcado dentro de la visión del Modelo Académico UAZ Siglo XXI, basado en el constructivismo crítico. Por lo tanto, busca promover la construcción activa del conocimiento, mientras reconoce la importancia de las experiencias y perspectivas individuales. En su diseño integra la teoría y hace énfasis en la aplicación práctica, al aprovechar las herramientas y principios de la metodología BIM.

Para el desarrollo de la asignatura se propone el ABP, tomando en cuenta el trabajo planteado en la asignatura de “Proyecto Arquitectónico I” que requiera la

aplicación gradual de los principios de la metodología BIM para su resolución. Por consiguiente, el énfasis en la aplicación práctica de los conceptos aprendidos en otras asignaturas de manera transversal fortalece su significado y utilidad en el contexto del diseño.

De la misma forma, se incentiva la investigación y la búsqueda de soluciones a problemas complejos, a través del pensamiento crítico y la colaboración. Igualmente, se fomenta la creatividad y cooperación en un entorno simulado, que le brinde a las y los estudiantes experiencias prácticas que les permita aplicar los principios de la metodología BIM, como un reflejo de las complejidades del mundo real.

A continuación, se describe la planeación general del proceso de aprendizaje (Ver también Anexo 1):

- Sesiones teóricas, acompañadas de investigación y lecturas, donde se expondrán los temas de introducción y explicación de los principios del BIM, su historia, evolución y flujo de trabajo bajo esta metodología, así como el análisis de normativas y estándares relacionados con el tema.
- Taller práctico, a través del uso de software especializado BIM como Autodesk Revit, complementado con Autocad, Navisworks y Robot Structural Analysis; para el modelado, cálculo, simulación y colaboración dentro del proyecto asignado que aborda situaciones del mundo real.
- Desarrollo de un proyecto integral, basado en el proyecto planteado en la asignatura de “Proyecto Arquitectónico I”, mediante el uso de las herramientas que brinda la metodología BIM y el software especializado. Este proyecto incluirá desde el boceto y modelado del proyecto arquitectónico, hasta la

elaboración del proyecto estructural e instalaciones electromecánicas, así como hidrosanitarias.

- Mediante el uso de software especializado, se verificará la coordinación entre las distintas especialidades que conforman el proyecto. Además, se podrán verificar las posibles interferencias entre cada uno de sus elementos, así como obtener tablas de cuantificación de material, para la elaboración de presupuestos y programación de la obra.
- Se evaluará la viabilidad y eficiencia de los proyectos mediante simulaciones energéticas en la nube.
- Se realizarán dinámicas de trabajo en equipo, para fomentar la colaboración y el intercambio de conocimientos.

f) Sugerencias de evaluación

La evaluación reflejará la adquisición de conocimientos, habilidades y competencias por parte del alumnado en la aplicación de la metodología BIM en el diseño. Para ello, se llevará a cabo mediante evaluaciones formativas y sumativas, con la finalidad de medir el progreso continuo y la comprensión de los temas abordados. Se llevará a cabo de la siguiente manera:

- Valoración de la participación en discusiones y análisis crítico de las lecturas e investigaciones realizadas respecto a los temas de introducción y bases teóricas de la metodología BIM.
- Revisión regular y retroalimentación de forma grupal, para verificar los avances en el desarrollo de los proyectos asignados, favorecer la participación activa de

las y los estudiantes, así como para fomentar la discusión y retroalimentación de forma constructiva.

- Se acompañará de sesiones individuales, con la finalidad de abordar preguntas específicas y proporcionar orientación personalizada.
- Para el desarrollo y presentación del proyecto integral, se realizarán entregas al finalizar cada unidad, donde se abordarán aspectos específicos del uso de la metodología BIM, de manera gradual. Se tomará en cuenta la calidad del diseño, la coordinación de las distintas especialidades bajo la metodología BIM y la aplicación de los conceptos y habilidades adquiridas.
- Se estimará la capacidad de trabajar coordinadamente en equipos, a través de ejercicios donde se resuelvan problemas en forma colaborativa utilizando la metodología BIM.
- Se invitará al alumnado a realizar una reflexión crítica sobre la propia evolución en el entendimiento y aplicación de la metodología BIM en experiencias prácticas del mundo real.

A continuación, se muestran las condiciones de evaluación parciales (Ver Tabla 4):

Tabla 4. Evaluaciones parciales

| Taller Integral BIM | | | |
|----------------------------|--|---|--|
| Unidad | Momento de evaluación | Método y valor para la evaluación | Ponderación p/evaluación final ordinaria |
| I | Durante el desarrollo de la Unidad I | Evidencias de investigación y lecturas realizadas 50%. Participación en clase y exposición de temas 50%. | 100 % de la Unidad. Unidad I = 20 % del total del semestre. |
| II | Durante el desarrollo de la Unidad II | Participación en clase 25% Avances semanales de proyecto asignado 25% Entrega final de la unidad 50% | 100 % de la Unidad. Unidad II = 20 % del total del semestre. |
| III | Durante el desarrollo de la Unidad III | Participación en clase 25% Avances semanales de proyecto asignado 25% Entrega final de la unidad 50% | 100 % de la Unidad. Unidad III = 20 % del total del semestre. |
| IV | Durante el desarrollo de la Unidad IV | Participación en clase 25% Avances semanales de proyecto asignado 25% Entrega final de la unidad 50% | 100 % de la Unidad. Unidad IV = 20 % del total del semestre. |
| V | Durante el desarrollo de la Unidad V | Participación en clase 25% Avances semanales de proyecto asignado 25% Entrega final de la unidad 50% | 100 % de la Unidad. Unidad V = 20 % del total del semestre. |
| | | TOTAL | 100 % del total del semestre. |

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente parte, se muestran las condiciones de las evaluaciones final ordinaria, extraordinaria y a título de suficiencia (Ver Tabla 5):

Tabla 5. Evaluación final

| Taller Integral BIM | |
|----------------------------|---|
| Evaluación | Condiciones |
| Evaluación final ordinaria | Promedio de las cinco unidades |
| Evaluación extraordinaria | Examen práctico presencial con valor del 100% incluye el contenido de las cinco unidades. Se aplica con base en el calendario escolar vigente |
| Evaluación a título | Examen práctico presencial con valor del 100% incluye el contenido de las cinco unidades. Se aplica con base en el calendario escolar vigente |

Fuente: Elaboración propia.

g) Aprendizaje requerido

El perfil que el alumnado debe poseer para la asignatura es el siguiente:

- Conocimientos en el uso de la computadora, sistema operativo y Autocad.
- Destreza en comunicación gráfica y verbal para expresar claramente ideas y conceptos arquitectónicos.
- Dominio de los principios básico de diseño arquitectónico, procedimientos constructivos, instalaciones hidrosanitarias y eléctricas.
- Disposición para trabajar colaborativamente en proyectos que involucren la coordinación entre las diferentes especialidades en el proceso constructivo.
- Capacidad para la resolución creativa de problemas de diseño, desde la conceptualización hasta la visualización de los proyectos.
- Destreza para analizar e interpretar información derivada del proyecto como cuantificaciones de obra, materiales, fases de construcción y costos.

h) Perfil docente

El perfil del o la docente de esta materia es el siguiente:

- Conocimiento profundo de la metodología BIM, así como en software de modelado, gestión y coordinación de modelos BIM, como Revit, Navisworks, Autocad.
- Experiencia en la aplicación de la metodología BIM en proyectos de diseño y construcción.

- Formación académica en arquitectura, ingeniería u otro campo relacionado que demuestre su entendimiento en diseño arquitectónico y procedimientos constructivos.
- Maestría/Doctorado en algún área de la Arquitectura o Diseño Industrial.
- Habilidad pedagógica para diseñar y facilitar experiencias de aprendizaje efectivas que fomenten la participación del estudiantado en el desarrollo de habilidades prácticas en el manejo de BIM.

i) Recursos necesarios

Para la implementación efectiva de la asignatura "Taller Integral BIM", se requerirá una variedad de recursos que respalden la enseñanza teórica, el desarrollo práctico y la aplicación de la metodología BIM en el diseño. Enseguida, se presentan los recursos necesarios:

- Laboratorio de cómputo con capacidades gráficas suficientes para el modelado 3D, además de licencias estudiantiles de software BIM como Autocad, Revit y Navisworks
- Conexión a internet para acceder a recursos en línea y consulta en la nube.
- Bibliografía actualizada acerca de la metodología BIM.
- Docentes capacitados y capacitadas, y con experiencia en el uso de la metodología BIM.

3.4 Estrategia para la integración gradual con el plan de estudios actual

Todo proyecto de cambio o reestructuración curricular en una universidad, es un proceso complejo que requiere una planificación meticulosa y la participación de

diversos actores. En primer lugar, debe estar sustentado en una evaluación exhaustiva del plan vigente, además de tomar en cuenta la opinión de empleadores y de egresados, a fin de identificar áreas de mejora, ineficiencias y oportunidades para actualizar y optimizar el contenido de los programas de estudio de acuerdo con los requerimientos del mercado de trabajo.

Conforme a lo establecido en el Modelo Académico UAZ siglo XXI, es preciso que estas evaluaciones se realicen cada 2 a 5 años. Para ello, se deberá formar un comité compuesto por el cuerpo docente, los y las estudiantes, directivos o directivas, y expertos o expertas en las distintas áreas de evaluación, así como en el análisis del currículum (UAZ, 2005). Este proceso implica una revisión profunda del plan de estudios vigente, con el objetivo de actualizarlo y adaptarlo a las necesidades actuales del mercado laboral.

El comité multidisciplinario antes mencionado, se encarga de establecer los objetivos, metas, métodos, criterios e indicadores, recursos necesarios, calendarización de actividades e informes para cualquier plan de reestructuración e implementación curricular. Asimismo, puede consultar a otros actores relevantes para obtener sus opiniones y sugerencias sobre el plan curricular.

Se consideran también aspectos como la pertinencia de los contenidos, la actualidad de las metodologías de enseñanza, la articulación entre las diferentes asignaturas, las nuevas tendencias en el campo de conocimiento y las necesidades de los y las estudiantes. De igual manera, se examina el contexto social, económico y tecnológico en el que se desenvuelve la carrera, así como las políticas educativas de la universidad.

A lo largo del presente trabajo de investigación, se ha identificado la necesidad

de integrar conocimientos y habilidades en la metodología BIM, con la finalidad de asegurar la pertinencia y competitividad del plan de estudios en el mercado laboral actual. Ya que el programa académico de la Licenciatura en Arquitectura de la UAZ inició sus labores en 2019, se considera que existe la coyuntura para proponer la nueva materia dentro de la próxima evaluación de su programa de estudio.

En el proceso de reestructuración curricular, el comité lleva a cabo el diseño del nuevo plan de estudios de acuerdo con los objetivos del programa. Se establecen las habilidades y conocimientos que debe adquirir al finalizar la carrera. En esta etapa también, se definen las asignaturas, créditos, áreas de formación, etc. Se pueden considerar diferentes modelos curriculares, contenidos y metodologías de enseñanza. La finalidad es fomentar el aprendizaje activo y significativo de los estudiantes.

En esta propuesta, se seleccionaron los contenidos relevantes para el establecimiento del “Taller Integral BIM” y se organizaron de manera coherente dentro del plan de estudios existente, al considerar áreas del conocimiento, ejes específicos, ejes transversales y líneas curriculares. De igual manera, se desarrollaron unidades didácticas específicas para la nueva materia alineadas con los objetivos del programa académico y con el enfoque pedagógico de la UAZ.

La actual propuesta de integración de la asignatura tendrá que ser presentada ante las instancias correspondientes de la universidad para su revisión, análisis y aprobación. Una vez aceptada la propuesta, se sugiere iniciar la implementación de manera gradual de la nueva materia. Se puede optar por un grupo piloto y realizar ajustes al plan de estudios según los resultados obtenidos.

La reestructuración curricular debe ser un proceso continuo que se revise y actualice periódicamente para asegurar su pertinencia y eficacia. En estas

condiciones, es necesario retroalimentar el sistema de evaluación continua para monitorear el progreso y la efectividad de la implementación del “Taller Integral BIM”. Esto puede incluir encuestas a estudiantes y docentes, evaluaciones de desempeño, análisis de resultados de aprendizaje y retroalimentación cualitativa. A través de esta información se podrán realizar ajustes, así como mejoras en el diseño y desarrollo del curso.

CONCLUSIONES

La metodología BIM no solo representa una evolución tecnológica, sino que también refleja un cambio cultural en la manera de abordar la concepción y ejecución de proyectos de construcción. Su capacidad para centralizar y compartir datos ha elevado la eficiencia y la calidad en la gestión de obras de edificación. Abarca procesos, flujos de trabajo y colaboración entre distintas especialidades.

Su creciente adopción por la industria de la construcción a nivel mundial demanda una formación académica acorde a las prácticas actuales, por lo que la falta de su integración en los planes de estudio podría dejar a las y los graduados desfavorecidos en un entorno laboral que demanda habilidades específicas para esta nueva era digital.

En este sentido, la investigación establece la existencia de una brecha significativa entre la formación académica actual en la Licenciatura en Arquitectura de la UAZ y las demandas imperantes del mercado laboral en relación con la metodología BIM. Esta brecha representa una disociación entre el conocimiento teórico impartido en el programa académico y las habilidades prácticas necesarias para abordar los proyectos arquitectónicos de la actualidad.

La evidencia recabada indica que la relevancia de BIM no solo es una realidad ineludible, sino que también impulsa la necesidad de su incorporación efectiva en la formación de las y los arquitectos en la UAZ. La creación de la nueva materia "Taller Integral BIM" se presenta como una solución estratégica y necesaria para atender esta necesidad, con la finalidad de preparar al alumnado de la UAZ para la realidad laboral contemporánea.

Como resultado, el presente trabajo de investigación aporta una valoración sobre el estado actual de la metodología BIM en la industria de la construcción y, especialmente, en la educación. En ella se incluyó una investigación bibliográfica acerca de los principales conceptos y teorías sobre esta forma de trabajo, así como un acercamiento teórico al constructivismo y metodologías activas de aprendizaje.

De igual manera, se identificaron los criterios y estrategias de aprendizaje necesarios para su integración en el entorno académico, basadas en experiencias nacionales e internacionales. Se incluyeron también estadísticas sobre la adopción de BIM por parte de empresas e instituciones educativas en México, donde se mencionan las limitaciones encontradas para una implementación más amplia. Para sostener empíricamente el estudio, se realizaron encuestas y entrevistas de diagnóstico entre la población estudiantil de interés, así como docentes de la Licenciatura en Arquitectura de la UAZ.

Se concluyó con un plan concreto para la creación de una asignatura específica, denominada “Taller Integral BIM”, dentro del plan de estudios de ARQUAZ. A diferencia de otras instituciones educativas donde se incluyen cursos de formación extracurricular, la estructura de esta materia ofrece un enfoque innovador, ya que se ha diseñado para asegurar su integración longitudinal y transversal en el programa académico existente.

Más aún, esta iniciativa contempla la importancia de la coherencia en la formación, mientras que permite al estudiantado construir gradualmente sus habilidades y conocimientos desde etapas tempranas del diseño, hasta la finalización del proyecto. Al situar la materia de manera transversal, se busca la interconexión con otras materias clave, lo que facilita aplicaciones prácticas y contextualizadas de los

conceptos BIM en diversos escenarios.

La propuesta pedagógica también abarca enfoques de enseñanza basados en el constructivismo, como el ABP adaptado a la enseñanza de BIM, mediante el uso de herramientas digitales para el modelado, visualización arquitectónica, simulación digital de estructuras, instalaciones y trabajo colaborativo. Esto no solo proporciona a las y los estudiantes experiencias prácticas, sino que también refleja la realidad del entorno profesional actual.

En este sentido, el trabajo de investigación se corresponde con el planteamiento original del problema, ya que la propuesta se basa en una comprensión profunda del mismo y se respalda por una base teórica, donde se reconoce la necesidad de actualizar la formación de las y los arquitectos para que puedan responder a las demandas de la industria de la construcción contemporánea, donde la metodología BIM juega un papel cada vez más importante.

A su vez, se considera que se han cumplido el objetivo general y los específicos, debido a que se ha diseñado una propuesta para la integración de la metodología BIM en el plan de estudios de la Licenciatura en Arquitectura de la UAZ, que incluye una fundamentación y análisis del contexto. Se incluye un plan detallado que abarca contenidos, actividades de aprendizaje y estrategias de evaluación. Se identifican también los recursos necesarios para su implementación como infraestructura o capacitación docente.

El estudio utilizó una metodología de investigación mixta, donde se combinaron los enfoques cualitativos y cuantitativos. Los primeros, incluyeron la revisión de literatura relacionada con el tema. Los segundos incluyeron resultados de encuestas practicadas por diferentes organizaciones, así como encuestas y entrevistas

realizadas a estudiantes y docentes de Arquitectura de la UAZ.

Se estima que la metodología seguida fue correcta para los objetivos del estudio, ya que la utilización de ambas perspectivas hizo posible la recopilación de datos de diversas fuentes, lo que aumentó la confiabilidad de los hallazgos. Del mismo modo, se pudo tener una mejor comprensión del problema y abordarlo desde distintos ángulos.

De igual manera, el trabajo ofrece una contribución al campo de la investigación en educación en arquitectura, debido a que proporciona un modelo práctico para la integración de la metodología BIM en la formación de las y los arquitectos. Más aún, esta propuesta tiene el potencial de mejorar la calidad de la educación en esta disciplina, además de que puede ser replicada por otras instituciones educativas.

Debido a los alcances de esta tesis, la hipótesis de trabajo se encuentra solo parcialmente verificada debido a que la propuesta no se ha implementado, por lo que no es posible estimar su efectividad. Sin embargo, en la medida que el trabajo proporciona una propuesta justificada y detallada para integrar la metodología BIM en el plan de estudios de la Licenciatura en Arquitectura de la UAZ, se sugiere que esto mejoraría las competencias profesionales del alumnado.

Por tal motivo, corresponde a investigaciones posteriores llevarla a cabo de manera efectiva, con la finalidad de obtener datos empíricos que demuestren una mejora en las habilidades, conocimientos y aptitudes específicas por parte de las y los discentes. También, se tendrían que establecer métodos de evaluación continua para verificar el impacto de la nueva materia en el plan de estudios, así como la pertinencia del programa.

Finalmente, la propuesta de cambio curricular no solo representa una

adaptación a las demandas actuales, sino que su adopción demostraría el compromiso de la UAZ con la innovación educativa, que reflejaría la disposición de la institución para evolucionar y ofrecer una formación de calidad. Este fortalecimiento de la competitividad beneficiaría a la universidad, a las y los estudiantes, y a la comunidad en general, al afianzar su posición de liderazgo y como un referente en la educación superior en la región.

REFERENCIAS

- Abdirad, H. & Dossick, S. (2016). BIM Curriculum Design in Architecture, Engineering and Construction Education: A Systematic Review. *ITcon*, Vol. 21, pp. 250-271. Recuperado el 27 de febrero de 2023, de <https://www.itcon.org/2016/17>
- Acca Software, (2023). Edificios. Recuperado el 27 de febrero de 2023, de <https://www.accasoftware.com/es/software-diseno-arquitectonico-3d>
- Adamu, Z. & Thorpe, T. (2016). How Universities are Teaching BIM: A Review and Case Study from The UK. *ITcon*, Vol. 21, pp. 119-139. Recuperado el 27 de febrero de 2023, de <https://www.itcon.org/2016/8>
- Agulló, J., Liébana, O., Jurado, J., & Inglés, B. (2016). *Marco de Implantación de metodología BIM en Titulación de Arquitectura*. Trabajo presentado en el 5º Encuentro de Usuarios BIM, EUBIM 2016. Valencia, España.
- Ahumada, P. (2018). Hacia una evaluación de los aprendizajes en una perspectiva constructivista. *Revista Enfoques Educativos*, Vol. 1, Núm. 2, pp. 9–22. Recuperado el 11 de septiembre de 2023, de <https://revistadepedagogia.uchile.cl/index.php/REE/article/view/48553>
- Alarcón, M. (2016). Mega-tendencias 2040. *Revista Publicando*, Vol. 3, Núm. 9, pp. 409-434. Recuperado el 9 de enero de 2023, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5833526>
- Allplan, (2023). What is Allplan? Recuperado el 27 de febrero de 2023, de https://www.allplan.com/us_en/products/allplan-aec/
- Aldaba, M. (2016). La Enseñanza de la Arquitectura. Iniciación al Aprendizaje del Proyecto Arquitectónico. *Revista española de pedagogía*. N° 265, pp. 445-460. Recuperado el 21 de agosto de 2023, de https://revistadepedagogia.org/wp-content/uploads/2016/12/ensenanza_arquitectura.pdf
- Álvarez, A. & Ripoll, V. (2020). Propuesta para la Implementación de la Metodología BIM en una Experiencia Áulica Orientada a la Sustentabilidad Edilicia. *Revista Hábitat Sustentable*, Vol. 10, Núm. 1, pp. 32-43. Recuperado el 21 de agosto de 2023, de <https://dx.doi.org/10.22320/07190700.2020.10.01.03>
- Ancheyta, H. (2020). *Evaluación de los docentes y estudiantes en la aplicación de la tecnología BIM en la Licenciatura en Arquitectura de la Universidad Internacional (UNINTER), Cuernavaca, Morelos 2018-2020*. (Tesis de Maestría). Morelos, México. Instituto Politécnico Nacional.
- Arayici, Y., Coates, P., Koskela, L., Kagioglou, M., Usher, C. & O'Reilly, K. (2011). Technology Adoption in the BIM Implementation for Lean Architectural Practice.

University of Huddersfield. *Automation in construction*, Vol. 20, Núm. 2, pp. 189-195. Recuperado el 20 de febrero de 2023, de http://eprints.hud.ac.uk/id/eprint/25833/1/TECHNOLOGY_ADOPTION_IN_THE_BIM_IMPLEMENTATION_FOR_LEAN_ARCHITECTURAL_PRACTICE.pdf

Arias, S.; Labrador, N. & Gámez, B. (2019). Modelos y Épocas de la Evaluación Educativa. *Educere*. Vol. 23, N° 75, pp. 307-322. Recuperado el 12 de septiembre de 2023, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=35660262007>

ASHRAE (2012). Introduction to BIM, 4D and 5D. Recuperado el 5 de febrero de 2023, de <https://web.archive.org/web/20130403091827/http://www.cadsoft-consult.com/blogs/architecture/2009/09/ashrae-introduction-to-bim-4d-and-5d/>

Autodesk (2002). Building Information Modeling. White paper. Recuperado el 5 de febrero de 2023, de https://web.archive.org/web/20150714214305/http://www.laiserin.com/features/bim/autodesk_bim.pdf

Autodesk (2023). ¿Qué es Revit? Recuperado el 27 de febrero de 2023, de <https://www.autodesk.mx/products/revit/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>

Azhar, S., Nadeem, A., Mok, J. & Leung, B. (2008). *Building Information Modeling (BIM): A New Paradigm for Visual Interactive Modeling and Simulation for Construction Projects*. Ponencia presentada en el First International Conference on Construction in Developing Countries (ICCIDC-I). Karachi, Pakistan. Recuperado el 27 de febrero de 2023, de https://www.researchgate.net/publication/283118367_Building_Information_Modeling_BIM_A_New_Paradigm_for_Visual_Interactive_Modeling_and_Simulation_for_Construction_Projects

Bañón, L.; Bañón, C. & Marco, A. (2021). La metodología BIM como herramienta vertebradora de los estudios de Grado en Ingeniería Civil. *Redes de Investigación e Innovación en Docencia Universitaria*. Vol. 2021, pp. 625-637. Recuperado el 5 de septiembre de 2023, de <https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/119553>

Baro, A. (2011). Metodologías Activas y Aprendizaje por Descubrimiento. *Innovación y Experiencias Educativas*. Vol. 1, N° 40, pp. 1-11.

Becerik-Gerber, B. (2011). The Pace of Technological Innovation in Architecture, Engineering and Construction Education: Integrating Recent Trends Into The Curricula. *ITcon*, Vol. 16, pp. 411-432. Recuperado el 27 de febrero de 2023, de <http://www.itcon.org/2011/24>

Belloch, C. (2012). Las Tecnologías de la Información y Comunicación en el Aprendizaje. Material docente [on line]. Departamento de Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación. Universidad de Valencia.

- BIM Task Group México, (2024a). Encuesta Nacional BIM 2023: Resultados del diagnóstico Sector Academia. Recuperado del 11 de febrero del 2024 de: <https://www.bimtaskgroupmx.com/encuesta-bim-2023>
- BIM Task Group México, (2024b). Encuesta Nacional BIM 2023: Resultados del diagnóstico Sector Industria. Recuperado del 11 de febrero del 2024 de: <https://www.bimtaskgroupmx.com/encuesta-bim-2023>
- Boss, S. & Krauss, J. (2018). *Reinventing Project-Based Learning. Your Field Guide to Real-World Projects in the Digital Age* (3ª ed.). United States of America. International Society for Technology in Education (ISTE)
- Cabero, J. (1998). Impacto de las Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación en las Organizaciones Educativas, en Lorenzo, M. enfoques en la Organización y Dirección de Instituciones Educativas Formales y No Formales. Granada, Grupo Editorial Universitario, 197-206.
- Cabo, G. & Valdivia, S. (2017). Aprendizaje Basado en Proyectos. Colección Materiales de Apoyo a la Docencia, Vol. 1, N° 5, pp. 5-9. Recuperado el 21 de agosto de 2023, de <https://encuentro.educatic.unam.mx/educatic2020/pdf/docencia-camp/aprendizaje-basado-en-proyectos.pdf>
- Castells, M. (1986). *Nuevas tecnologías, economía y sociedad en España*. Madrid: Alianza.
- Centro de Estudios Económicos del Sector de la Construcción (CEESCO), 2022. Producción de la Empresas Constructoras en Zacatecas. Recuperado el 5 de febrero del 2024, de https://www.cmic.org.mx/ceesco/Documentos/Produccion_Empresas/2022/Febrero2022/Informe%20Estatual%20-%20Zacatecas%202021.pdf
- Charef, R., Alaka, H. & Emmitt, S. (2018). Beyond the third dimension of BIM: A systematic review of literature and assessment of professional views. *Journal of Building Engineering*. Vol. 19, pp. 242-257.
- Cisterna, F. (2005). Evaluación, constructivismo y metacognición. Aproximaciones teórico-prácticas. *Horizontes Educativos*. Vol. 10, N° 1, pp. 27-35. Recuperado el 11 de septiembre de 2023, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3993195>
- Coll, C. & Monereo, C. (2008). *Psicología de la educación virtual. Aprender y enseñar con las Tecnologías de la Información y la Comunicación*. España: Morata, S.L.
- Collins, A. & Halverson, R. (2009). *Rethinking Education in de Age of Technology. The Digital Revolution and Schooling in America*. New York: Teachers College Press.
- Cos-Gayón, F. (2016). Implantación de metodología BIM en asignaturas del máster

- universitario de Edificación de la Universidad Politécnica de Valencia. *Spanish Journal of BIM*. Vol. 16, N° 1, pp. 48-54. Recuperado el 3 de septiembre de 2023, de <http://hdl.handle.net/10251/113844>
- Diario Oficial de la Federación (DOF) (12 de julio de 2017). Declaratoria de vigencia de la Norma Mexicana NMX-C-527-1-ONNCCE-2017. Secretaría de Economía. México.
- Diario Oficial de la Federación (DOF) (23 de diciembre de 2023). Reglas de Operación del Programa para el Desarrollo Profesional Docente para el ejercicio fiscal 2024. Secretaría de Educación Pública. México.
- Durán, V. & Gutiérrez, S. (2021). El aprendizaje activo y el desarrollo de habilidades cognitivas en la formación de los profesionales de la salud. *Revista de la Fundación Educación Médica (FEM)*. Vol. 24, Núm. 6, pp. 283-290. DOI: <https://dx.doi.org/10.33588/fem.246.1153>.
- Encarnação, J., Lindner, R. & Schlechtendahl. *Computer Aided Design: Fundamentals and System Architectures (Symbolic Computation)*. Springer-Verlang, Berlín, 1990.
- Escamilla, P. & Muriel, V. (2022). Acercamiento a las metodologías activas de aprendizaje: fases para su implementación a través de TIC's. *Voces De La educación*. Vol. 7, N° 13, pp. 174–199. Recuperado el 3 de septiembre de 2023, de <https://www.revista.vocesdelaeducacion.com.mx/index.php/voces/article/view/483>
- Eastman, C., Fisher, D., Lafue, G., Lividini, J., Stoker, D. & Yessios, C. (1974). An Outline of the Building Description System. *Institute of Physical Planning Research Report*. Núm. 50, pp. 1-23. Carnegie Mellon University. Recuperado el 5 de febrero de 2023, de <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED113833.pdf>
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. & Liston, K. (2011). *BIM Handbook. A guide to building information modeling for owners, managers, designers, Engineers and contractors*. (2ª ed.). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Espinar, E. & Viguera, J. (2020). El aprendizaje experiencial y su impacto en la educación actual. *Revista Cubana de Educación Superior*. Vol. 39, N° 3, pp. 1-14. Recuperado en 04 de septiembre de 2023, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0257-43142020000300012&lng=es&tlng=es.
- EUBIM TaskGroup (s.f.). Manual para la introducción de la metodología BIM por parte del sector público europeo. Recuperado el 14 de febrero de 2023, de <http://www.eubim.eu/>
- Fernández, L. (2023). Impacto de la Metodología BIM en la Formación Académica de

los estudiantes de la Licenciatura en Arquitectura. *Revista e-Rua*. Vol. 15, N° 4, pp. 51-55. DOI: <https://doi.org/10.25009/e-rua.v15i4.215>

Fernández, S. (S.F.). Aprendizaje Basado en Proyectos. El qué, el cómo y la evaluación. Educación 3.0 Recuperado el 11 de septiembre de 2023, de <https://www.educaciontrespuntocero.com/opinion/aprendizaje-basado-en-proyectos/#La-evaluacion>

Fox, K. (2014). The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets. SmartMarket Report. Massachusetts: McGraw Hill Construction.

Giménez, M. (2019). *Qué es BIM o Modelado de Información de Construcción*. Hiberusblog. Recuperado el 5 de febrero de 2023, de <https://www.hiberus.com/crecemos-contigo/que-es-bim-construccion/>

González, C.; Leyva, V.; López, G. (octubre 2021-marzo 2022). Topofilia, Revista de Arquitectura, Urbanismo y Territorios. Beneficios de implementar las dimensiones BIM en el aspecto académico del arquitecto contemporáneo. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Grande, M.; Cañón, R. & Cantón, I. (2016). Tecnologías de la Información y la Comunicación: Evolución del Concepto y Características. *International Journal of Educational Research and Innovation*. Vol. 1, N° 6, pp. 218-230. Recuperado el 17 de septiembre de 2023, de <https://www.upo.es/revistas/index.php/IJERI/article/view/1703/1559>

Graphisoft, (2023). Archicad – BIM por arquitectos para arquitectos. Recuperado el 27 de febrero de 2023, de <https://graphisoft.com/es/solutions/archicad>

Guerrero, J. (2020). Aprendizaje significativo: definición, características y ejemplos. *Docentes al día*. 3 de noviembre de 2020. Recuperado el 27 de agosto de 2023, de <https://docentesaldia.com/2019/05/26/aprendizaje-significativo-definicion-caracteristicas-y-ejemplos/>

Lacaze, L. (2020). Encuesta BIM América Latina y el Caribe 2020. Datos interactivos. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Recuperado el 11 de febrero de 2024, de: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Encuesta-BIM-America-Latina-y-el-Caribe-2020.pdf>.

Lamata, R. & Domínguez, R. (2003). *La construcción de procesos formativos en educación no formal*. Madrid, Narcea.

Lizcano, A., Barbosa, J. & Villamizar, J. (2019). Aprendizaje colaborativo con apoyo de TIC: concepto, metodología y recursos. *Magis*. Vol. 12, Núm. 24, pp. 5-24. Recuperado el 12 de octubre de 2024, de <https://biblat.unam.mx/es/revista/magis/articulo/aprendizaje-colaborativo-con-apoyo-en-tic-concepto-metodologia-y-recursos>

- Llerena, Y. & Bigurra-Alzati, C. (2019). La influencia de la gestión del cambio en la implementación de BIM en la industria de la construcción sostenible de México. *Pádi Boletín Científico De Ciencias Básicas E Ingenierías Del ICBI*. Vol. 6, Núm. 12, pp. 24-31. DOI: <https://doi.org/10.29057/icbi.v6i12.3579>.
- Luelmo, M. (2018). Origen y desarrollo de las metodologías activas dentro del sistema educativo español. *Encuentro Revista del Departamento de Filología Moderna*. Vol. 27, pp. 4-21.
- Masdéu, M. (2016). La enseñanza de la arquitectura en la sociedad actual. La integración de las nuevas formas de práctica profesional en el Taller de Arquitectura. *Revista Indexada de Textos Académicos RITA*. Vol. 1, N° 5, pp. 72-81. Recuperado el 11 de septiembre de 2023, de <http://ojs.redfundamentos.com/index.php/rita/article/view/101/101>
- Meana, V., Bello, A. & García, R. (2019). Análisis de la implantación de la metodología BIM en los grados de ingeniería industrial en España bajo la perspectiva de las competencias. *Revista ingeniería de construcción*. Vol. 34, Núm. 2, pp. 169-180. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732019000200169>
- Mitera-Kielbasa, E. & Zima, K. (2024). BIM Policy Trends in Europe: Insights from a Multi-Stage Analysis. *Applied Sciences*. Vol 14, Núm. 11, pp. 1-28. <https://doi.org/10.3390/app14114363>
- Hu, S., Fang, Y. & Moehler, R. (2020). BIM-based lift planning workflow for on-site assembly in modular construction projects. The 8th International Conference on Construction Engineering and Project Management (ICCEPM). Vol. 8, pp. 63-74. The Honk Kong Polytechnic University. Recuperado el 20 de febrero de 2020, de <https://linjiarui.net/files/Proceedings-of-ICCEPM-2020.pdf>
- Institution of Structural Engineers, UK (2021). BIM guidance part 1: Introduction to BIM. Recuperado el 13 de febrero de 2023, de <https://www.istructe.org/resources/guidance/bim-guidance-part-1-introduction-to-bim/>
- Islas, C. (2017). La implicación de las TIC en la educación: Alcances, Limitaciones y Prospectiva. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo (RIDE)*. Vol. 8, Núm. 15, pp. 861-876. DOI: <https://doi.org/10.23913/ride.v8i15.324>
- Jin, R.; Yang, T.; Piroozfar, P.; Kang, B.; Wanatowski, D.; Hancock, C. & Tang, L. (2018). Project-based pedagogy in interdisciplinary building adoption BIM. *Engineering, Construction and Architectural Management*. Vol. 25, Núm. 10, pp. 1376-1397.
- Jung, W., & Lee, G. (2015). The Status of BIM Adoption on Six Continents. *World*

Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Civil and Environmental Engineering. Vol. 9, Núm. 5, pp. 512-516. Recuperado el 13 de febrero de 2023, de <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Status-of-BIM-Adoption-on-Six-Continents-Jung-Lee/ea0d7a32ebe25d64509e4224e6be9371c6aa1369>

Jurado, J. (2016). *Aprendizaje integrado en Arquitectura con modelos virtuales. Implementación de la metodología BIM en la docencia Universitaria*. (Tesis de Doctorado). Madrid, España. Universidad Politécnica de Madrid.

Kjartansdóttir, I., Mordue, S., Nowak, P., Phillip, D. & Snæbjörnsson, J. (2017). *Building Information Modeling-BIM*. Gran Bretaña: Erasmus+.

Klaschka, R. (2014). *BIM in small practices. Illustrated case studies*. New Castle: NBS.

Meana, V.; Bello, A. & García, R.; (2019). Análisis de la implantación de la metodología BIM en los grados de ingeniería industrial en España bajo la perspectiva de las competencias. *Revista Ingeniería de Construcción RIC*. Vol. 34, N° 2, pp. 169-180. Recuperado el 27 de agosto de 2023, de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732019000200169

Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China (2018). *Mega-projects of Science Research for the 10th Five-year Plan*. Recuperado el 14 de febrero de 2023, de <http://www.china.org.cn/english/government/130476.htm>

Molina, L. (2021). *Aprendizaje basado en problemas (PBL) y Aprendizaje por proyectos (ABP)*. AFOE. Recuperado el 4 de septiembre de 2023, de <https://www.afoe.org/basado-en-problemas-proyectos/#:~:text=El%20aprendizaje%20basado%20en%20problemas,especial%20la%20generaci%C3%B3n%20de%20soluciones>.

Morales, S. (2018). *Adopción de la metodología BIM en las escuelas de arquitectura en Quito* (Tesis de Maestría). Quito, Ecuador. Universidad Internacional SEK

Moreno, C., Olbina, S. & Issa, R. (2019). BIM Use by Architecture, Engineering, and Construction (AEC) Industry in Educational Facility Projects. *Hindawi Advances in Civil Engineering*. Vol. 2019, pp. 1-19. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/1392684>

Murillo, P. (2007). Nuevas formas de trabajar en la clase: metodologías activas y colaborativas. *El desarrollo de competencias docentes en la formación del profesorado* Vol. 1, pp. 129-154. Madrid, España: Instituto Superior de Formación del Profesorado. Recuperado el 3 de septiembre de 2023, de <https://idus.us.es/handle/11441/61247>

National BIM Standard United States (NBIMS-US™), (2022). *FAQ's*. Recuperado el 5

de febrero de 2023, de <https://www.nationalbimstandard.org/faqs>

National Building Specification (NBS), (2020). NBS 10th National BIM Report. United Kingdom. Recuperado el 13 de febrero de 2023, de <https://www.thenbs.com/bim-report-2020>

Neelamkavil, J. & Ahamed, S. (2012). The Return on Investment from BIM-driven Projects in Construction. DOI: 10.4224/20374669.

Organización Para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2019). Estrategia de Competencias de la OCDE 2019. Competencias para construir un futuro mejor. España: ED 21 Fundación Santillana. Recuperado el 9 de enero de 2023, de <https://www.oecd.org/skills/OECD-skills-strategy-2019-ES.pdf>

Ortiz, D. (2015). El constructivismo como teoría y método de enseñanza. *Sophia: colección de Filosofía de la Educación*. Vol. 19, N° 2, pp. 93-110.

Palomares, F. (2020). Implementación de Estrategias de Enseñanza-Aprendizaje para el Uso de la Metodología BIM dentro del Taller de Arquitectura (FA UNAM). Ponencia presentada en el Congreso ASINEA 2020 (octubre 2020). Recuperado el 1 de octubre de 2023, de <https://arqjespalfra.wordpress.com/implementacion-de-estrategias-de-ensenanza-aprendizaje-para-el-uso-de-la-metodologia-bim-dentro-del-taller-de-arquitectura-fa-unam/>

Poó, A.; Audeves, S.; Álvarez, S.; Bouzas, M.; Sosa, T. (2016). Implementación de la metodología BIM en licenciatura y postgrado, experiencia de la red académica de PRODEP en diseño-construcción. EIMIAA

Pulgar, J. (2005). *Evaluación del aprendizaje no formal. Recursos prácticos para el profesorado*. Madrid, Narcea.

Quirk, V. (2012, diciembre, 7). "A Brief History of BIM". Arch Daily. Recuperado de: <https://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim> Fecha de consulta 5 de febrero de 2023,

Rendón, A.; Reyes, B. & Torres, B. (2018). Proceso de enseñanza aprendizaje del proyecto arquitectónico. Revista Conrado, Vol.14, N° 63, pp. 30-34. Recuperado el 21 de agosto de 2023, de <http://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado>

Reza Hosseini, M., Khosrowshahi, F., Aibinu, A., & Abrishami, S. (2022). *BIM Teaching and Learning Handbook. Implementation for Students and Educators*. New York: Routledge.

Roblizo, M. & Cózar, R. (2015). Usos y Competencias en TIC en los Futuros Maestros de Educación Infantil y Primaria: Hacia una Alfabetización Tecnológica Real para Docentes. Revista de Medios y Educación. N° 47, pp. 23-39. Recuperado el 17

de septiembre de 2023, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=36841180002>

Rodríguez, A. (2023). Aprendizaje activo. *Lifeder*. (19 de julio de 2023) Recuperado el 4 de septiembre de 2023, de <https://www.lifeder.com/aprendizaje-activo/>.

Ruffle S. (1986) "Architectural design exposed: from computer aided drawing to computer aided design" *Environments and Planning B: Planning and Design*. *SAGE Journals*. Vol. 13, Núm. 4. DOI: <https://doi.org/10.1068/b130385>

Russell, D. (2014). Learning, Problem Solving and Mindtools: Essays in Honor of David H. Jonassen. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*. Vol. 8, Núm. 1.

Secretaría de Hacienda y Crédito Público (marzo de 2019). Estrategia para la Implementación del Modelado de Información de la Construcción (MIC) en México. Recuperado el 16 de mayo de 2022, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/473961/Plan_estrategico_MIC.PDF

Serrano, J. & Pons, R. (2011). El Constructivismo hoy: enfoques constructivistas en educación. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*. Vol. 13, Núm. 1, pp. 1-27. Recuperado el 26 de agosto de 2023, de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1607-40412011000100001

Serrano, O. (2021, agosto, 14). Rumbo al 2026, adopción de BIM en México. Recuperado de <https://especificarmag.com.mx/rumbo-al-2026-adopcion-de-bim-en-mexico/> Fecha de consulta 14 de febrero de 2023,

Sesento, L. (2017). El constructivismo y su aplicación en el aula. Algunas consideraciones teórico-pedagógicas. *Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo*. Junio 2017. Recuperado el 26 de agosto de 2023, de <https://www.eumed.net/rev/atlante/2017/06/constructivismo-aula.html>

Siemens, G. (2013). Learning analytics: The emergence of a discipline. *American Behavioral Scientist*. *SAGE journals*. Vol. 57, Núm. 10 DOI: <https://doi.org/10.1177/0002764213498851>

Soto, C., & Manríquez, S. (2023). Panorama general del avance de BIM en América Latina y el Caribe. Banco de Desarrollo de América Latina. Recuperado el 15 de octubre de 2024 de <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/2022>

Soto, C., Manríquez, S., Tala, N., Suaznabar, C. & Henríquez, P. (2022). Guía para la implementación de Building Information Modelling a nivel de pilotos en proyectos de construcción pública. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Recuperado el 11 de febrero de 2024, de <https://publications.iadb.org/es/guia-para-la-implementacion-de-building-information-modelling-nivel-de-pilotos-en-proyectos-de>

- Tereno, S., Anumba, C., & Asadi, S. (2018). *BIM Implementation in Facilities Management: An Analysis of Implementation Processes*. Ponencia presentada en el congreso *Construction Research Congress 2018*. Recuperado el 20 de febrero de 2023, de https://www.researchgate.net/publication/327093152_BIM_Implementation_in_Facilities_Management_An_Analysis_of_Implementation_Processes
- Toribio, R. (4 de abril de 2018). *¿De dónde salió el concepto BIM? Algunas Aclaraciones*. BIM Blog. Recuperado el 5 de febrero de 2023, de <https://blog.triart.com.do/2018/04/04/concepto-bim/>
- Torres, A. (2016). La Teoría del Aprendizaje Significativo de David Ausubel. *Psicología educativa y del desarrollo*. 13 de diciembre de 2016. Recuperado el 26 de agosto de 2023, de <https://psicologiymente.com/desarrollo/aprendizaje-significativo-david-ausubel>
- Trimble Teckla. Por qué Teckla. Recuperado el 27 de febrero de 2023, de <https://www.tekla.com/la/sobre/tekla-trimble>
- Trujillo, F. (2013) La evaluación en el aprendizaje basado en proyectos. Cursos tutorizados en línea. En abierto. Intef-Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado. Ministerio de Educación y Formación Profesional. España.
- Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ), (2005). Modelo académico UAZ siglo XXI. Recuperado de: https://www.medicinahumana-uaz.org/uploaded/normatividad/secundaria/2_1_3_Modelo_Acad%C3%A9mico_UAZ_SIGLO_XXI.pdf Fecha de consulta: 1 de octubre de 2023.
- Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ), (2020). Ciudad y Pandemia. Diario-ARQUAZ. Abril 2020. Recuperado el 5 de febrero de 2024, de <https://arquaz.mx/wp-content/uploads/2020/12/DARIO-ARQUAZ-V4-2020-compressed.pdf>
- Universidad Autónoma de Zacatecas, Licenciatura en Arquitectura (ARQUAZ). (2023). Instalaciones UAZ. Recuperado el 12 de octubre de 2024, de <https://arquaz.mx/instalaciones-uaz-2/>
- Van Nederveen, G. & Tolman, F. (1992). "Modelling multiple views on buildings". *Automation in Construction*. Vol. 1, Núm. 3, pp. 215-224. DOI: [https://doi.org/10.1016/0926-5805\(92\)90014-B](https://doi.org/10.1016/0926-5805(92)90014-B)
- Vectorworks. El Definitivo Software. Desde el Bosquejo a BIM. Recuperado el 27 de febrero de 2023, de <https://www.vectorworks.net/es-US/architect>
- Vela, F. (2013). Un acto metodológico básico de la investigación social: la entrevista

- cualitativa. En Terrés, M. L. (2013). *Observar, escuchar y comprender. Sobre la tradición cualitativa en la investigación social*. México: El Colegio de México
- Viera, T. (2003). El aprendizaje verbal significativo de Ausubel. Algunas consideraciones desde el enfoque histórico cultural. *Universidades*. Vol. 26, pp. 37-43.
- Villamizar, A. (15 de abril de 2021). *Adopción del BIM en el Mundo*. IDESIE. Recuperado el 14 de febrero de 2021, de <https://idesie.com/blog/2021/04/15/adopcion-del-bim-en-el-mundo/>
- Witt, E. & Kähkönen, K. (2019). BIM-Enabled Education: a Systematic Literature Review. *10th Nordic Conference on Construction Economics and Organization*. Vol. 2, pp. 261-269. DOI: 10.1108/S2516-285320190000002042
- Zambrano, M., Hernández, A. & Mendoza, K. (2022). El aprendizaje basado en proyectos como estrategia didáctica. *Revista Conrado*. Vol. 18, Núm. 84, pp. 172-182.

ANEXOS

Anexo 1. Cronograma de sesiones

| Semana 1 (5 hrs.) | | |
|--|---|---|
| Tema | Actividad | Referencia |
| Presentación del programa e introducción al curso. | Presentación a cargo de la o el docente del programa e introducción al curso. | N/A |
| Unidad I. Introducción a la metodología BIM | | |
| 1.1 Introducción | Exposición docente sobre la metodología BIM y su importancia en el diseño. | Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. & Liston, K. (2011). <i>BIM Handbook. A guide to building information modeling for owners, managers, designers, Engineers and contractors.</i> (2ª ed.). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. |
| 1.2 Conceptos básicos | Resolución de crucigrama por el alumnado con los conceptos básicos de BIM Comentarios posteriores y aclaración de dudas. | Se elabora en Educaplay y se comparte mediante código QR |
| 1.3 Evolución de la metodología BIM | Lectura del artículo y posterior comentario. Aclaración de dudas. | Gámez, F., Severino, M. & Márquez, R. (2014). Introducción a la metodología BIM. <i>Spanish Journal of building information modelling.</i> Vol. 4, No.10. |

| Semana 2 (5 hrs.) | | |
|------------------------------------|---|--|
| Tema | Actividad | Referencia |
| 1.4 BIM en México | Exposición docente sobre la evolución de la metodología BIM en el contexto mexicano. En equipos, el alumnado investiga y expone ejemplos de cómo se ha implementado BIM en México. Aclaración de dudas. | Secretaría de Hacienda y Crédito Público (marzo de 2019). Estrategia para la Implementación del Modelado de Información de la Construcción (MIC) en México. https://www.gob.mx/cms/ |
| 1.5 Niveles de desarrollo (LOD) | Exposición docente sobre los diferentes niveles de desarrollo de BIM y sus implicaciones en el diseño. | Liébana, O. & Gómez M. (2014). Normalización del nivel de desarrollo de modelos S-BIM. DOI: 10.13140/2.1.1290.2724. |
| 1.6 Flujo de trabajo dentro de BIM | A través de una lluvia de ideas, se establecen los criterios de diseño para una parada de autobús donde se demuestre de forma práctica el flujo de trabajo dentro de BIM en el software Revit. | |

| Semana 3 (5 hrs.) | | |
|---|---|--|
| Tema | Actividad | Referencia |
| Unidad II. Modelado de Arquitectura 2.1 Características del software 2.1.1 Área de trabajo e interfaz 2.1.2 Administrador de proyectos | Exposición docente sobre características generales del software. Selección de proyectos para trabajar individualmente, basado en el proyecto a realizar en la materia de "Proyecto arquitectónico I". Aclaración de dudas. | Espacio BIM. <i>Manual de Autodesk Revit Architecture</i> . Recuperado de espaciobim.com |
| 2.2 Preparación para el modelado y configuraciones previas 2.2.1 Configuración del proyecto 2.2.2 Definición de rejillas 2.2.3 Definición de niveles 2.2.4 Definición de ubicación del proyecto 2.2.5 Importar CAD | Exposición docente sobre las configuraciones previas para trabajar en el software. Proyección del video. Práctica por parte del alumnado con las configuraciones básicas en su proyecto individual. Aclaración de dudas. | Moret, S. (2022). <i>Revit 2022 (Manuales Imprescindibles)</i> . Anaya Multimedia. Escuela de Construcción Digital. Introducción a Revit Arquitectura 2024. Recuperado de https://www.youtube.com |

| Semana 4 (5 hrs.) | | |
|--|---|--|
| Tema | Actividad | Referencia |
| 2.3 Elaboración del proyecto 2.3.1 Muros, pisos y techos 2.3.2 Puertas, ventanas y muros cortina 2.3.3 Escaleras y barandales | Exposición docente sobre las herramientas de modelado. Aplicación por el alumnado de las herramientas de modelado en el proyecto individual. Aclaración de dudas. | Verma, G. & Weber, M. (2023). <i>Autodesk Revit 2024 Black Book</i> . Cadcamcae Works, Edición 5th ed. |

| Semana 5 (5 hrs.) | | |
|---|---|--|
| Tema | Actividad | Referencia |
| 2.3.4 Topografía 2.3.5 Acabados 2.3.6 Visualización 2.3.7 Familias | Proyección de video. Exposición docente sobre las herramientas de acabados, visualización y familias. Aplicación por el alumnado de las herramientas de modelado en el proyecto individual. Aclaración de dudas. | Arqmanes (2022). <i>Topografía. Curso de Revit</i> . Verma, G. & Weber, M. (2023). <i>Autodesk Revit 2024 Black Book</i> . Cadcamcae Works, Edición 5th ed. |

| Semana 6 (5 hrs.) | | |
|-------------------------------|--|---|
| Tema | Actividad | Referencia |
| 2.4 Documentar para impresión | <p>Exposición docente sobre las herramientas de acabados, visualización y familias.</p> <p>Aplicación por el alumnado de las herramientas de impresión en distintas escalas en el proyecto individual.</p> <p>Aclaración de dudas.</p> | Moret, S. (2020). <i>Guía práctica de Revit: Volumen 1</i> . Independently published. |

| Semana 7 (5 hrs.) | | |
|---|--|---|
| Tema | Actividad | Referencia |
| Unidad III. Modelado de estructuras 3.1 Importar y vincular dibujos CAD | Exposición docente sobre la vinculación de Revit con CAD y software de cálculo estructural. | Reyes, A., Candelario, A. & Cordero, P. (2019). <i>REVIT MEP y REVIT Structure + Navisworks</i> . Anaya Multimedia. |
| 3.2 Proyecto estructural 3.2.1 Modelado de cimentaciones 3.2.2 Colocación de acero de refuerzo 3.2.3 Modelado de muros y columnas 3.2.4 Modelado de vigas y losas | <p>Exposición docente sobre las herramientas de modelado de elementos estructurales y colocación de acero de refuerzo.</p> <p>Aplicación por el alumnado de los distintos elementos estructurales y colocación de acero de refuerzo en el proyecto individual.</p> <p>Aclaración de dudas.</p> | Reyes, A., Candelario, A. & Cordero, P. (2019). <i>REVIT MEP y REVIT Structure + Navisworks</i> . Anaya Multimedia. |

| Semana 8 (5 hrs.) | | |
|--------------------------------------|--|---|
| Tema | Actividad | Referencia |
| 3.3 Modelado de estructuras de acero | <p>Exposición docente sobre las herramientas de modelado de elementos estructurales de acero.</p> <p>Aplicación por el alumnado de los distintos elementos estructurales de acero en el proyecto individual.</p> <p>Aclaración de dudas.</p> | <p>Reyes, A., Candelario, A. & Cordero, P. (2019). <i>REVIT MEP y REVIT Structure + Navisworks</i>. Anaya Multimedia.</p> |

| Semana 9 (5 hrs.) | | |
|---|--|---|
| Tema | Actividad | Referencia |
| 3.4 Elaboración de detalles estructurales | <p>Exposición docente sobre la elaboración de detalles estructurales.</p> <p>Elaboración de detalles estructurales dentro del proyecto individual de las y los alumnos.</p> | <p>Reyes, A., Candelario, A. & Cordero, P. (2019). <i>REVIT MEP y REVIT Structure + Navisworks</i>. Anaya Multimedia.</p> |
| 3.5 Documentación de planos estructurales | <p>Exposición docente sobre la documentación e impresión.</p> <p>Aplicación por el alumnado de los distintos elementos estructurales de acero en el proyecto individual.</p> <p>Aclaración de dudas.</p> | <p>Reyes, A., Candelario, A. & Cordero, P. (2019). <i>REVIT MEP y REVIT Structure + Navisworks</i>. Anaya Multimedia.</p> |

| Semana 10 (5 hrs.) | | |
|--|---|--|
| Tema | Actividad | Referencia |
| Unidad IV. Modelado de instalaciones 4.1 Modelado de instalación hidráulica | Exposición docente sobre el modelado de instalaciones hidráulicas. Modelado de instalación hidráulica dentro del proyecto individual de las y los alumnos. Aclaración de dudas. | Barco, D. (2023). <i>Guía para Desarrollar Proyectos de Instalaciones con Revit MEP</i> . Independently published. |
| 4.2 Modelado de instalación sanitaria | Exposición docente sobre el modelado de instalaciones sanitaria. Modelado de instalación sanitaria dentro del proyecto individual de las y los alumnos. Aclaración de dudas. | Barco, D. (2023). <i>Guía para Desarrollar Proyectos de Instalaciones con Revit MEP</i> . Independently published. |

| Semana 11 (5 hrs.) | | |
|--|--|--|
| Tema | Actividad | Referencia |
| 4.3 Modelado de instalación eléctrica | <p>Exposición docente sobre el modelado de instalaciones eléctricas.</p> <p>Modelado de instalación eléctrica dentro del proyecto individual de las y los alumnos.</p> <p>Aclaración de dudas.</p> | Barco, D. (2023). <i>Guía para Desarrollar Proyectos de Instalaciones con Revit MEP</i> . Independently published. |
| 4.4 Modelado de instalaciones especiales | <p>Exposición docente sobre el modelado de instalaciones eléctricas.</p> <p>Modelado de instalación eléctrica dentro del proyecto individual de las y los alumnos.</p> <p>Aclaración de dudas.</p> | Barco, D. (2023). <i>Guía para Desarrollar Proyectos de Instalaciones con Revit MEP</i> . Independently published. |

| Semana 12 (5 hrs.) | | |
|--|---|--|
| Tema | Actividad | Referencia |
| 4.5 Elaboración de detalles de instalaciones | <p>Exposición docente sobre la elaboración de detalles de instalaciones.</p> <p>Elaboración de detalles de instalaciones dentro del proyecto individual de las y los alumnos.</p> <p>Aclaración de dudas.</p> | Barco, D. (2023). <i>Guía para Desarrollar Proyectos de Instalaciones con Revit MEP</i> . Independently published. |
| 4.6 Documentación de planos de instalaciones | <p>Exposición docente sobre la documentación e impresión de planos de instalaciones.</p> <p>Aplicación por el alumnado de los distintos elementos estructurales de acero en el proyecto individual.</p> <p>Aclaración de dudas.</p> | Barco, D. (2023). <i>Guía para Desarrollar Proyectos de Instalaciones con Revit MEP</i> . Independently published. |

| Semana 13 (5 hrs.) | | |
|--|--|--|
| Tema | Actividad | Referencia |
| Unidad V. Detección de interferencias 5.1 Introducción a Navisworks | Exposición docente sobre el software Navisworks. Aclaración de dudas. | Alonso, S. (2021). <i>Navisworks de 0 a 100: El manual que me hubiera gustado tener</i> . Independently published. |
| 5.2 Vinculación y gestión de modelos BIM con Navisworks | Exposición docente sobre la vinculación y gestión de modelos con Revit y Navisworks. Formación de equipos multidisciplinarios, en colaboración con las carreras de Ingeniería Civil y Topografía. Aclaración de dudas. | Alonso, S. (2021). <i>Navisworks de 0 a 100: El manual que me hubiera gustado tener</i> . Independently published. |

| Semana 14 (5 hrs.) | | |
|--|--|--|
| Tema | Actividad | Referencia |
| 5.3 Tipos de conflictos y matriz de interferencias | Trabajo colaborativo con las carreras de Ingeniería Civil y Topografía. Vinculación de distintas especialidades dentro del modelo asignado, como topografía, arquitectura, estructura e instalaciones. | Alonso, S. (2021). <i>Navisworks de 0 a 100: El manual que me hubiera gustado tener</i> . Independently published. |
| 5.4 Creación de informes y resultados de la prueba de interferencias | Elaboración de informes grupales, así como verificación y resolución de conflictos e interferencias entre especialidades. | Alonso, S. (2021). <i>Navisworks de 0 a 100: El manual que me hubiera gustado tener</i> . Independently published. |

| Semana 15 (5 hrs.) | | |
|---|--|--|
| Tema | Actividad | Referencia |
| 5.5 Elaboración de tablas de contenido y cuantificación de material | Elaboración en equipos de tablas de contenido y volúmenes de obra del modelo asignado. | Alonso, S. (2021). <i>Navisworks de 0 a 100: El manual que me hubiera gustado tener</i> . Independently published. |
| 5.6 Generación de reportes | Elaboración en equipos de reportes y presupuestos de obra. | Alonso, S. (2021). <i>Navisworks de 0 a 100: El manual que me hubiera gustado tener</i> . Independently published. |

Anexo 2. Formato de encuesta



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ZACATECAS
“Francisco García Salinas”
UNIDAD ACADÉMICA DE DOCENCIA SUPERIOR
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN Y DESARROLLO PROFESIONAL
DOCENTE

Instrumento para evaluar el nivel de integración de la metodología BIM entre estudiantes de la Licenciatura en Arquitectura de la UAZ

Objetivo: Evaluar el estado actual de conocimiento y el nivel de integración en la actividad escolar de la metodología BIM, entre estudiantes de la Licenciatura en Arquitectura de la UAZ.

La participación en este cuestionario es voluntaria y anónima. La información recopilada a través de este instrumento será utilizada exclusivamente con fines académicos de difusión y divulgación científica, conforme a los lineamientos éticos e institucionales que rigen a la UAZ y la MEDPD, según se expresa en el Aviso de privacidad.

Al continuar expreso mi consentimiento libre y personal, en pleno uso de mis facultades y bajo ningún tipo de presión, para participar y que la información que comunico mediante las respuestas que doy según el instrumento o técnica aplicada, aparezca en la investigación referida.

Instrucciones: Seleccione la respuesta que mejor se adapte a su condición actual.

Edad: _____

Género: a. Masculino b. Femenino c. Otro

Semestre que cursas: _____

1. ¿Has oído hablar de la metodología BIM?

- a. Sí
- b. No

2. En caso afirmativo, explica brevemente qué entiendes por este concepto.

- a. Respuesta _____
- b. No conozco el concepto

3. ¿Has utilizado alguna vez software BIM (Revit, Archicad, Allplan, etc.)?

- a. Sí
- b. No

4. En caso afirmativo, ¿qué software BIM has utilizado?
 - a. Respuesta _____
 - b. Nunca he utilizado software BIM
5. ¿Has recibido alguna vez formación en la metodología BIM?
 - a. Sí
 - b. No
6. En caso afirmativo, ¿dónde recibiste esa formación?
 - a. En la universidad
 - b. Curso extracurricular
 - c. Lo aprendí por mi cuenta
 - d. Otro: _____
 - e. No he recibido formación en BIM
7. ¿Utilizas de manera regular el software BIM para realizar tus trabajos escolares?
 - a. Sí
 - b. No
8. En caso afirmativo, ¿en qué disciplinas has usado el software BIM?
 - a. Visualización arquitectónica
 - b. Proyecto arquitectónico
 - c. Estructuras
 - d. Instalaciones hidrosanitarias, eléctricas y especiales
 - e. Todas las anteriores
 - f. No uso software BIM
9. Según tu percepción, ¿cuál es tu nivel de conocimiento en la metodología BIM?
 - a. Ninguno
 - b. Básico
 - c. Intermedio
 - d. Avanzado
10. ¿Qué software NO BIM utilizas con mayor frecuencia para realizar tus proyectos?

Respuesta _____

<https://forms.gle/DCoVJqC3qjpdZR827>



Anexo 3. Formato de entrevista



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ZACATECAS
“Francisco García Salinas”
UNIDAD ACADÉMICA DE DOCENCIA SUPERIOR
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN Y DESARROLLO PROFESIONAL
DOCENTE

Instrumento para evaluar el nivel de integración de la metodología BIM entre docentes de la Licenciatura en Arquitectura de la UAZ

Objetivo: Evaluar el estado actual de conocimiento y el nivel de integración en la actividad docente de la metodología BIM, entre las y los profesores de la Licenciatura en Arquitectura de la UAZ.

La participación en esta entrevista es voluntaria y anónima. La información recopilada a través de este instrumento será utilizada exclusivamente con fines académicos de difusión y divulgación científica, conforme a los lineamientos éticos e institucionales que rigen a la UAZ y la MEDPD, según se expresa en el **Consentimiento Informado** y el **Aviso de privacidad**.

1. ¿Ha oído hablar de la metodología BIM?
 - a. Sí
 - b. No
2. En caso afirmativo, explique brevemente qué entiende por este concepto.
 - c. Respuesta _____
 - d. No conozco el concepto
3. ¿Ha utilizado alguna vez software BIM (Revit, Archicad, Allplan, etc.)?
 - e. Sí
 - f. No
4. En caso afirmativo, ¿qué software BIM has utilizado?
 - g. Respuesta _____
 - h. Nunca he utilizado software BIM
5. ¿Ha recibido alguna vez formación en la metodología BIM?
 - i. Sí
 - j. No
6. En caso afirmativo, ¿dónde recibió esa formación?

- k. En la universidad
 - l. Curso extracurricular
 - m. Lo aprendí por mi cuenta
 - n. Otro: _____
 - o. No he recibido formación en BIM
7. ¿Utiliza de manera regular el software BIM para realizar tus trabajos profesionales?
- p. Sí
 - q. No
8. En caso afirmativo, ¿en qué disciplinas has usado el software BIM?
- r. Visualización arquitectónica
 - s. Proyecto arquitectónico
 - t. Estructuras
 - u. Instalaciones hidrosanitarias, eléctricas y especiales
 - v. Todas las anteriores
 - w. No uso software BIM
9. Según tu percepción, ¿cuál es tu nivel de conocimiento en la metodología BIM?
- x. Ninguno
 - y. Básico
 - z. Intermedio
 - aa. Avanzado
10. ¿Ha tenido alguna experiencia previa con la metodología BIM en su práctica docente?
11. ¿Considera relevante la enseñanza de la metodología BIM en la Licenciatura en Arquitectura en la UAZ?
12. En caso afirmativo, ¿estaría a favor de la incorporación de una nueva asignatura dentro del Plan de Estudios ARQUAZ?
13. ¿En qué semestre considera que sería más adecuado incorporar una asignatura relacionada con la enseñanza de la metodología BIM?
14. ¿Cómo cree que se podría estructurar una asignatura de metodología BIM para que sea efectiva y relevante para los estudiantes?
15. ¿Qué tipo de capacitación o recursos adicionales a los actuales cree que serían necesarios para que los docentes puedan impartir efectivamente la metodología BIM?
16. ¿Qué estrategias didácticas considera más adecuadas para la enseñanza de la metodología BIM?
17. ¿Cómo cree que se podría integrar la enseñanza de la metodología BIM con otras asignaturas existentes en el plan de estudios?
18. ¿Qué recomendaciones haría para la efectiva implementación de la metodología BIM en la Licenciatura en Arquitectura de la UAZ?
19. ¿Hay algo más que le gustaría agregar o algún tema que considere importante y que no hayamos tocado?