

UCUENCA

Universidad de Cuenca

Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Carrera de Arquitectura

Implementación de la metodología BIM para abordar un proyecto arquitectónico académico en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca.

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Arquitecto

Autor:

Esteban Patricio Hidalgo Jaramillo

Director:

Francisco Elias Valdez Apolo

ORCID:  0000-0001-9853-2811

Cuenca, Ecuador

2023-07-24

UCUENCA

UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM PARA
ABORDAR UN PROYECTO ARQUITECTÓNICO
ACADÉMICO EN LA FACULTAD DE ARQUITECTURA Y
URBANISMO DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA.

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE ARQUITECTO

AUTOR:

Esteban Patricio Hidalgo Jaramillo

DIRECTOR:

Francisco Elias Valdez Apolo

Resumen

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo la implementación de una metodología BIM mediante la elaboración de un manual para abordar un proyecto arquitectónico académico para la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca. La metodología BIM se ha convertido en una herramienta fundamental en el mundo de la construcción y la arquitectura, ya que permite la creación de modelos 3D precisos y detallados que contienen información sobre los materiales, la geometría, las medidas, los tiempos de ejecución, los costos y otros aspectos importantes para el proyecto. Lo que genera una ventaja para los estudiantes y profesionales de la Arquitectura y Construcción, permitiendo el control y gestión de información interdisciplinaria mediante el uso de softwares que generan modelos centralizados, así mermando la pérdida de información, siendo esta más coherente y precisa.

A través del levantamiento de información en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca se evidenció los vacíos y falencias en el aprendizaje con respecto a la implementación de una metodología BIM. En conclusión, se establecen parámetros para la aplicación del manual, con el objetivo de potenciar, optimizar y gestionar los proyectos que sean planteados por los estudiantes.

Palabras clave: Presentación académica, BIM, guía complementaria, diseño arquitectónico



El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Cuenca ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por la propiedad intelectual y los derechos de autor.

Repositorio Institucional: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Abstract

The present degree project aims to implement a BIM methodology through the development of a manual to address an academic architectural project for the Faculty of Architecture and Urbanism of the University of Cuenca. BIM methodology has become a fundamental tool in the construction and architecture world, as it allows for the creation of precise and detailed 3D models that contain information about materials, geometry, measurements, execution times, costs, and other important aspects of the project. This provides an advantage for architecture and construction students and professionals, enabling the control and management of interdisciplinary information through the use of software that generates centralized models, thus reducing the loss of information and making it more coherent and accurate.

Through the gathering of information at the Faculty of Architecture and Urbanism of the University of Cuenca, gaps and deficiencies in learning regarding the implementation of a BIM methodology were identified. In conclusion, parameters are established for the application of the manual, with the aim of enhancing, optimizing, and managing the projects proposed by the students.

Keywords: Academic presentation, BIM, complementary guide, architectural design



The content of this work corresponds to the right of expression of the authors and does not compromise the institutional thinking of the University of Cuenca, nor does it release its responsibility before third parties. The authors assume responsibility for the intellectual property and copyrights.

Institutional Repository: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Índice de contenido

I.	Introducción.....	7
II.	Objetivo General	7
III.	Objetivos Específicos	7
1.	Capítulo 1: Metodología BIM: Conceptos y Generalidades	9
1.1.	Antecedentes.....	9
1.2.	Línea de tiempo.....	9
1.3.	Metodología BIM.....	10
1.4.	Términos y definiciones	10
1.5.	Dimensiones BIM.....	11
1.6.	Software BIM	13
1.6.1.	Revit	13
1.6.2.	Funciones BIM	13
1.6.3.	ArchiCAD.....	14
1.6.4.	Funciones BIM	14
1.6.5.	Comparativa entre Revit y ArchiCAD	14
1.7.	Ventajas BIM	16
1.8.	¿Qué aporta al aprendizaje del BIM?	16
2.	Capítulo 2: Análisis del BIM en la educación	19
2.1.	Antecedentes.....	19
2.2.	BIM en el contexto externo	19
2.3.	BIM en el contexto local.....	21
2.4.	BIM en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo.....	21
2.4.1.	Malla Curricular 2019 de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca.....	21
3.	Capítulo 3: Manual de aplicación de BIM en un proyecto arquitectónico	25
3.1.	Objetivos.....	25
3.2.	Requisitos para un Proyecto Arquitectónico Académico	25
3.3.	Estándares BIM.	26
3.4.	Usos BIM.	26
3.4.1.	Levantamiento de condiciones existentes	26
3.4.2.	Análisis del entorno físico.....	26
3.4.3.	Elaboración de documentación	27
3.4.4.	Visualización 3D.....	27
3.4.5.	Coordinación de la información	27
3.4.6.	Análisis del programa arquitectónico.....	27
3.4.7.	Estimación de cantidades y costos.....	27
3.4.8.	Revisión del diseño	27
3.4.9.	Análisis estructural	27
3.4.10.	Análisis lumínico.....	27
3.4.11.	Análisis energético de las instalaciones	27
3.4.12.	Análisis de la capacidad constructiva	27
3.4.13.	Análisis de otras ingenierías y especialidades	27
3.4.14.	Evaluación de sostenibilidad	28
3.4.15.	Detección de interferencias e incompatibilidades.....	28
3.4.16.	Planificación de la fase de ejecución.....	28
3.4.17.	Diseño de sistemas constructivos para la ejecución	28
3.4.18.	Fabricación digital.....	28
3.4.19.	Planificación de obras preliminares y provisionales	28
3.4.20.	Registrar información de lo construido (As - built).....	28

3.4.21.	Programación del mantenimiento.....	28	3.10.3.	Derivación de los Modelos BIM.....	37
3.5.	Entregables BIM.....	28	3.10.4.	Planos.....	37
3.5.1.	Modelo BIM.....	28	3.10.5.	Mediciones y Presupuestos.....	37
3.5.2.	Modelo de Condiciones Existentes.....	29	3.10.6.	Nubes de Puntos.....	37
3.5.3.	Derivados de los Modelos BIM.....	29	3.10.7.	Otros Derivados.....	37
3.5.4.	Registro del Estado inicial.....	29	3.11.	Proceso de Producción y entrega de la información.....	38
3.5.5.	Obtención de Planos.....	29	3.11.1.	Proceso de Generación de Modelos.....	38
3.6.	Requisitos Mínimos de Información.....	30	3.11.2.	Proceso de Coordinación de Modelos.....	39
3.6.1.	Detalles Gráfico.....	30	3.11.3.	Proceso de Coordinación de Modelos basado en Estándares Open BIM (IFC y BCF).....	40
3.6.2.	Información no Gráfica.....	31	3.11.4.	Proceso de gestión de cambios en el Modelo.....	41
3.7.	Roles BIM.....	32	3.11.5.	Proceso de Obtención del Presupuesto a través del Modelo 42	42
3.8.	Sistema de clasificación de elementos.....	33	3.12.	Coordinación, control y aseguramiento de la Calidad.....	43
3.8.1.	Criterios de Clasificación.....	33	3.12.1.	Coordinación Espacial.....	45
3.8.2.	Tipología de actuación.....	33	3.12.2.	Nueva Versión.....	45
3.8.3.	Tipología de activo.....	33	3.12.3.	Clasificación.....	45
3.8.4.	Sistema Funcional.....	33	3.12.4.	Requisitos Mínimos de Información.....	45
3.8.5.	Componente.....	33	3.13.	Integración con otros sistemas.....	47
3.8.6.	Material.....	33	3.13.1.	Proceso de Integración.....	47
3.8.7.	Metodología de Clasificación.....	33	3.14.	CDE y codificación de archivos.....	48
3.9.	Estrategia de organización y definición de objetos BIM.....	34	3.14.1.	CDE.....	48
3.9.1.	Estructura de Objetos.....	34	3.14.2.	Requisitos Funcionales.....	48
3.9.2.	Nomenclaturas de objeto.....	36	3.14.3.	Sistema de Metadatos de archivos.....	50
3.9.3.	Librería de Objetos.....	37	1.1.1.1.	Estructura del sistema de codificación de Archivos.....	50
3.10.	Formatos de los Archivos.....	37	1.1.1.2.	Tipos de Archivos.....	51
3.10.1.	Modelos BIM.....	37			
3.10.2.	Modelos de Proyecto.....	37			

1.1.1.3.	Disciplinas	51
1.1.1.4.	Estado	52
4.	Capítulo 4: Resultados de aplicación.....	54
4.1.	Resultados.....	54
4.1.1.	Flujo de Trabajo BIM frente a Flujo de Trabajo CAD o 2D	55
1.1.2.	Diseño	56
4.1.2.	Cálculo de cantidades de obra y presupuesto.....	57
1.1.3.	Estructura	58
1.1.4.	Integración entre disciplinas	59
1.1.5.	Análisis Bioclimático	60
1.1.1.	Visualización	61
5.	Conclusiones y recomendaciones	63
5.1.	Conclusiones	63
5.2.	Recomendaciones	64
6.	Referencias.....	65
7.	Anexos.....	68

Índice de figuras

Figura 1. Dimensiones BIM	12	Figura 19. Matriz de prioridades.....	46
Figura 2. Ciclo de vida de una obra relacionado a conceptos y dimensiones BIM.....	17	Figura 20. Esquema de Integración PIM-AIM.....	47
Figura 3. Estudio de la inclusión de BIM en la educación Superior en Chile.....	20	Figura 21. <i>Requisitos Funcionales de un CDE</i>	48
Figura 4. Modelo BIM y derivados.....	29	Figura 22. Ventajas de CDE.....	49
Figura 5. Evolución del Detalle Gráfico en el Ciclo de Vida.....	30	Figura 23. <i>Flujo de Trabajo BIM vs Flujo de Trabajo 2D</i>	55
Figura 6. Evolución de la información no Gráfica en el Ciclo de Vida.....	31	Figura 24. <i>Curva de MacLeamy</i>	55
Figura 7. Roles BIM.....	32	Figura 25. Método tradicional vs Método BIM- Diseño.....	56
Figura 8. Estructura de un Objeto.....	34	Figura 26. <i>Método tradicional vs Método BIM- Calculo de cantidades y presupuesto</i>	57
Figura 9. Ejemplo de organización de un objeto de Arquitectura.....	35	Figura 27. Método tradicional vs Método BIM- Estructura.....	58
Figura 10. Estructura de la nomenclatura de objetos BIM.....	36	Figura 28. <i>Método tradicional vs Método BIM- Integración entre disciplinas</i>	59
Figura 11. Flujograma del Proceso de Generación de Modelos.....	38	Figura 29. Método tradicional vs Método BIM- Análisis Bioclimático.....	60
Figura 12. Flujograma de coordinación de Modelos.....	39	Figura 30. <i>Método tradicional vs Método BIM – Visualización</i>	61
Figura 13. Flujograma del Proceso de Coordinación de Modelos - Estándares Open BIM (IFC Y BCF).....	40		
Figura 14. Flujograma del Proceso de Gestión de Cambios en el Modelo.....	41		
Figura 15. Flujograma del Proceso de Obtención Del Presupuesto a través del Modelo.....	42		
Figura 16. Uso de Estándares y Formatos Abiertos en el proceso de Coordinación y Control de Calidad BIM.....	43		
Figura 17. Orden y Jerarquía de Verificaciones en el Proceso de Coordinación y Control de Calidad BIM.....	44		
Figura 18. Ejemplo de Escala de Comprobaciones para realizar sobre La Información No Gráfica.....	45		

Índice de tablas

Tabla 1. Línea de Tiempo acontecimientos para el desarrollo BIM.....	9
Tabla 2. Términos y definiciones básicas de BIM.....	10
Tabla 3. Tabla de Clasificación de los Principales Softwares BIM.....	13
Tabla 4. Tabla de Comparativa entre Revit y ArchiCAD.....	14
Tabla 5. Contenidos de los sílabos de materias relacionadas a BIM de la Universidad de Cuenca. Adaptado y elaborado en base a los sílabos de Dibujo Computarizado en 2D y en 3D pertenecientes a la Universidad de Cuenca.....	22
Tabla 6. Contenidos de los sílabos de materias relacionadas a BIM de la Universidad de Cuenca. Adaptado y elaborado en base a los sílabos de Dibujo Computarizado en 2D y en 3D pertenecientes a la Universidad de Cuenca.....	22
Tabla 7. Contenidos de los sílabos de materias relacionadas a BIM de la Universidad de Cuenca. Adaptado y elaborado en base a los sílabos de Dibujo Computarizado en 2D y en 3D pertenecientes a la Universidad de Cuenca.....	23
Tabla 8. <i>Formatos de Intercambio y entrega de Información según la tipología de un Modelo BIM.....</i>	37
Tabla 9. Sistema de codificación de archivos.....	50
Tabla 10. Listado de Tipos de Archivo.....	51
Tabla 11. Listado de Disciplinas.....	51
Tabla 12. Listado de Estados.....	52
Tabla 13. Tiempo de ejecución de proyecto académico Metodología Tradicional vs Metodología BIM- Vivienda.....	54

Dedicatoria

Dedico este logro a mis amados padres, Washington y Giomar. Vuestra incondicionalidad y apoyo han sido mi fuerza en cada paso del camino. Desde el inicio, habéis estado ahí para alentarme en los momentos difíciles y celebrar mis triunfos. Vuestro amor inquebrantable y confianza en mí me han dado la valentía para perseguir mis sueños y superar cualquier obstáculo. Vuestra presencia constante ha sido un faro de luz en los momentos oscuros, guiándome hacia el éxito. Cada sacrificio que habéis hecho y cada esfuerzo que habéis dedicado a mi educación han sido invaluable.

Agradecimientos

Dedico este trabajo de investigación a mis padres Washington y Giomar, con profundo agradecimiento y amor. Ellos han sido los pilares fundamentales en mi trayectoria académica, brindándome un apoyo incondicional y motivándome en todo momento. Su constante aliento y creencia en mis capacidades han sido cruciales para alcanzar este logro.

Además de mis padres, quiero expresar mi gratitud a mis profesores y compañeros de estudios. Han sido figuras importantes en mi desarrollo académico y personal. Sus conocimientos, orientación y amistad han sido invaluable. Cada uno de mis profesores ha dejado una huella en mi vida, inspirándome a aprender, explorar y descubrir nuevos horizontes. Han compartido su sabiduría y han estado dispuestos a ayudarme en todo momento.

I. Introducción

Uno de los problemas que se han visto en la formación académica de arquitectos es el uso limitado de softwares BIM como es el caso de ArchiCAD y Revit que son vistos más como herramientas de modelado en 2D y 3D, siendo solo parte de la representación gráfica, sin tener en cuenta que estas herramientas apoyan al desarrollo de material gráfico y no gráfico de un proyecto.

En países como España, el uso de BIM en la formación académica de arquitectos y profesionales de la construcción se ha vuelto cada vez más común, debido a la necesidad de preparar a los estudiantes para enfrentar los desafíos del mercado laboral actual. De hecho, algunas universidades ya han implementado la enseñanza de BIM en sus planes de estudio, ofreciendo cursos y talleres especializados en el uso de estas herramientas. Todo esto con el fin de garantizar que los estudiantes cuenten con las habilidades y conocimientos necesarios para desempeñarse eficazmente en el mercado laboral y, al mismo tiempo, impulsar la innovación en el sector de la construcción.

En Latinoamérica, han existido diferentes casos, teniendo a México en donde la FIC (Fundación de la Industria de la Construcción), en conjunto con el gobierno buscan establecer una norma BIM, varias instituciones educativas del país han establecido el uso de estas herramientas como asignaturas obligatorias con el objetivo de estandarizar el uso BIM en la construcción e industria. (Moreales,2018)

Como parte del estudio de inclusión de BIM en la educación superior de Chile, se analizó que en el año 2016 la implementación y adaptación de BIM en el sector educativo presentaba grandes dificultades, a pesar de que el mercado laboral en BIM se encontraba en constante crecimiento, pero en los últimos años se ha podido observar una mejora en la implementación de BIM. Este señala que BIM es más eficaz cuando se enseña en un entorno colaborativo y multidisciplinario.

El uso de softwares BIM en la educación de arquitectos y profesionales de la construcción es cada vez más necesario para estar al día con las tendencias tecnológicas en la industria. Además, estos programas ofrecen una gran cantidad de beneficios, como la capacidad de gestionar y

visualizar la información de un proyecto en tiempo real, aumentando la eficiencia y la calidad del trabajo realizado.

II. Objetivo General

Implementación de la metodología BIM para abordar un proyecto arquitectónico académico en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca.

III. Objetivos Específicos

- Establecer las líneas generales y el marco de trabajo para la correcta implementación de la metodología BIM en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo.
- Proponer un manual basado en la metodología BIM para el uso académico en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo.
- Evaluar su impacto en el desempeño y los resultados de los estudiantes.

CAPITULO 1

Metodología BIM: Conceptos y Generalidades

1. Capítulo 1: Metodología BIM: Conceptos y Generalidades

La metodología BIM (Building Information Modeling) ha transformado radicalmente la forma en que se conciben, diseñan, construyen y gestionan los proyectos en la industria de la arquitectura y la construcción. En este capítulo, se presentarán los conceptos y generalidades fundamentales del BIM, sentando las bases para comprender su funcionamiento y aplicación.

El Manual BIM y su ecosistema de documentos de soporte, es una guía para describir y proporcionar los procesos BIM estratégicos y los respectivos flujos de trabajo que se generan en un entorno académico, su cadena de suministro deberá seguir a lo largo del ciclo de vida de los proyectos planteados.

Éste es un ecosistema de documentación viva que evolucionará a medida que también lo haga la implementación BIM en la formación académica de arquitectos y profesionales, recogiendo nuevas capacitaciones tecnológicas y metodológicas que ofrezca el sector.

1.1. Antecedentes

En los últimos años se ha visto gran avance en el campo digital tecnológico enfocado en la arquitectura, esto ha ayudado que muchas herramientas clásicas pasen a ser herramientas de apoyo y las herramientas informáticas facilitan la elaboración de diseños y planos. Siendo estas herramientas digitales un gran apoyo para las áreas de Arquitectura, Construcción e Ingeniería.

1.2. Línea de tiempo

Tabla 1. Línea de Tiempo acontecimientos para el desarrollo BIM.

AÑO	ACONTECIMIENTO
1975	Se publica el primer trabajo sobre BIM, por el profesor Chuc Eastman.
1984	Se crea el ISO STEP, en donde se regula la forma estándar del Modelo de Datos para el intercambio de productos. ArchiCAD, primer programa BIM.

AÑO	ACONTECIMIENTO
1996	Comienza a funcionar el Consorcio Industrial IAI que asesora el desarrollo de aplicaciones integradas.
2000	Lanzamiento del software Revit.
2002	Se crea el primer proyecto BIM integrado en Finlandia.
2006	Se lleva a cabo el primer proyecto IPD en Estados Unidos.
2007	Se crean en EE. UU. (GSA) y Finlandia (Senate Properties) las guías que hay que seguir para llevar a cabo un proyecto BIM.
2010	El Gobierno de Reino Unido anuncia los requisitos para la implantación.
2012	Finlandia publica los requerimientos BIM comunes a nivel nacional.
2015	Países como España han adoptado hojas de ruta para la implantación.
2016	Reino Unido hace obligatoria la implantación de la metodología BIM en los proyectos de obras públicas.
2018	Uso obligatorio de BIM en España en proyectos de Licitaciones Públicas de Edificación.
2020	La pandemia de COVID-19 acelera la adopción de herramientas de colaboración remota y BIM en la industria de la construcción.

AÑO	ACONTECIMIENTO
2020	Se anuncia la creación de la plataforma Open Built, que utiliza tecnología BIM para facilitar la colaboración y la transparencia en proyectos de construcción.
2021	Se lanza la herramienta BIM Track, que permite la colaboración y la gestión de problemas en proyectos BIM de manera más eficiente.
2022	La empresa Trimble adquiere la plataforma de colaboración en BIM GTeam para mejorar sus capacidades de gestión de proyectos.

Fuente: VICSAN.

Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

Cabe destacar que la adopción BIM sigue creciendo a nivel mundial y que cada vez más países y empresas lo consideran una herramienta esencial para mejorar la eficiencia y reducir los costos en proyectos de construcción.

1.3. Metodología BIM

“Building Information Modeling (BIM) es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción. Su objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes”. (buildingsSMAER Spain, 2023)

“BIM es una metodología colaborativa que consiste en la elaboración de un modelo gráfico computacional, en el que se centraliza toda la información necesaria para la creación y gestión de un proyecto de construcción”. (Pérez, 2019)

“El Modelado de información para la construcción (BIM) es la base de la transformación digital en la industria de la arquitectura, la ingeniería y la construcción (AEC)”. (AUTODESK, 2023)

Puede entenderse como un conjunto de procesos que determinan la investigación y organización que marcará el rumbo de desarrollo de un

proyecto. El Modelado de Información de Construcción (BIM) es mucho más que una simple tecnología o herramienta. Es un enfoque colaborativo de gestión de proyectos que involucra a todas las partes interesadas, desde arquitectos e ingenieros hasta contratistas y propietarios de proyectos. BIM proporciona un entorno virtual donde se puede modelar toda la información relacionada con un proyecto de construcción, incluyendo geometría, materiales, costos, plazos y más.

1.4. Términos y definiciones

Para tener un mejor entendimiento de una metodología BIM es importante tener en cuenta los conceptos básicos que forman parte de esta, como herramientas, guías y normativas, relacionadas a sus conceptos y funcionamientos de estos.

Tabla 2. Términos y definiciones básicas de BIM.

TÉRMINOS Y SIGNIFICADOS	
Activo o Asset	Elemento o entidad que tiene un potencial o un valor real para una organización.
Agente de la construcción o Construction Agent	Agentes de la Edificación. Capítulo III de la LOE: Todas las personas, físicas o jurídicas que intervienen en el proceso de edificación.
BMS o Building Management System	Sistema de gestión de edificaciones, basado en un software y un hardware de supervisión y control que se instala en los edificios.
Ciclo de vida de un activo o Asset Life Cycle	Plazo de tiempo que transcurre desde que un inmueble es diseñado hasta que se demuele.
Clasificación o Classification	Disposición sistemática de categorías y subcategorías de aspectos de la construcción incluyendo la naturaleza del inmueble, elementos de construcción, sistemas y productos.
EDMS o Electronic Document Management System	Gestión Electrónico Documental

Elemento de modelo o Model Element	Cada una de las entidades constructivas individuales y con datos propios, que conforman el modelo de información.
Facility Management o FM	Es la gestión integral de las infraestructuras y los servicios en la empresa, con el objeto de optimizar los espacios y los recursos para el mejor desarrollo de la actividad profesional.
Facility Manager o BIM Facility Manager	Agente de la construcción responsable de asegurar y gestionar el mejor funcionamiento de los inmuebles y sus servicios asociados, mediante la integración de personas, espacios, procesos y las tecnologías propias de los inmuebles.
Modelo o Model	Representación 3D en formato digital de una construcción que almacena tantos datos físicos de un elemento como datos geométricos como resistencia, material, coste, etc. y la relación entre los diferentes elementos que componen dicha construcción.
Modelo arquitectónico o Architectural Model	Es un modelo compuesto sólo por los componentes arquitectónicos del edificio.
Modelo as-built o As-built model	Hace referencia al modelo que recoge la información diseñada corregida según lo ocurrido durante la construcción al final del proyecto.
Modelo constructivo o Construction Model	Es el modelo BIM utilizado por el Equipo de Construcción para realizar un análisis constructivo. Este tipo de modelo frecuentemente incluye grúas, andamios y otros medios auxiliares requeridos para la construcción final del edificio.
Open BIM	Proceso de intercambio de modelos no propietarios y otros datos. Open BIM es un enfoque universal al diseño colaborativo, la realización y operación de inmuebles basados en estándares abiertos y los flujos de trabajo. Open BIM es una iniciativa de buildingSMART.
Parámetros o Parameters	VARIABLES usadas en funciones o ecuaciones para asignar valores: coordenadas, dimensiones, materiales, distancia, ángulos, colores, unidades, precio, y muchos más.

Plan de Ejecución BIM o Building Information Modelling Execution plan o BEP	Documento en el que se definen las bases, reglas y normas internas de un proyecto que se va a desarrollar con BIM, para que todos los implicados hagan un trabajo coordinado y coherente.
Requisitos o Requirements	Los requisitos son las expectativas documentadas del cliente, de los mantenedores (FM), usuarios, normativas... para poder compartir una información estructurada.
Requisitos de Información del Cliente o Employer's information requirements o EIR	Documento precontractual que contiene la información a entregar, y las normas y procesos que debería aplicarse por el equipo redactor como parte del proceso de entrega de proyectos. En España está incluido en el PPT o Pliego de Prescripciones Técnicas.
CAD	Herramienta informática que facilita la elaboración de diseños y planos por ordenador, sustituyendo a las herramientas clásicas de dibujo como el tablero, la escuadra o el compás. Las entidades que manejan estas aplicaciones son de tipo geométrico, con poca o ninguna posibilidad de añadir más información.
Rol BIM	Función que se ejerce en alguna etapa del desarrollo y operación de un proyecto de edificación o infraestructura, en base a capacidades BIM que se suman a las capacidades no referidas a BIM.
Formatos de intercambio	Industry Foundation Classes. Formato de fichero estándar elaborado por la BSA (BuildingSmart Alliance) para facilitar el intercambio de información entre aplicaciones informáticas en un flujo de trabajo BIM (BuildingSMART, 2014).

Fuente: Chacón y Cuervo, 2017, Berrio, 2018
 Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

1.5. Dimensiones BIM

BIM es un conjunto de procedimientos que posibilitan la realización eficiente, estructurada y experta de nuestro proyecto de edificación. BIM

segmenta una porción de nuestro proyecto en etapas o aspectos, lo que hace que nuestro desempeño sea más dinámico y metódico.

Figura 1. Dimensiones BIM



Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

1.6. Software BIM

Un software BIM es una herramienta con capacidades colaborativas que permite la visualización de información gráfica y no gráfica de un proyecto, de esta forma se puede generar una mejor comunicación entre diseñadores y usuarios, de igual forma en el ámbito académico apoya a un mejor desarrollo entre docentes y estudiantes. De esta manera permiten un desarrollo óptimo y funcional en el proyecto planteado.

Tabla 3. Tabla de Clasificación de los Principales Softwares BIM

Tipo de Software	Nombres	Empresa desarrolladora	Etapa BIM
Diseño y Modelado	Revit	Autodesk	2D Y 3D
	ArchiCAD	Graphisoft	
	Allplan	Nemetschek	
	AecoSIM	Bentley Systems	
Calculo Estructural y Dimnesionado	Robot Sctructural Analysis	Autodesk	
	Etabs	CSI	
	SAP 2000	CSI	
	Staad.PRO	Bentley Systems	
	CypeCAD MEP	CYPE Ingenieros S.A	
Representación y cálculo	CYPE 3D	CYPE Ingenieros S.A	
	TEKLA	TEKLA	
Planificación y Gestión	Synchro	Synchro Technologies	
	VICO	Trimble	
	Navisworks	Autodesk	
	Solibri	Nemetschek	
Mediciones y Costos	Presto	RIB Spain	5D
	CYPE(Arquímedes)	CYPE Ingenieros S.A	
	VICO	Trimble	
	Medit	Autodesk	

Eficiencia energética	ECOdesigner	Graphisoft	6D
	Heavacomp Simulator V8i	Bentley Systems	

Fuente: Chacón y Cuervo, 2017.

Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

Después de analizar la tabla de clasificación de los principales softwares BIM, se pueden identificar una serie de herramientas y tecnologías que son indispensables para la implementación del Modelado de Información de Construcción (BIM). Esta tabla destaca las características y capacidades de cada software, incluyendo su capacidad de modelado 3D, gestión de proyectos y colaboración en tiempo real. Además, se puede observar que algunos softwares son más adecuados para proyectos específicos o para ciertas etapas del proceso de construcción. Sin embargo, en nuestro medio los softwares más usados son Revit y ArchiCAD debido a la facilidad de manejo y compatibilidad con otros softwares.

1.6.1. Revit

Revit es un programa especializado en la construcción, que se enfoca en el diseño y documentación de proyectos de construcción. Esta tecnología es muy versátil, por lo que cualquier actividad relacionada con la construcción puede ser abordada en este programa, siempre y cuando se planifique e implemente de manera efectiva. El modelo que se desarrolla en Revit es una base de datos detallada y cuantificada en la que se puede manejar un sistema de dibujo en 2d, 3d y 4d, permitiendo el manejo del ciclo de vida del proyecto que se va a desarrollar.

1.6.2. Funciones BIM

- Simulación del comportamiento del edificio ante diversas acciones
- Análisis estructural
- Análisis de instalaciones.
- Análisis energético
- Análisis de viento
- Análisis de iluminación
- Análisis de cumplimiento urbanístico

- Propiedades de los objetos
- Base única con múltiples representaciones (vistas, planos, leyendas, detalles, tablas de planificación).
- Presupuestación y costos

1.6.3. ArchiCAD

ArchiCAD es un software de construcción de edificios que permite crear diseños en un formato 2D a partir de parámetros básicos, como altura, largo, espesor y elevación en el caso de muros, y altura, ancho, largo y elevación en el caso de objetos. Además, su uso requiere conocimientos básicos de terminología arquitectónica, ya que los parámetros específicos de elementos como puertas, ventanas, escaleras, forjados y techos incluyen términos como alfeizar, telar, paso, contrapaso, entre otros.

1.6.4. Funciones BIM

ArchiCAD ofrece una funcionalidad valiosa al permitir la recopilación de información en tiempo real y la actualización del diseño sin necesidad de cambiar de plano o ángulo. Su interfaz de muestra de datos también resulta muy útil, ya que ahorra tiempo en el diseño tanto en 2D como en 3D, especialmente en la planificación de pisos y niveles de una estructura.

1.6.5. Comparativa entre Revit y ArchiCAD

Tabla 4. Tabla de Comparativa entre Revit y ArchiCAD

Softwares BIM		
Softwares	ArchiCAD	Revit
Parámetro	Características	
Diseño Conceptual	Su diseño es sencillo y permite una rapidez para crear un concepto, carece de complejidad.	Gran flexibilidad en las etapas de diseño y planificación de un proyecto. Puede manipular diseños paramétricos o subcomponentes que pueden vincularse a otros modelos, lo cual permite adaptarse a varias superficies complejas.

Visualización	Permite varios estilos de visualización, Contiene vistas como Wireframe y de superficies transparentes que permite visualizar por completo el modelo. Es factible observar tanto el proyecto en su totalidad como segmentos específicos del mismo mediante la incorporación de cámaras especializadas en la representación arquitectónica, seguido de la visualización de los datos desde perspectivas panorámicas.	Permite amplia gama de vistas a las cuales se puede enfocar el diseño. Contiene vistas como Wireframe y de superficies transparentes que permite visualizar por completo el modelo. A su vez permite vistas en donde se puede configurar la sombra y luz. Sus visualizaciones son óptimas de alta resolución.
Representación	Usa CineRender.	Usa Raytracer. Permite el uso de Autodesk A360, siendo una nube para renderizar.
Estructural	Carece de flexibilidad en los diferentes procesos. ARCHICAD produce un Modelo Analítico Estructural derivado del modelo físico arquitectónico. Este Modelo Analítico Estructural se genera en paralelo al Modelo Físico, de manera que cualquier modificación en el Modelo Físico se refleja automáticamente en el Modelo Analítico Estructural correspondiente. Es importante destacar que el Modelo Analítico Estructural no constituye un	Admite la coordinación multidisciplinaria en el proceso de diseño, utilizando modelos inteligentes que permiten un análisis profundo del proyecto. Permite análisis simultáneos en la nube en tiempo real. Presenta complemento Dynamo, el cual presenta la capacidad de optimizar estructuras mediante herramientas de programación lógica.

modelo independiente, sino más bien una representación simplificada del Modelo Físico.

MEP y Construcción	<p>Uso de complementos MEP Modeler el cual ayuda a usuarios crear y coordinar redes mecánicas o de plomería dentro del proyecto. No ofrece herramientas de modelado para la construcción.</p>	<p>Ofrece un conjunto de herramientas para diferentes disciplinas como mecánicas, eléctricas, hidrosanitarias y construcción, cumpliendo estándares internacionales.</p>
Trabajo colaborativo	<p>Usa herramientas como BIMcloud y Teamwork que permiten el trabajo en tiempo real. Permite modificaciones por parte de los miembros desde diferentes ubicaciones.</p>	<p>Worksharing permite acceso simultáneo de un modelo compartido a través de un modelo centralizado. Este permite la vinculación de diferentes modelos que un proyecto contenga, los cuales pueden ser administrados de manera individual, permitiendo la modificación de las diferentes disciplinas que conforman al equipo desde varias ubicaciones remotas.</p>

Documentación	<p>La utilización de parámetros conlleva ventajas significativas en el contexto de los modelos BIM: Mejora de la calidad en los modelos BIM: La inclusión de parámetros permite una mayor precisión y detalle en la representación del proyecto, lo que resulta en una mayor calidad general de los modelos.</p> <p>Documentación exhaustiva: Los parámetros facilitan la generación de una documentación completa y detallada, proporcionando información precisa sobre cada elemento del proyecto.</p> <p>Intercambio de información entre todos los involucrados en el proyecto: Los parámetros permiten compartir de manera eficiente y efectiva la información del proyecto con todas las partes interesadas, lo que fomenta una mejor colaboración y comunicación.</p> <p>Reducción de la variabilidad en la construcción a través de la coordinación: La utilización de parámetros contribuye a la ejecución de una coordinación más efectiva, lo que a su vez</p>	<p>Elaboración de representaciones gráficas del modelo: Con el propósito de intercambiar información de diseño con profesionales de la construcción e ingenieros, es posible crear dibujos detallados del modelo de construcción o planos específicos para resaltar aspectos particulares.</p> <p>Anotaciones en los dibujos: Incluya cotas, texto y etiquetas para proporcionar información precisa y detallada.</p> <p>Generación de tablas de planificación: Elabore tablas de planificación para calcular cantidades y estimar costos.</p> <p>Incorporación de detalles Agregue líneas y componentes detallados provenientes de una biblioteca especializada. Incluya notas clave para identificar los equipos y materiales requeridos.</p> <p>Elaboración de planos Después de generar planos con los dibujos pertinentes, se puede desarrollar la</p>
----------------------	---	---

<p>disminuye la incidencia de imprevistos y errores durante la construcción. Los parámetros desempeñan un papel crucial desde las etapas iniciales del proyecto al proporcionar información precisa y completa.</p>	<p>presentación estética de dichos planos.</p> <p>Publicación de la documentación de construcción Imprima la documentación de construcción o haga su publicación para compartirla electrónicamente.</p> <p>Seguimiento de revisiones Ingrese información de revisiones, resalte los cambios mediante nubes de revisión y especifique las revisiones que se mostrarán en cada plano.</p>
---	---

Fuente: Graphisoft, Autodesk (2023)

Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

1.7. Ventajas BIM

A continuación, se describen varias ventajas BIM sobre modelos de diseño y de la construcción:

Detección de interferencias: Permite la detección y solución de problemas que se generan en las diferentes etapas de diseño, aporta a una actualización de todo el proyecto de forma inmediata y sin inconsistencias.

Comunicación: Mejora la coordinación y la comunicación entre disciplinas que actúan en un proyecto, de igual manera este puede aportar a una mejor comunicación entre diseñador y usuario, mediante la visualización y acceso simultáneo a la información del proyecto.

Programación 4D: Permite la visualización de información gráfica y no gráfica, de este modo permite una recopilación de información que genera un proyecto durante su ciclo de vida desde su etapa de planificación hasta

su etapa de remodelación o demolición de ser caso, de esta forma hace uso de información como costos y programación.

Sustentabilidad: BIM permite el análisis energético y de emisiones de carbono, a partir del cálculo que generan los softwares.

Información centralizada: Genera un solo modelo como base principal de esta forma se evitan inconsistencias en la información del proyecto.

1.8. ¿Qué aporta al aprendizaje del BIM?

Una de las cualidades que el BIM es la representación del diseño 3D, pero también cabe destacar que esta no se ve limitada solo a esto, si no que abarca temas como la planificación, mantenimiento, energía, costos y presupuestos, entre otras. De esta manera se puede aportar al desarrollo de un proyecto académico en donde el estudiante al tener un modelo centralizado mantiene un mejor orden de la información y está en caso de ser actualizada no presenta inconsistencias entre las diferentes áreas o disciplinas que influyen en el proyecto.

Figura 2. Ciclo de vida de una obra relacionado a conceptos y dimensiones BIM.



Fuente: BuildingSMART (2014)
Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

CAPITULO 2

Análisis del BIM en la educación

2. Capítulo 2: Análisis del BIM en la educación

La implementación del Building Information Modeling (BIM) ha generado un impacto significativo en la industria de la arquitectura y la construcción. Sin embargo, también ha influido en la forma en que se enseña y se aprende la disciplina en la educación superior. En este capítulo, se realizará un análisis detallado del BIM en el contexto de la educación superior, explorando su influencia en la formación de futuros arquitectos y profesionales del diseño.

El BIM no solo ha introducido una nueva metodología de trabajo en la industria, sino que también ha generado cambios en los programas académicos de arquitectura y carreras afines. La capacidad del BIM para integrar y gestionar información en un modelo digital tridimensional ha transformado la manera en que los estudiantes abordan los proyectos arquitectónicos, permitiendo una mayor comprensión, colaboración y eficiencia en el proceso de diseño.

1.1. Antecedentes

En los Estados Unidos, los colegios y universidades reconocieron la necesidad de enseñar CAD (diseño asistido por computadora) a los profesionales de la construcción y comenzaron a incluir cursos de CAD en sus programas de ingeniería en la década de 1980. Sin embargo, aunque CAD ha sido una herramienta de diseño principal durante las últimas décadas, BIM (modelado de información de construcción) está ganando popularidad debido a sus capacidades de colaboración y visualización. Debido a este cambio, los programas de estudios de los colegios y universidades están siendo reestructurados para reflejar este cambio de CAD a BIM. Además, los estudiantes no necesitan saber CAD para aprender BIM, ya que una vez que aprenden BIM, pueden fácilmente extraer dibujos 2D de sus modelos.

“La educación en BIM no solo se ha transformado en una necesidad crítica tanto para la industria como para el mundo académico, sino también en una prioridad debido a la escasez de profesionales con conocimiento en BIM dentro de la industria.” (Matta, Soto, 2022)

Existe una demanda por parte de las empresas constructoras y de arquitectura para encontrar personal capacitado en BIM. Por lo tanto, si se adquieren habilidades y conocimientos en BIM, se puede tener una ventaja competitiva en el mercado laboral y una mayor empleabilidad en este sector.

BIM llega a ser una herramienta primordial en el ciclo de vida de una edificación para la gestión y control del mismo. Por eso las empresas requieren personal capacitado para mejorar su desempeño y eficiencia.

2.2. BIM en el contexto externo

En Europa, la Universidad de Stuttgart en Alemania fue una de las primeras instituciones en incorporar BIM en su programa de estudios de arquitectura en 2003. Desde entonces, varias universidades en toda Europa han adoptado BIM en sus programas de arquitectura e ingeniería, y muchos países europeos han establecido requisitos de BIM para proyectos de construcción públicos.

En Estados Unidos, la Universidad Estatal de Pensilvania comenzó a enseñar BIM en 2004 y hoy en día cuenta con un programa de maestría en gestión de construcción con un fuerte enfoque en BIM. La Universidad de Stanford también ofrece cursos en BIM y colaboración en proyectos de construcción. Además, varias universidades estadounidenses han adoptado la certificación profesional de BIM (Building Information Modeling) del Autodesk Revit como parte de su programa de estudios.

En Asia, la Universidad Tecnológica de Nanyang en Singapur ha incorporado BIM en su plan de estudios de arquitectura e ingeniería desde hace varios años. La Universidad de Tokio en Japón también ha establecido un programa de estudios en BIM en su departamento de arquitectura.

En Brasil, la Universidad de Sao Paulo ha incorporado BIM en sus programas de arquitectura e ingeniería. Además, el gobierno brasileño ha establecido una política nacional de BIM que incluye la adopción de BIM en la educación superior.

En Chile, se han realizado observaciones de la implementación BIM a la educación superior en escuelas de arquitectura o profesiones destinadas a

la construcción. En el presente análisis de la tabla, se detallan los nombres de los 22 programas estudiados en las 37 instituciones universitarias. Mediante la intersección de filas y columnas, se proporciona información cuantitativa acerca de la frecuencia con la que cada programa es ofrecido en cada una de las universidades. Sin Embargo, las áreas de estudio que incluyen asignaturas de BIM en los programas de pregrado siguen estando

relacionadas con el uso del software y la representación, lo que significa que la enseñanza de temas metodológicos importantes como las estrategias de implementación BIM y el manejo de estándares, se han relegado a un segundo plano, ya que el número de veces que el programa a sido dictado es mínimo.

Figura 3. Estudio de la inclusión de BIM en la educación Superior en Chile.

Carreras relacionadas a la Arquitectura y Construcción	Programas en los que se menciona BIM en universidades de Chile																																										
	Pontificia Universidad Católica de Chile	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso	Universidad Adolfo Ibáñez	Universidad Andrés Bello	Universidad Arturo Prat	Universidad Austral de Chile	Universidad Autónoma de Chile	Universidad Bolivariana	Universidad Católica de La Santísima Concepción	Universidad Católica de Temuco	Universidad Católica del Maule	Universidad Católica del Norte	Universidad Central de Chile	Universidad de Aconcagua	Universidad de Artes, Ciencias y Comunicación (Uniacc)	Universidad de Atacama	Universidad de Chile	Universidad de Concepción	Universidad de La Frontera	Universidad de La Serena	Universidad de Las Américas	Universidad de Los Andes	Universidad de Los Lagos	Universidad de Magallanes	Universidad de Santiago de Chile	Universidad de Talca	Universidad de Valparaíso	Universidad de Viña Del Mar	Universidad del Bío-Bío	Universidad del Desarrollo	Universidad Diego Portales	Universidad Finis Terrae	Universidad Mayor	Universidad San Sebastián	Universidad Técnica Federico Santa María	Universidad Tecnológica Metropolitana	Universidad Gabriela Mistral						
Arquitectura	1	1	-	3	1	1	1	-	-	1	1	1	2	-	3	-	1	1	-	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	3	2	1	1						
Arquitectura del paisaje	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
Construcción Civil	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	3	-	2	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-					
Construcción Civil y Licenciatura en Construcción Civil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Dibujante Projectista	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-				
Ingeniería Civil	-	1	2	2	-	-	-	-	1	-	1	1	-	-	-	-	1	1	1	1	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-			
Ingeniería Civil en Gestión de la Construcción	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Ingeniería Civil en Obras Civiles	-	-	-	-	-	1	3	-	-	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2	1	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	2	-			
Ingeniería Civil, diploma en Ingeniería y Gestión de la construcción	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Ingeniería en Construcción	-	1	-	2	-	1	-	-	-	-	1	1	2	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	-	1	-	-	-	2	1	-	-	-	-	2	-	2	1	-	-			
Ingeniería en Construcción (plan de continuidad)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Ingeniería en Construcción mención Gestión de Obras	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Ingeniería en Fabricación y Diseño Industrial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-			
Ingeniería en Proyectos de Ingeniería	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-			
Técnico de Nivel Superior en Construcción	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Técnico de Nivel Superior en Construcción	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Técnico Universitario Dibujante Projectista	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-		
Técnico Universitario en Construcción	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	
Técnico Universitario en Construcción y Obras Civiles	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Técnico Universitario en Topografía	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Técnico Universitario en Topografía y Geomensura	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Tecnología en Construcciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Primer reporte 2016-2021 Observatorio BIM, Matta, Soto (2022)
 Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

En Colombia, la Universidad de los Andes ofrece cursos en BIM como parte de su programa de maestría en construcción. Además, el gobierno colombiano ha establecido una política nacional de BIM que incluye la incorporación de BIM en la educación superior.

En México, varias instituciones educativas han establecido el uso de BIM como asignaturas obligatorias en sus programas de arquitectura e ingeniería. Entre ellas se encuentran la Universidad Autónoma de Nuevo León, el Tecnológico de Monterrey y la Universidad Nacional Autónoma de México.

En los últimos años, ha habido un aumento en la adopción de BIM en la educación superior en Latinoamérica y en todo el mundo. Varias instituciones educativas han incorporado BIM en sus programas de estudio con el objetivo de preparar a los futuros profesionales de la construcción con las habilidades necesarias para utilizar esta tecnología de manera efectiva. En este sentido, la adopción de BIM en la educación superior ha sido un fenómeno global y muchos países y universidades han seguido esta tendencia.

2.3. BIM en el contexto local

En Ecuador, la implementación de BIM en la educación superior es un tema que ha ido adquiriendo importancia en los últimos años. Si bien aún existen limitaciones y desafíos en la adopción de esta tecnología, varias universidades y centros de formación técnica han comenzado a incluir cursos y asignaturas de BIM en sus programas de estudio.

Uno de los primeros antecedentes de la implementación de BIM en la educación superior en Ecuador fue la creación del programa de maestría en Ingeniería Civil con mención en Construcciones de la Universidad San Francisco de Quito en el año 2012. Este programa incluyó cursos de BIM como parte de su plan de estudios.

Posteriormente, en el año 2015, se llevó a cabo el “Primer Encuentro Nacional de BIM en Ecuador” en la Escuela Politécnica Nacional de Quito, donde se discutieron los avances y desafíos de la implementación de BIM en la construcción y la educación en el país.

En la actualidad, varias instituciones educativas en Ecuador ofrecen programas de formación en BIM, incluyendo cursos y programas de maestría en ingeniería civil, arquitectura y construcción. Además, se han creado grupos de investigación y se llevan a cabo proyectos relacionados con el uso de BIM en la construcción y la educación en el país.

2.4. BIM en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo

En la Universidad de Cuenca, la implementación de BIM en la educación superior ha sido un tema con mayor importancia debido a los avances tecnológicos y varios hechos suscitados en los últimos años. La Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca ha venido trabajando en el desarrollo de programas de formación en BIM, con el objetivo de preparar a sus estudiantes con las habilidades necesarias para utilizar esta tecnología de manera efectiva en su práctica profesional.

En el año 2019, se llevó a cabo el “Primer Encuentro Internacional de BIM en la Universidad de Cuenca”, donde se presentaron los avances y desafíos de la implementación de BIM en la construcción y la educación en el país. En este evento participaron expertos internacionales y nacionales en BIM y se llevaron a cabo actividades prácticas y conferencias.

2.4.1. Malla Curricular 2019 de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca

Dentro del plan de estudios previo al establecido desde el año 2019 se impartían 3 cátedras relacionadas con el uso de softwares y/o herramientas digitales: Expresión Digital 1 y 2, Sistemas de la Información Geográfica.

Con la reestructuración de la malla curricular establecida en 2019 se requiere el cumplimiento de 144h para la aprobación de la asignatura de Expresión Digital 1. Esta asignatura tiene como objetivo expresar por medios digitales un anteproyecto de mediana complejidad. Como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 5. Contenidos de los sílabos de materias relacionadas a BIM de la Universidad de Cuenca.

EXPRESIÓN DIGITAL 1	
UNIDAD	ACTIVIDADES
1. GRAMÁTICA DE LA REPRESENTACIÓN GRÁFICA DIGITAL	1. Fundamentos de la representación bidimensional 2. La representación espacial como lenguaje expresivo - comunicacional
2. ENTORNO Y HERRAMIENTAS DIGITALES PARA DELINEACIÓN Y MODELADO	1. Herramientas bidimensionales 2. Herramientas Tridimensionales
3. HERRAMIENTAS PARA IMPRESIÓN Y RENDERIZADO	1. Delineado y Diagramación para impresión 2. Ajustes de luz, cámara y motor de render
4. DOCUMENTACIÓN VIRTUAL DEL ANTEPROYECTO ARQUITECTÓNICO	1. Reconstrucción de un proyecto existente 2. Construcción de imágenes mentales 3d y efectividad de representación bidimensional.

Fuente: Universidad de Cuenca, 2023.

Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

Para la aprobación de la cátedra de Expresión Digital 2 se debe cumplir un total de 144h. Esta asignatura tiene como objetivo el producir varias etapas para la elaboración de un proyecto arquitectónico. Como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 6. Contenidos de los sílabos de materias relacionadas a BIM de la Universidad de Cuenca.

EXPRESIÓN DIGITAL 2

UNIDAD	ACTIVIDADES
1. MODELADO DE INFORMACIÓN PARA CONSTRUCCIÓN BIM	1. Herramientas básicas de modelado BIM para la Construcción de sistemas paramétricos. 2. Generación de información y documentación del proyecto arquitectónico. 3. Herramientas complementarias de modelado BIM. 4. Presentación, exportación e impresión de documentos.
2. FOTOGRAFÍA DIGITAL, TÉCNICA Y COMPOSICIÓN VISUAL	1. Criterios de composición de la imagen. 2. Herramientas para la edición de imágenes ráster. 3. Técnicas de montaje.
3. LA ILUSTRACIÓN DEL PROYECTO ARQUITECTÓNICO	1. Criterios de diagramación de proyectos. 2. Técnicas de edición de información vectorial. 3. Presentación e impresión de documentos.

Fuente: Universidad de Cuenca, 2023.

Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

La última asignatura que aporta conocimientos sobre un modelo BIM es Sistemas en la información Geográfica la cual cuenta con una carga horaria de 48h. Esta cuenta con el objetivo de dar a conocer herramientas digitales para el manejo de información digital en un proyecto de diseño arquitectónico, planificación urbana y conservación. Como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 7. Contenidos de los sílabos de materias relacionadas a BIM de la Universidad de Cuenca.

SISTEMAS EN LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	
UNIDAD	ACTIVIDADES
1. ASPECTOS TEÓRICOS INTRODUCTORIOS SOBRE SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y HERRAMIENTAS DIGITALES	1. Definición de Sistemas de Información y herramientas digitales para proyectos construcción de sistemas paramétricos. 2. Fuentes de Información Territorial y principios de representación cartográfica documentos.
2. INTRODUCCIÓN AL MANEJO DE HERRAMIENTAS DIGITALES APLICABLES AL PROYECTO DE PLANIFICACIÓN URBANA, ARQUITECTÓNICO Y CONSERVACIÓN	1. Manejo de herramientas digitales y metodologías de trabajo para un proyecto 2. Introducción a los modelos e interfaces interactivas
3. TELEDETECCIÓN Y FOTOGRAMETRÍA	1. TELEDETECCIÓN, FOTOGRAMETRÍA, USO DE DRONES, GPS, TLS
4. ANÁLISIS ESPACIAL	1. Herramientas de análisis espacial 2. Herramientas para visualización

Fuente: Universidad de Cuenca, 2023.

Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

Se puede observar que la malla 2019 de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo a pesar de ofrecer asignaturas que hacen uso de un software BIM estas no van más allá del dibujo 2D y 3D, enfocándose en la presentación gráfica de láminas, Dado que el propósito de estas materias consiste en dirigir la expresión de medios digitales en el contexto de un proyecto arquitectónico, con el fin de alcanzar una comunicación efectiva y precisa. De las tres asignaturas que ofrece la facultad solo Expresión Digital

2 en su primera unidad ofrece el correcto uso de un software BIM, debido a la poca cantidad de horas asignadas esta llega a ser usada de forma superficial. En la actualidad, la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca está creando grupos de investigación en los que se llevan a cabo proyectos relacionados con el uso de BIM en la construcción y la educación en la universidad, cabe mencionar que la universidad también ofrece la Maestría en Gerencia de Proyectos BIM (Building Information Modeling) en modalidad en línea, con una duración de tres semestres, ha sido concebida con el propósito de fomentar el desarrollo de competencias en la gestión de proyectos mediante la utilización de la metodología BIM.

CAPITULO 3

Manual de aplicación de BIM en un proyecto
arquitectónico

3. Capítulo 3: Manual de aplicación de BIM en un proyecto arquitectónico

El objeto del Manual BIM es establecer las líneas generales y el marco de trabajo para la correcta implementación de la metodología BIM en sus contratos, homogeneizando los procesos de producción y entrega de información digital. El presente manual ha sido meticulosamente creado con el propósito de proveer apoyo a aquellos estudiantes que se encuentren cursando el quinto semestre de sus estudios universitarios o etapas superiores. Su objetivo primordial radica en facilitar la integración eficiente de los múltiples conocimientos y asignaturas adquiridos, a fin de que los estudiantes puedan aplicarlos de manera óptima en la realización de sus proyectos académicos.

3.1. Objetivos.

- Evitar la pérdida de información durante el proceso del proyecto.
- Garantizar la coherencia en los documentos presentados.
- Facilitar y optimizar la toma de decisiones frente los diferentes inconvenientes durante su análisis, planificación y ejecución del proyecto.
- Realizar un correcto control de costes y procesos constructivos.
- Facilita la transferencia de información entre las diferentes fases de la obra, enfocados a su ciclo de vida.
- Mejorar la comunicación entre las diferentes disciplinas que intervienen el desarrollo del proyecto.
- Establecer los requisitos para un proyecto Arquitectónico académico.

3.2. Requisitos para un Proyecto Arquitectónico Académico

El proyecto arquitectónico académico constituye una etapa fundamental en la formación de un estudiante de arquitectura. Es el estudio, investigación y desarrollo de habilidades, donde el estudiante tiene la oportunidad de aplicar sus conocimientos teóricos y prácticos en un proyecto real.

Sin embargo, para garantizar la calidad y la coherencia de estos proyectos, es necesario establecer requisitos mínimos que orienten el proceso de diseño y aseguren que se cumplan ciertos estándares profesionales. Estos requisitos actúan como una guía para el estudiante y permiten evaluar su capacidad de abordar y resolver problemas arquitectónicos complejos.

En primer lugar, los requisitos mínimos deben contemplar el alcance del proyecto, es decir, definir claramente el programa de necesidades y las funciones que el edificio o espacio arquitectónico deberá cumplir. Esto implica la comprensión y la integración de aspectos funcionales, estéticos, técnicos y socioeconómicos, de acuerdo con el contexto y las demandas del entorno.

Asimismo, es fundamental establecer criterios de sostenibilidad y respeto al medio ambiente en el proyecto. La consideración de aspectos como la eficiencia energética, la gestión de recursos naturales, la utilización de materiales sustentables y la minimización de impactos ambientales se vuelven cada vez más relevantes en el ámbito de la arquitectura, y un proyecto académico no puede obviar estos aspectos.

Otro requisito importante es la calidad en la representación gráfica y la presentación del proyecto. Los estudiantes deben demostrar habilidades en el dibujo técnico, la representación tridimensional, el uso de software de diseño y la capacidad de comunicar sus ideas de manera clara y efectiva. Una presentación visualmente atractiva y bien estructurada contribuirá a transmitir la intención del proyecto de forma convincente.

Además, se deben considerar los aspectos constructivos y estructurales del proyecto. Un estudiante de arquitectura debe ser capaz de comprender los principios básicos de la construcción y proponer soluciones técnicas viables y seguras. Esto implica la integración de sistemas estructurales, instalaciones y tecnología constructiva de acuerdo con las normativas y estándares vigentes.

En cuanto a los requisitos de cantidades de obra y presupuestación para un proyecto arquitectónico académico enfocado, es fundamental que el estudiante pueda realizar una estimación precisa de los recursos necesarios para la construcción del proyecto. Esto implica determinar la cantidad y tipo de materiales de construcción, el volumen de mano de obra

requerido y los equipos o maquinaria necesarios. Además, es importante considerar los costos asociados, tanto directos (materiales, mano de obra) como indirectos (permisos, seguros, honorarios profesionales, entre otros). Una correcta presupuestación permitirá evaluar la viabilidad económica del proyecto y tomar decisiones acordes con los recursos disponibles. Asimismo, el estudiante deberá estar familiarizado con las herramientas y metodologías utilizadas en la elaboración de presupuestos, como las mediciones y los precios unitarios, para lograr una evaluación precisa y realista del proyecto.

Por último, pero no menos importante, se espera que el proyecto arquitectónico académico refleje una investigación y una reflexión teórica sólida. Los estudiantes deben ser capaces de fundamentar sus decisiones de diseño en base a un análisis contextual, histórico y conceptual, demostrando una comprensión profunda de la teoría y la crítica arquitectónica.

De esta forma el estudiante deberá ser capaz de presentar la documentación correspondiente a la solicitada por el docente a cargo.

3.3. Estándares BIM.

El uso cada vez mayor de métodos BIM en países de Norte América y Europa está determinado por los requisitos establecidos por los actos reglamentarios de la industria de la construcción. Esta tendencia ha llevado a que varios países adopten este enfoque y lo conviertan en un estándar comparable al estándar ISO. En consecuencia, muchos gobiernos están actualizando su normativa para promover la implementación de BIM en el desarrollo de proyectos inmobiliarios. Una vez que se establezcan estos nuevos estándares, el uso de BIM se convertirá en un requisito integral para la presentación de proyectos.

Debido a que Ecuador aun no cuenta con una normativa que establezca estándares BIM el siguiente manual opta por una adaptación de un contexto cercano a la normativa que se encuentra vigente en Perú.

Al aplicar BIM en el desarrollo de un proyecto arquitectónico académico, es fundamental seguir ciertos estándares que permitirán que todos los involucrados en el proceso de gestión de información BIM hablen un

lenguaje común. Además, existe la necesidad de implementar gradualmente estos estándares de acuerdo con la madurez de la gestión de la información BIM y los recursos disponibles para cada estructura. Los estándares BIM aplicables a nivel académico serian: usos BIM, el nivel de Información necesaria y los roles BIM.

3.4. Usos BIM.

Para desarrollar una implementación BIM, se definirán los usos BIM que pueden ser empleados en un proyecto de acuerdo con la información requerida para su gestión.

Los usos son métodos para la aplicación BIM basado en diferentes procesos definidos por la ubicación, orientación y relación del ciclo de inversión de uno o varios objetos.

3.4.1. Levantamiento de condiciones existentes

Uso de modelos que representen las condiciones del entorno, en donde se hace uso de sistemas tecnológicos como drones, escaneo láser o técnicas convencionales. Aplicable a proyectos de conservación, levantamiento de información o edificaciones existentes.

3.4.2. Análisis del entorno físico

La evaluación de las propiedades y características del entorno es crucial para determinar la ubicación ideal para llevar a cabo una obra. Esta práctica no solo se utiliza para analizar y planificar la obra en cuestión, sino que también permite simular y visualizar cómo dicha infraestructura podría afectar los aspectos geográficos de la zona en la que se llevará a cabo.

Para encontrar la ubicación más adecuada para una obra, es necesario realizar una evaluación exhaustiva del entorno, teniendo en cuenta tanto las características del terreno como la presencia de posibles obstáculos o limitaciones. Una vez que se han identificado las posibles ubicaciones, se deben analizar y comparar los diferentes factores que puedan afectar la realización de la obra, tales como los costos de construcción, la disponibilidad de recursos y las posibles implicaciones ambientales.

3.4.3. Elaboración de documentación

Uso del modelo BIM de información para crear documentación técnica y datos, desarrollo de planos e información. De este modelo se extrae información convencional como plantas, alzados y secciones, así como planos más específicos.

3.4.4. Visualización 3D

El modelo de información se utiliza para presentar y visualizar activos y propuestas de intervención mediante diversas herramientas gráficas, como imágenes 3D, fotomontajes y recorridos virtuales. Esta herramienta no solo sirve para difundir o socializar el proyecto, sino que también facilita la comprensión del diseño por parte de los especialistas y mejora la comunicación entre los miembros del equipo del proyecto.

3.4.5. Coordinación de la información

En esta etapa se realiza coordinación por parte de todos los miembros involucradas, mediante el uso de softwares y plataformas que permitan el intercambio de toda la información digital necesaria.

3.4.6. Análisis del programa arquitectónico

Mediante la utilización del modelo de información es posible realizar un minucioso análisis del rendimiento del diseño en relación con los parámetros, directrices y condiciones espaciales, lo que resulta de gran importancia para la toma de decisiones de diseño basadas en un modelo central.

3.4.7. Estimación de cantidades y costos

El modelo de información se puede utilizar para obtener una estimación precisa y confiable de los costos de un proyecto, a través de la estimación, verificación o actualización de las cantidades de componentes y materiales del activo.

3.4.8. Revisión del diseño

En base a la información generada por un modelo central se realiza un análisis de los diferentes factores que influyen en un entorno virtual como iluminación, seguridad, ergonomía, textura, colores, etc., a partir de la normativa y reglamentación vigente.

3.4.9. Análisis estructural

Este análisis a partir de un modelo central permite realizar simulaciones de rendimiento para determinar comportamiento, cálculos y el diseño del sistema estructural eficiente y construible.

3.4.10. Análisis lumínico

La evaluación lumínica permite que a partir de un modelo central se tome decisiones para la óptima iluminación de acuerdo con la normativa y estándares requeridos de cada espacio.

3.4.11. Análisis energético de las instalaciones

Se realiza un análisis del consumo de energía a partir del modelo central con el fin de validar si se cumplen las normas de eficiencia energética, y para buscar oportunidades que permitan mejorar el diseño y la utilización de recursos, lo que ayuda a reducir costos.

3.4.12. Análisis de la capacidad constructiva

Revisión previa a la construcción para detectar obstáculos y fallas de diseño que pueden causar retrasos y sobrecostos en el proyecto. Esto permite detectar problemas en todas las fases del proyecto, incluyendo la circulación y logística de la obra.

3.4.13. Análisis de otras ingenierías y especialidades

Análisis de los diferentes sistemas que pueden intervenir o complementar el desarrollo del proyecto usando el modelo central.

3.4.14. Evaluación de sostenibilidad

Es importante que los modelos tengan la capacidad de almacenar información relevante acerca de los requisitos necesarios para obtener certificaciones de sostenibilidad, de manera que pueda ser evaluada por expertos.

3.4.15. Detección de interferencias e incompatibilidades

Se puede detectar interferencias en la geometría del modelo de información y problemas de compatibilidad entre disciplinas del proyecto que podrían causar dificultades durante la construcción. Para facilitar la tarea de revisión, es posible emplear un software de análisis de interferencias. También se pueden realizar recorridos virtuales para una mejor comprensión visual de los problemas identificados. Este proceso es importante para evitar retrasos, costos adicionales y errores en la construcción del proyecto.

3.4.16. Planificación de la fase de ejecución

A partir del modelo central se planifican las diferentes etapas y fases constructivas, esto permite la gestión y control en la fase de ejecución de la obra.

3.4.17. Diseño de sistemas constructivos para la ejecución

Diseño y análisis de los diferentes sistemas constructivos que componen el modelo central con el objetivo de optimizar los procesos constructivos.

3.4.18. Fabricación digital

El modelo de información central puede ser utilizado para simplificar el proceso de fabricación de elementos constructivos y ensamblajes. Este enfoque puede ser empleado para la creación de una variedad de elementos, desde planchas y estructuras metálicas hasta la revisión de prototipos de diseño. Además, el modelo de información puede ser utilizado para la fabricación de piezas de ensamble durante el montaje final del proyecto.

3.4.19. Planificación de obras preliminares y provisionales

Se trata de la gestión, ubicación y representación gráfica de los trabajos previos y provisionales necesarios para la construcción de la inversión. Esto se puede vincular con el cronograma de construcción para identificar el momento en que se pueden llevar a cabo estas tareas.

3.4.20. Registrar información de lo construido (As - built)

Se requiere que los modelos de información contengan un registro actualizado del estado de las infraestructuras y el equipamiento de los activos, que se actualice con los elementos constructivos y mecánicos instalados en la obra. Además, se debe ubicar con precisión estos elementos en su posición actual y agregar información detallada sobre la realidad construida.

3.4.21. Programación del mantenimiento

Se prevé mantenimiento durante el ciclo de vida del proyecto, para evitar reparaciones y excesos en costos.

3.5. Entregables BIM.

3.5.1. Modelo BIM

Se entregará como resultado los modelos de Proyecto creados siguiendo la estructura y organización de modelos definida. Para facilitar su manejo, es recomendable que los archivos de los modelos no superen los 300mb. Estos modelos pueden ser para el diseño, la construcción o el mantenimiento del activo.

Se pueden generar dos tipos de modelos de coordinación. El primer tipo integra modelos de una misma disciplina y genera modelos unidisciplinarios para toda la obra, como un modelo de coordinación de la subestructura. El segundo tipo integra modelos de distintas disciplinas, generando modelos multidisciplinarios, como un modelo de coordinación de todas las disciplinas del proyecto.

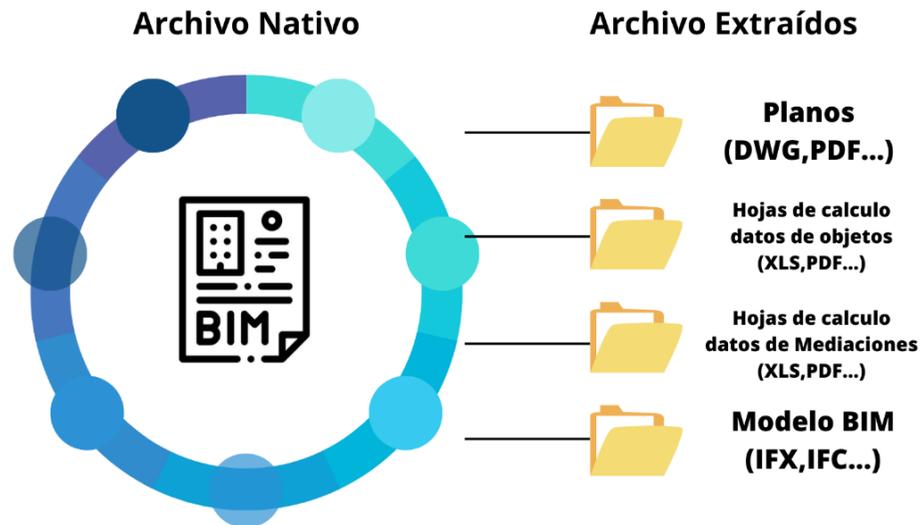
3.5.2. Modelo de Condiciones Existentes.

Estos modelos deberán integrar la información de las condiciones del entorno en donde se ubicará el proyecto.

3.5.3. Derivados de los Modelos BIM

El manual garantiza que los entregables salgan de los modelos centrales, con el fin de que no se llegue a perder información y exista coherencia en la documentación prevista.

Figura 4. Modelo BIM y derivados.



Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

3.5.4. Registro del Estado inicial

Se entregará un archivo que incluirá los puntos de control y posiciones de escaneo 3D georreferenciadas, una nube de puntos en color RGB real sin

oclusiones y optimizada, así como imágenes panorámicas esféricas en color RGB generadas a partir de cada posición de escaneo. Todo esto será posible gracias a la recopilación de datos existentes.

3.5.5. Obtención de Planos

Estos planos deberán obtenerse a partir de los modelos BIM generados. Estos planos deberán ser identificados por un índice, los cuales se dividirán en tres partes:

- Planos provenientes del modelo BIM.
- Planos con elementos añadidos al modelo BIM
- Planos sin ningún elemento del modelo BIM.

Se consideran elementos no pertenecientes a los modelos BIM a aquellos símbolos o anotaciones que no tengan una función constructiva, sino que su única finalidad sea mejorar la visualización de los planos. Es decir, si se incluyen elementos de este tipo, no serán considerados como elementos no pertenecientes a los modelos BIM.

Los entregables se dividen en varios modelos BIM que se distinguen por su tipología:

- Modelo de proyecto.
- Modelo de coordinación.
- Modelo de planificación de Obra.
- Modelo de Condiciones Existentes.

Estos modelos BIM centralizaran toda la información requerida del proyecto que permitirá una serie de documentos para su mejorar su planificación, control y gestión del proyecto.

3.6. Requisitos Mínimos de Información.

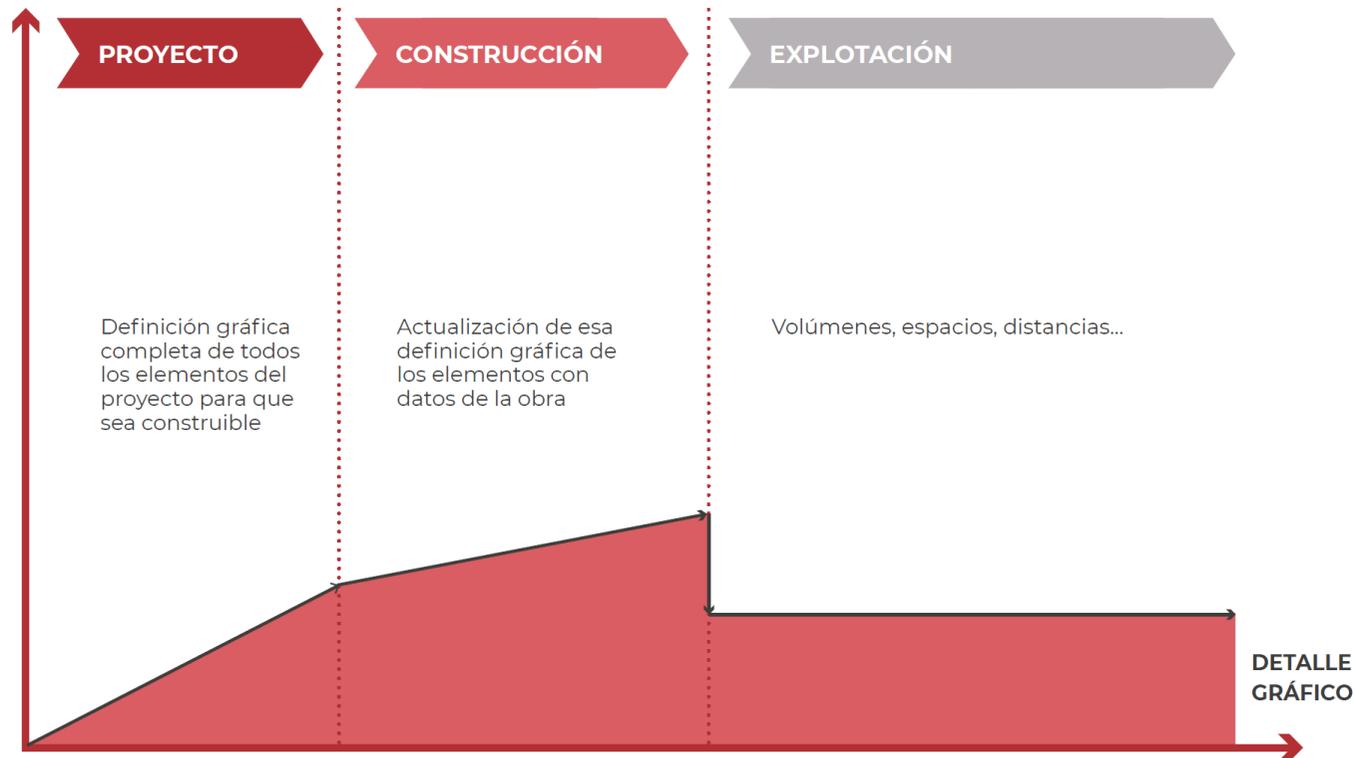
3.6.1. Detalles Gráfico

El modelo BIM se desarrollará a medida que el proyecto avance en cada fase.

El diseño del proyecto irá evolucionando gradualmente en cada una de sus

fases, que incluyen el Estudio Informativo, el Proyecto Básico. A medida que se avanza en cada fase, el diseño irá adquiriendo más definición y detalle.

Figura 5. Evolución del Detalle Gráfico en el Ciclo de Vida.



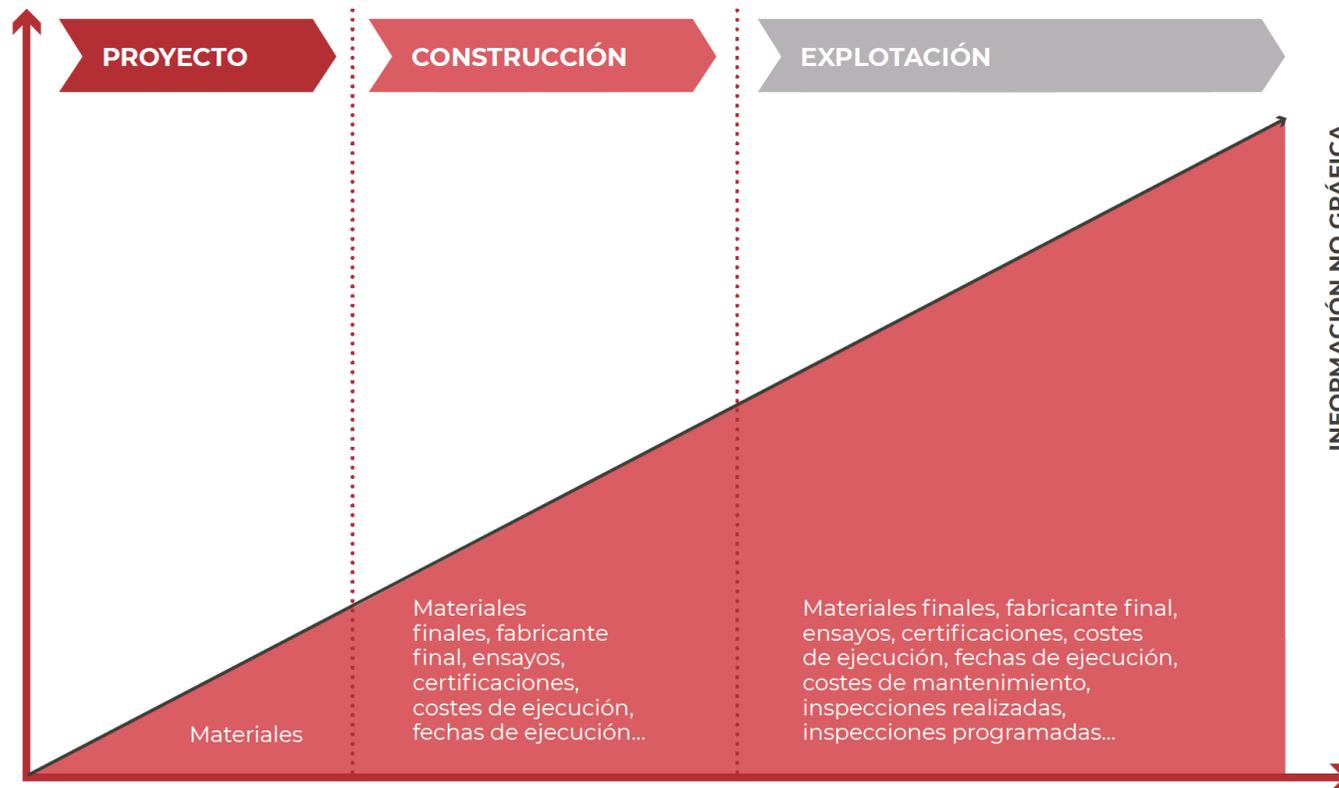
Fuente: Euskal trenbide sarea (2020)

Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

3.6.2. Información no Gráfica

Los requisitos de Información no Gráfica establecen la cantidad y estructura de datos que deben ser incluidos en cada elemento del modelo BIM en forma de parámetros o atributos. Al igual que con la información Gráfica, la Información No Gráfica del modelo BIM se desarrollará a lo largo de todo el ciclo de vida.

Figura 6. Evolución de la información no Gráfica en el Ciclo de Vida.



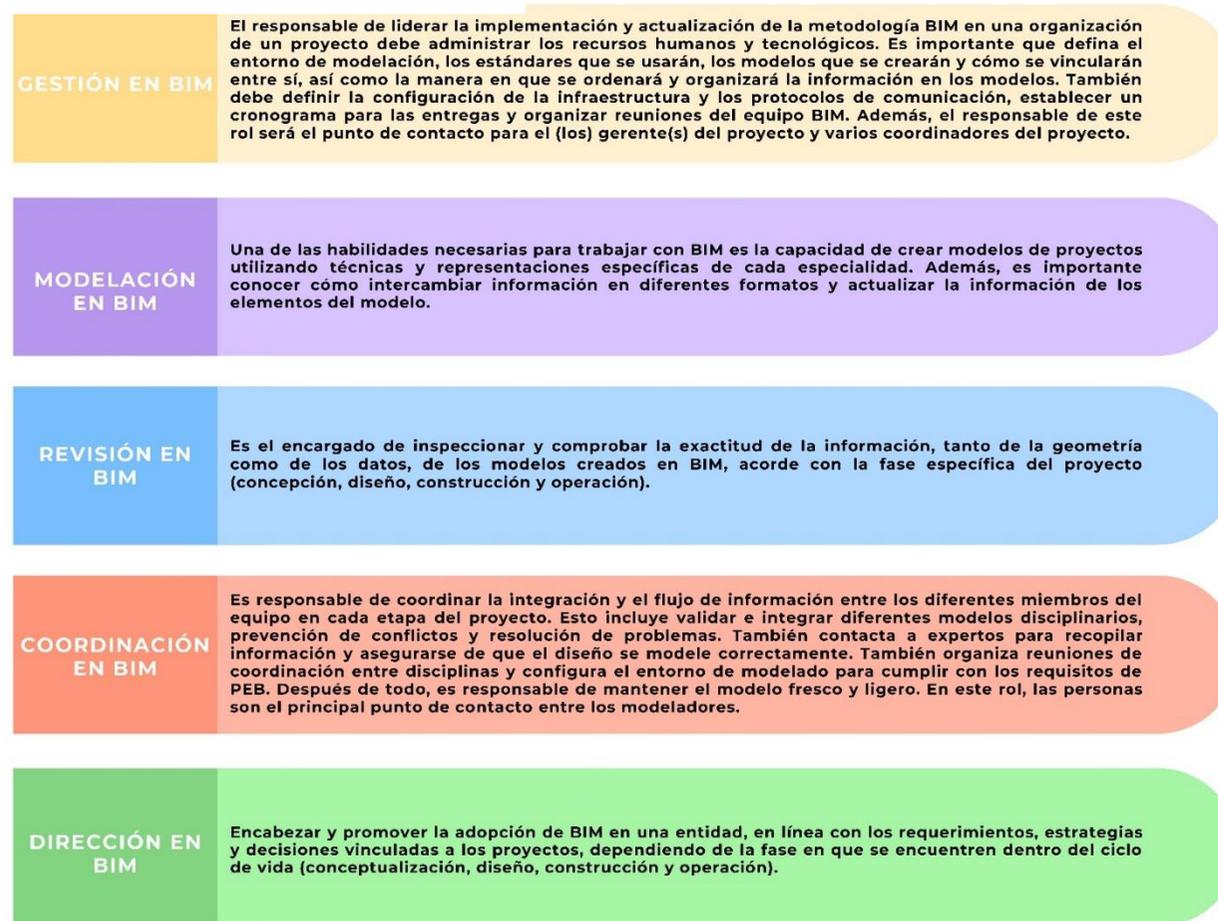
Fuente: Euskal trenbide sarea (2020)
 Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

3.7. Roles BIM.

Dentro del equipo de trabajo, se asignan funciones y responsabilidades específicas conocidas como "roles BIM". Es importante tener en cuenta que un rol puede ser desempeñado por más de un miembro del equipo, y que cualquier miembro puede desempeñar varios roles al mismo tiempo.

Se ha observado que los roles destinados a una enseñanza BIM se enfocan en diferentes áreas relacionadas con las tareas y responsabilidades que debe asumir cada rol BIM.

Figura 7. Roles BIM.



Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

3.8. Sistema de clasificación de elementos.

Estos sistemas nos ayudan a designar de manera única a cada tipo de elemento que compone un modelo BIM, permitiendo un orden y gestión adecuado de jerarquía para la información que vamos a generar.

3.8.1. Criterios de Clasificación

Para la clasificación de estos elementos se emplean criterios de evaluación que se toman al momento de realizar la clasificación, de manera que estos sean objetivos.

Estos deben cumplir ciertas reglas para que todo sistema de clasificación sea eficiente como:

- Ser lo más sencillo posible
- Ser utilizado por diferentes actores
- Permitir que este esté abierto a futuras ampliaciones

3.8.2. Tipología de actuación

Este criterio se define como el tipo de actuación al que pertenece el elemento. Como actuaciones propias en lo arquitectónico, instalaciones sanitarias, eléctricas, estructurales, etc.

3.8.3. Tipología de activo

Este criterio se define como el tipo de activo al que pertenece el elemento clasificándose por bloque en el que se trabaja. Como por ejemplo Bloque 1, Parqueadero, Plataforma, Torre, etc.

3.8.4. Sistema Funcional

Este criterio se define como el sistema al que pertenece la tipología del activo. Siendo este la zona de un activo como es el Caso en una Unidad educativa, sus sistemas se considerarían, recepción, sala de espera, sala reuniones, decanato, etc.

3.8.5. Componente

Este criterio define la tipología del propio elemento, de acuerdo a todos los criterios anteriores, agrupándose por sistema constructivo. Tomando como ejemplo losas, muros, cielo raso, etc.

3.8.6. Material

Este define el material del componente que conforma el elemento, como muro, ladrillo, planchas prefabricadas, vidrio, etc.

3.8.7. Metodología de Clasificación

Este se define como un sistema flexible en el que se combina distintos criterios de clasificación. De ser posible el usuario debe ser capaz de utilizar los 6 criterios.

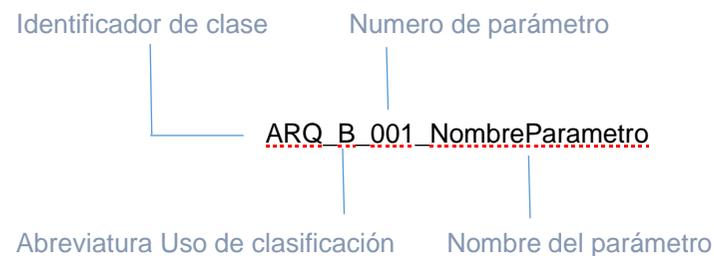
Algunas de las ventajas al utilizar esta tipografía son:

Mitigar nombres excesivamente largos

Homogeneizar el uso de caracteres

Evitar el uso de abreviaturas que no proporcionan una claridad sobre lo que se trabaja.

Fácil comprensión en la lectura.

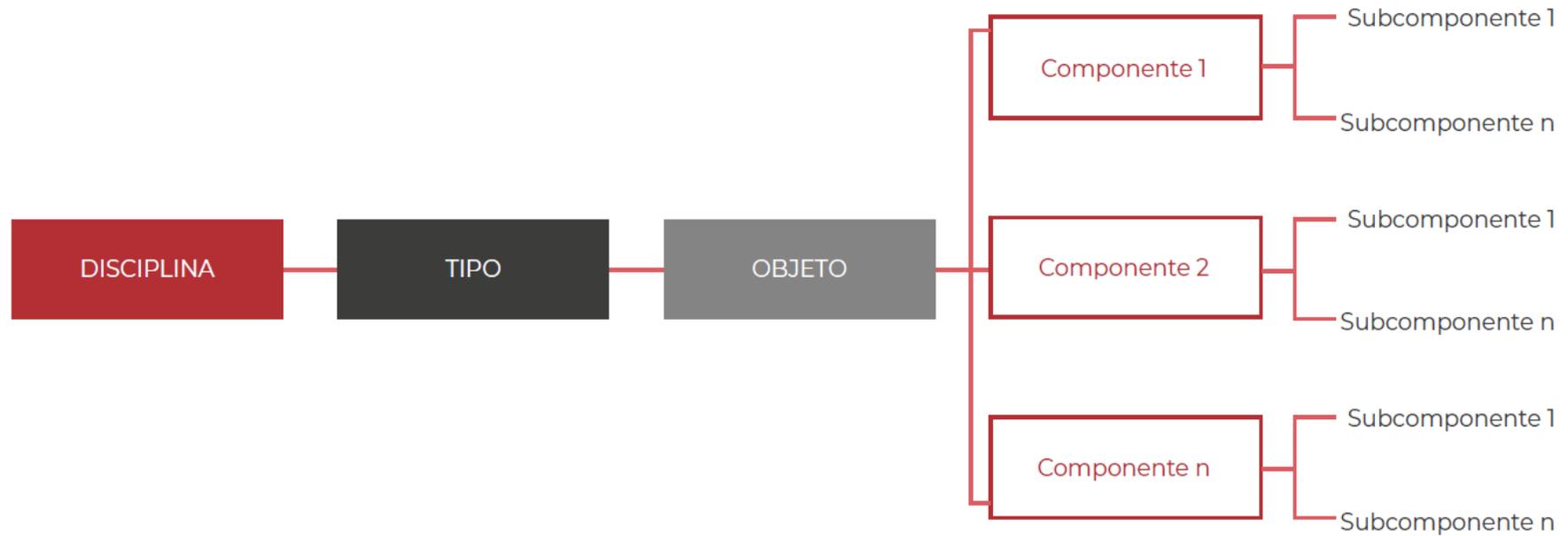


3.9. Estrategia de organización y definición de objetos BIM.

3.9.1. Estructura de Objetos

En cuanto al modelado, la disposición general de los elementos de un objeto seguirá la siguiente estructura, considerando su clasificación, nivel de desarrollo y tamaño optimizado para evitar sobrecargar los modelos:

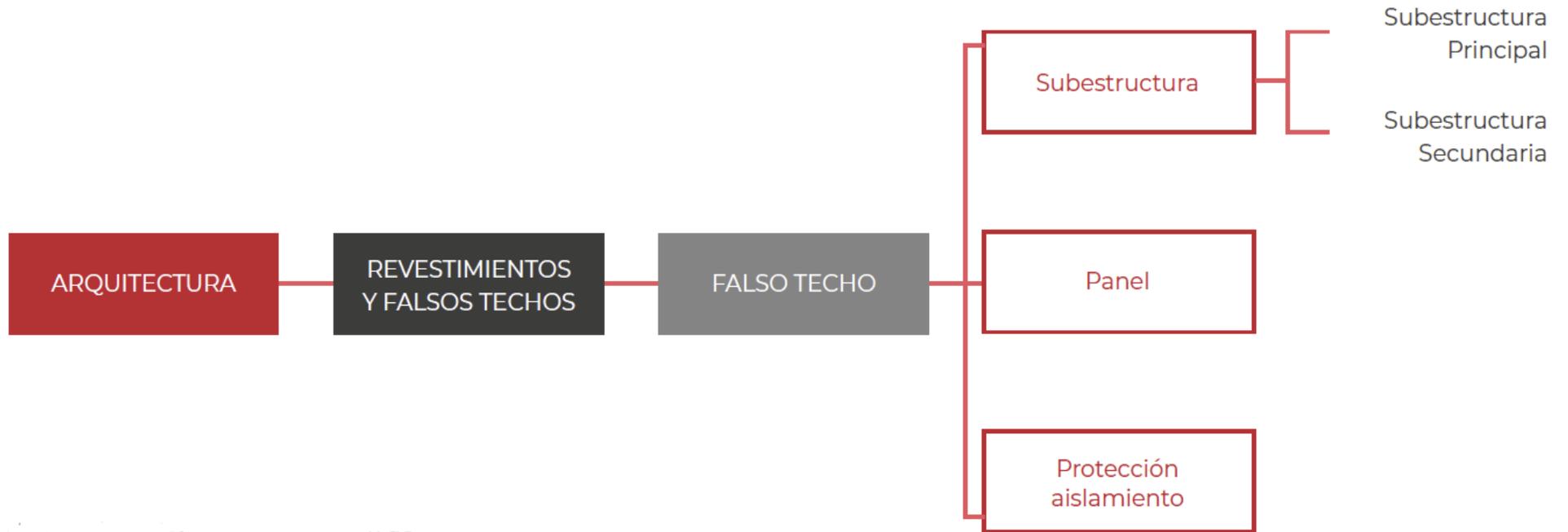
Figura 8. Estructura de un Objeto.



Fuente: Euskal trenbide sarea (2020)
 Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

A continuación, se describe una posible organización de componentes:

Figura 9. Ejemplo de organización de un objeto de Arquitectura.



Fuente: Euskal trenbide sarea (2020)
Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

3.9.2. Nomenclaturas de objeto

La convención de nombres deberá incluir una descripción que permita al usuario buscar de acuerdo con el criterio aplicado al objeto.

Disciplina- Código - Descripción – Tipo

Figura 10. Estructura de la nomenclatura de objetos BIM.

Disciplina	Obligatorio	Abreviatura de disciplina a la que pertenece el objeto. Deberá emplearse el listado de Disciplinas del Sistema de Codificación de Archivos.
Código	Obligatorio	Código según la tabla de Componentes del Sistema de Clasificación de Elementos.
Descripción	Obligatorio	"Breve descripción del objeto mediante texto libre empleando la morfología UpperCamelCase
Tipo	Obligatorio	Designa el elemento que el objeto crea. Por ejemplo, una Puerta o Ventana.

Fuente: Euskal trenbide sarea (2020)
Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

Por ejemplo, para un muro de ladrillo de 15 cm sería:

ARQ-001-MuroLadrillo-15.

3.9.3. Librería de Objetos

Dentro de una disciplina académica, es fundamental mantener la consistencia en el uso de objetos a lo largo de un proyecto. Esto implica que objetos idénticos, añadidos al modelo por diferentes modeladores, deben representarse de la misma manera y contener la misma información en sus atributos. Para lograr esto, se recomienda emplear bibliotecas de objetos, las cuales pueden generarse específicamente para el proyecto o adquirirse de diversas plataformas en línea disponibles en el mercado. No obstante, es importante tener en cuenta que los softwares de diseño BIM utilizan terminología distinta para organizar los objetos.

3.10. Formatos de los Archivos.

3.10.1. Modelos BIM

3.10.2. Modelos de Proyecto

Estos modelos deberán ser entregados en modelos nativos como rvt, pln, dgn, etc. Como en formato abierto IFC4, para que de esta forma los modelos tengan un enfoque “Open BIM” para que con el tiempo esto modelos puedan ser usados por diferentes agentes que intervengan en el proyecto.

La entrega de estos modelos por disciplina o subdisciplina en formato abierto IFC les permitirá a los usuarios su consulta individualizada, así como su unión de modelos de coordinación de manera que más coherente.

Tabla 8. Formatos de Intercambio y entrega de Información según la tipología de un Modelo BIM.

Modelo De Disciplina	Formatos De Entrega
Estructura	IFC4x2/IFC4/IFC2x3
Arquitectura	IFC4/IFC2x3
Instalaciones de la edificación	IFC4/IFC2x3
Señalización	IFC Rail/IFC4/IFC2x3 + DGN/DWG

Movimiento de Tierras	IFC Rail/IFC4x1/IFC4/IFC2x3/LandXML + DGN/DWG
Ejes de trazado de carreteras	IFC Rail/IFC4x1/LandXML + DGN/ALG/DWG/XML/ASCII

Fuente: Universidad de Cuenca, 2023.

Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

3.10.3. Derivación de los Modelos BIM

3.10.4. Planos

Los planos obtenidos a partir de los modelos se entregarán en los formatos propios, estos estarán contenidos en el mismo, reteniendo los enlaces a los objetos del modelo central.

Adicionalmente, se entregarán modelos en formatos CAD como DWG o DNG y de intercambio como DXF, a su vez estos documentos deberán generar formatos PDF.

3.10.5. Mediciones y Presupuestos

Las tablas de mediciones en formato XLS y formatos abiertos CSV, los presupuestos se presentarán en formatos propios y en formato BC3. De igual forma estos deberán contener documentación presentada en formato PDF.

3.10.6. Nubes de Puntos

Las nubes de puntos obtenidos tras el proceso se tomarán de los datos existentes mediante el escaneo de las condiciones iniciales en formato nativo y en formato abierto E57 tras el proceso de datos.

3.10.7. Otros Derivados

Las hojas de datos extraídas a partir de los modelos BIM se entregarán en formato propio XLSX como en abierto CSV.

Las simulaciones constructivas derivadas de los modelos como planificación de obra, imágenes, videos, recorridos virtuales se entregarán

en AVI, MPEG, MOV, JPEG o PNG, además se deberán realizar reuniones de coordinación del diseño.

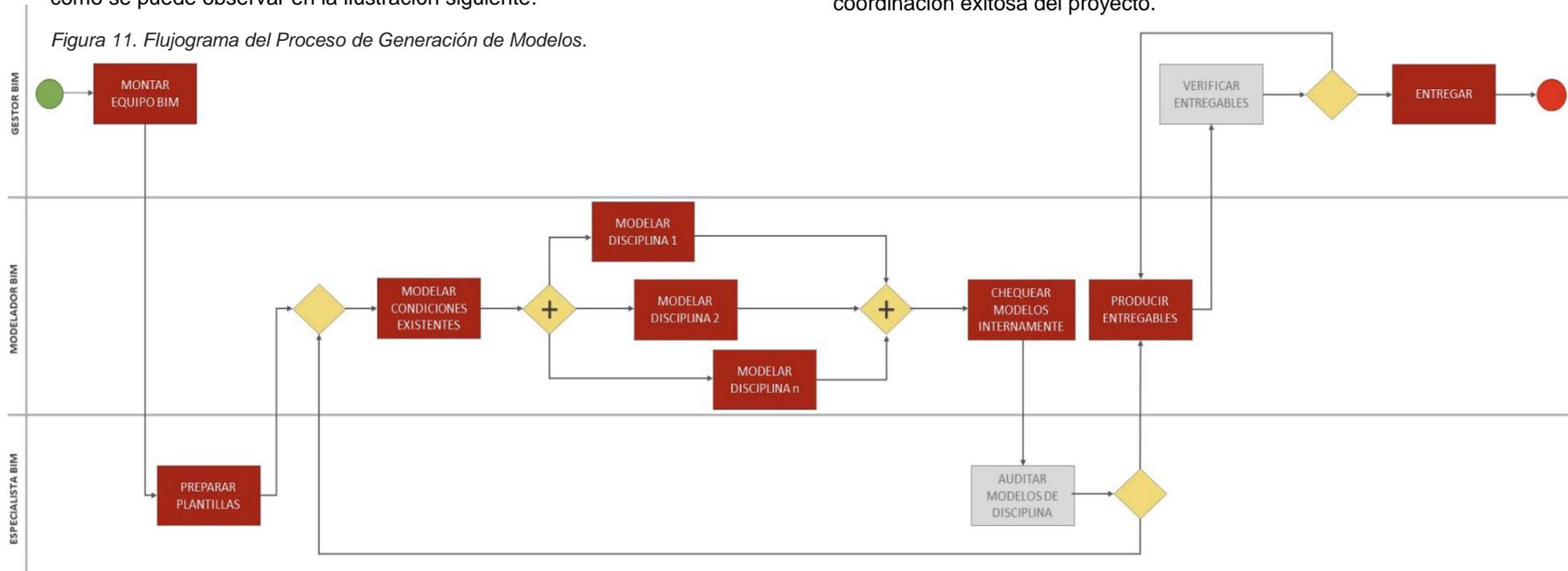
Los informes, especificaciones, memoria técnica, etc. Se entregarán en formato DOCX y PDF.

3.11. Proceso de Producción y entrega de la información

3.11.1. Proceso de Generación de Modelos

La generación inicial de los modelos BIM es uno de los pasos iniciales, como se puede observar en la ilustración siguiente:

Figura 11. Flujograma del Proceso de Generación de Modelos.



Con el propósito de garantizar la adecuada ejecución del proceso de generación de modelos, es necesario mantener una constante coordinación entre ellos, asegurando la cohesión interdisciplinaria. Esto implica la coordinación espacial, la identificación de interferencias geométricas, la calidad de los modelos y otros elementos fundamentales para lograr una coordinación exitosa del proyecto.

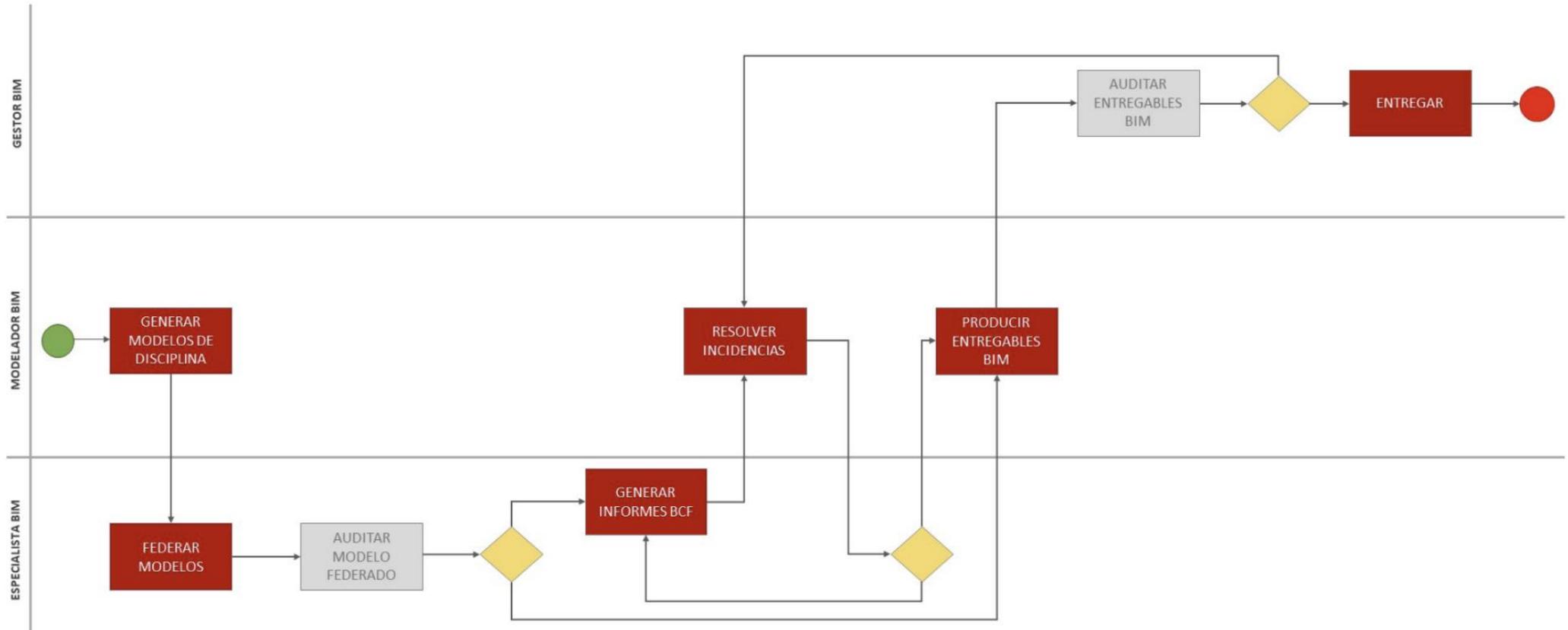
Fuente: Euskal trenbide sarea (2020)
Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

3.11.2. Proceso de Coordinación de Modelos

Para garantizar que el proyecto se encuentre coordinado, se compartirán los modelos entre los diferentes miembros de manera regular y continua

con el fin de resolver inconvenientes importantes y evitar retrasos en la entrega.

Figura 12. Flujoograma de coordinación de Modelos.



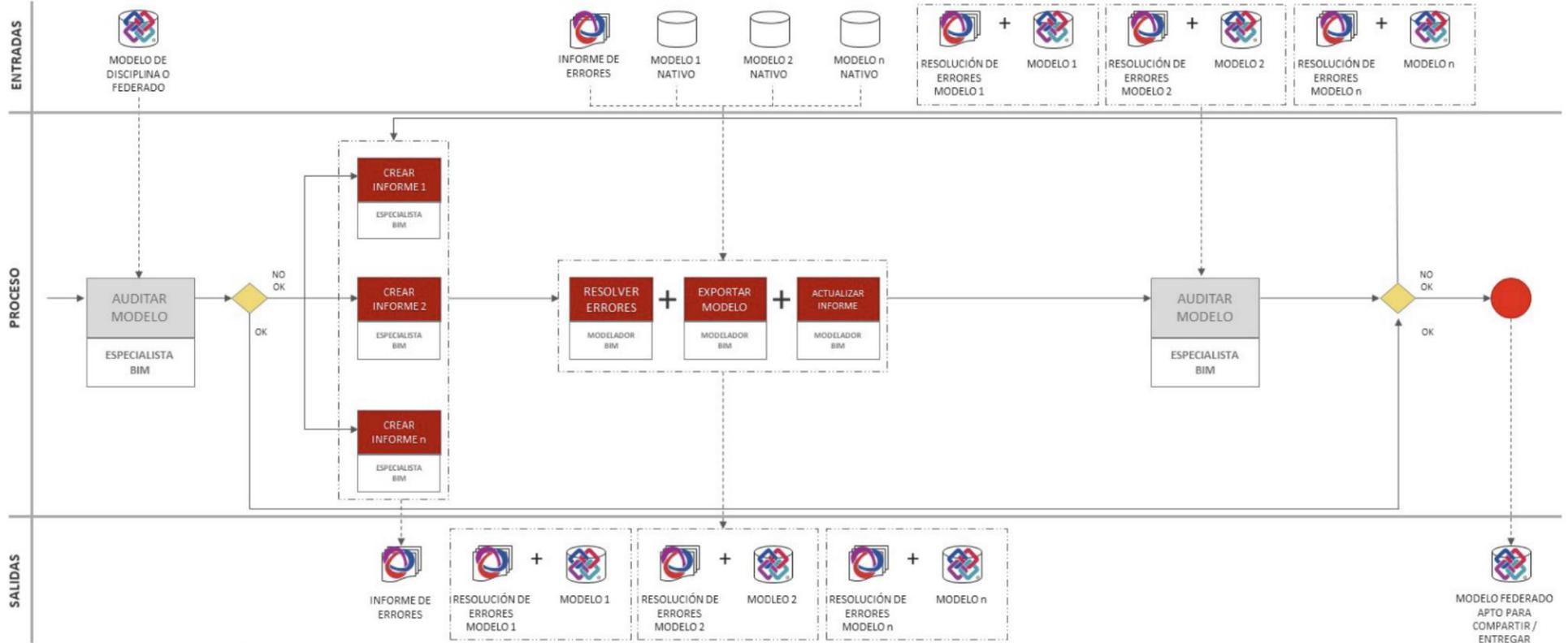
Fuente: Euskal trenbide sarea (2020)
 Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

3.11.3. Proceso de Coordinación de Modelos basado en Estándares Open BIM (IFC y BCF)

En el transcurso de la etapa de coordinación de modelos, se presentarán errores, incertidumbres, incompatibilidades, discrepancias, colisiones y diversas incidencias que deben ser reportadas, monitoreadas, consultadas y, en última instancia, solucionadas. Para abordar esta situación, El manual

propone un flujo de trabajo basado en los estándares Open BIM, utilizando formatos abiertos como IFC y BCF, lo cual permite a todas las partes involucradas rastrear las incidencias y resolverlas de manera eficiente.

Figura 13. Flujograma del Proceso de Coordinación de Modelos - Estándares Open BIM (IFC Y BCF).



Fuente: Euskal trenbide sarea (2020)
 Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

3.11.4. Proceso de gestión de cambios en el Modelo

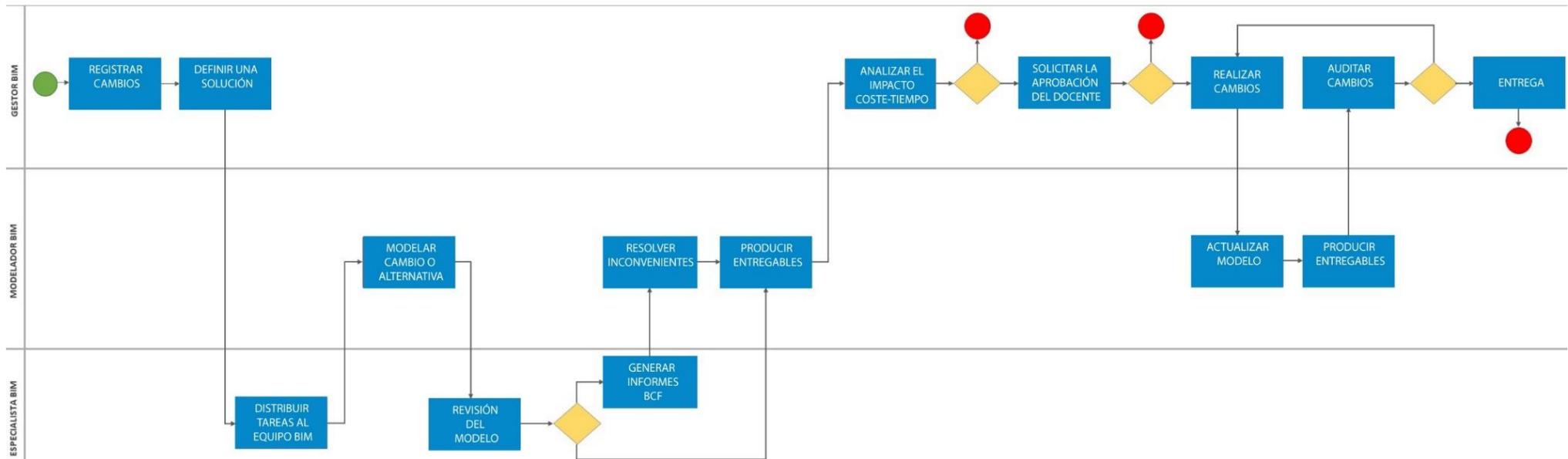
Estas incidencias encontradas al momento de realizar una revisión de los modelos suponen que éstos mismos vayan a sufrir modificaciones, como también lo supone una propuesta de cambio que pueda producirse a petición del docente durante el diseño.

La gestión de cambios en contextos BIM se puede describir como un proceso en constante evolución que engloba la identificación de requerimientos de cambios, el registro de dichos requerimientos, la implementación de los cambios en el modelo sin comprometer su integridad y coherencia, el flujo de información relacionada con los cambios, así como

el análisis y asesoramiento sobre las implicaciones de los cambios con el fin de minimizar posibles efectos negativos, al tiempo que se garantiza la multi-operatividad.

Es por esto por lo que la gestión de cambios en entornos BIM es una de las ventajas más destacables del empleo de esta metodología. BIM asegura que cualquier cambio realizado sobre el modelo durante cualquier fase del ciclo del proyecto se implemente en todas las vistas como el propio modelo, planos, tablas de datos, etc., y que esos cambios puedan ser gestionados de manera eficiente por todos los miembros intervinientes.

Figura 14. Flujoograma del Proceso de Gestión de Cambios en el Modelo.

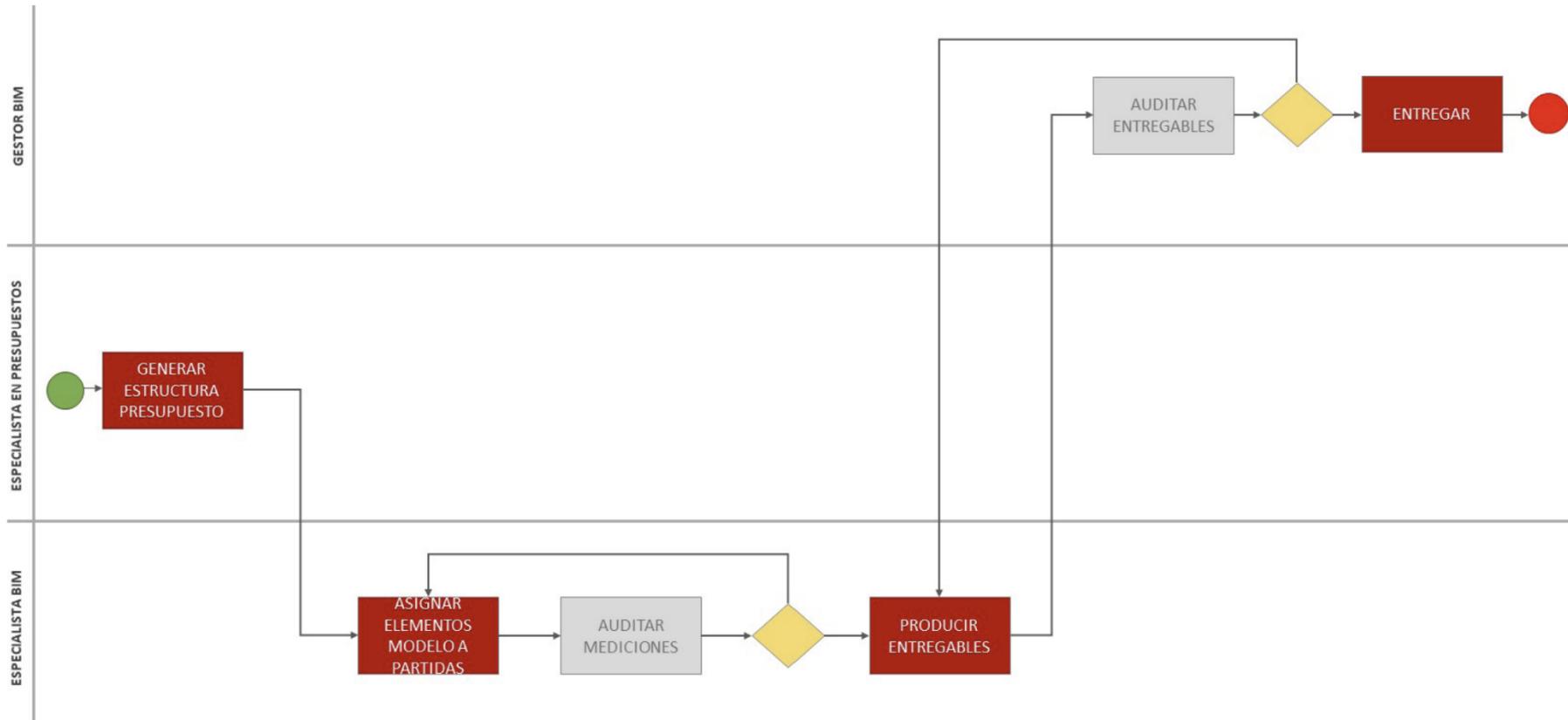


Fuente: Euskal trenbide sarea (2020)
 Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

3.11.5. Proceso de Obtención del Presupuesto a través del Modelo

Uno de los usos de los modelos es generar presupuestación a partir del mismo.

Figura 15. Flujograma del Proceso de Obtención Del Presupuesto a través del Modelo.



Fuente: Euskal trenbide sare (2020)
 Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

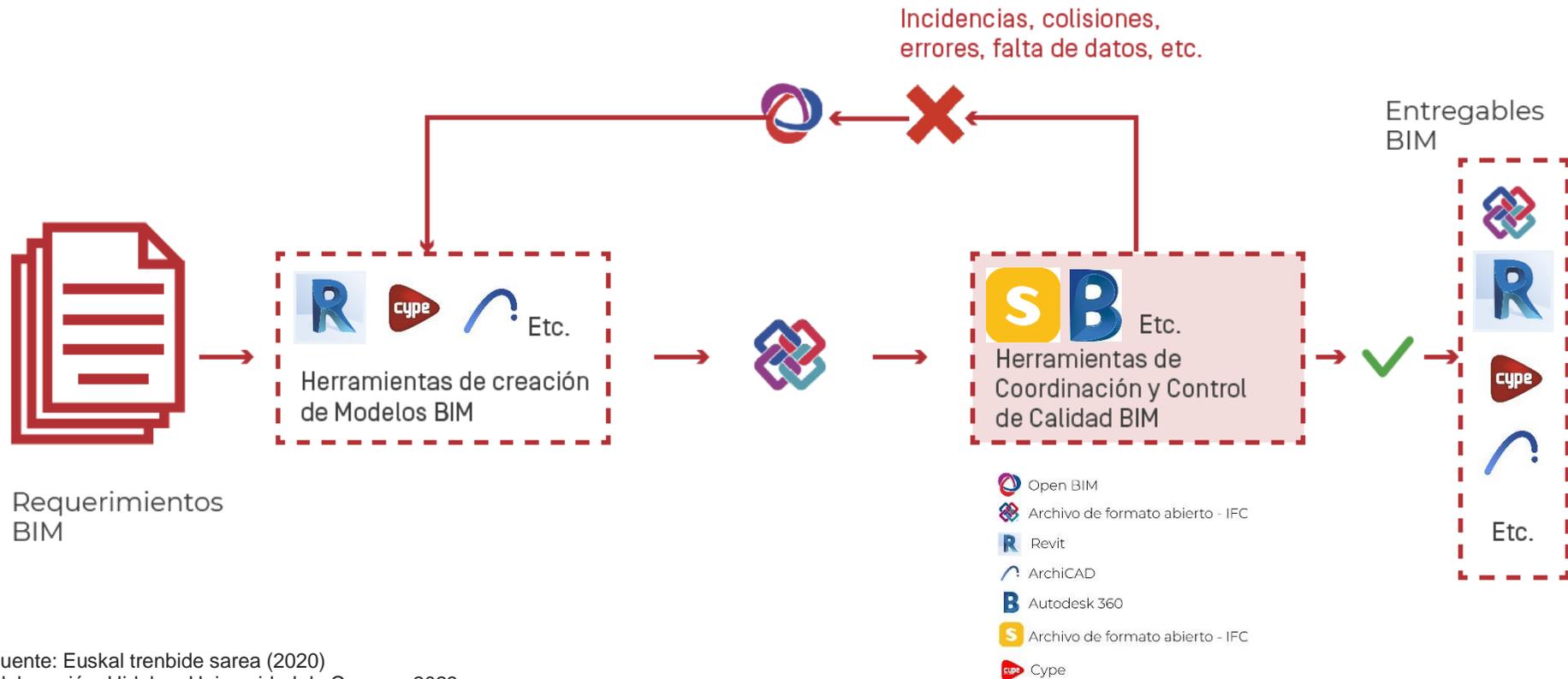
3.12. Coordinación, control y aseguramiento de la Calidad

El proceso de coordinación y control de calidad garantiza que los datos sean usables a lo largo del proceso. Este proceso se definirá mediante flujogramas en PEB para que cada miembro sepa cuando debe actuar.

Todas estas comprobaciones darán lugar a la aparición de un conjunto de incidencias que requerirán ser abordadas y gestionadas. La supervisión de

dichas incidencias y su resolución se llevará a cabo utilizando el formato BCF (BIM Collaboration Format), el cual promueve un procedimiento más activo y efectivo, posibilitando la trazabilidad de las incidencias y fomentando la adopción de estándares abiertos.

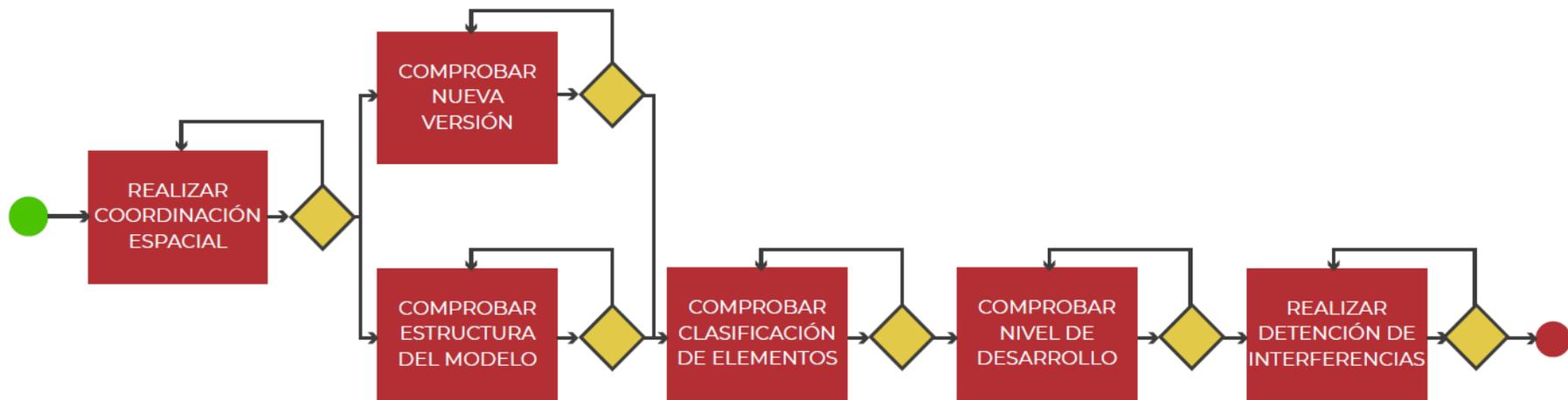
Figura 16. Uso de Estándares y Formatos Abiertos en el proceso de Coordinación y Control de Calidad BIM.



Fuente: Euskal trenbide sarea (2020)
Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

La jerarquía de las verificaciones realizadas y su orden son importantes para la detección de interferencias sin haber comprobado la clasificación de los elementos.

Figura 17. Orden y Jerarquía de Verificaciones en el Proceso de Coordinación y Control de Calidad BIM.



Fuente: Euskal trenbide sarea (2020)
 Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

3.12.1. Coordinación Espacial

Para lograr una correcta coordinación de los modelos BIM se debe definir las coordenadas compartidas sobre las que todos los modelos producidos se basan.

Con el fin de mejorar la coordinación espacial de los modelos y agilizar la verificación de que todos los modelos se encuentran en las mismas coordenadas, es posible incorporar un componente físico conocido como Punto Base. Esto permitirá realizar dichas comprobaciones de manera rápida y eficiente.

Este punto Base debe de incluirse en todos los modelos, estando geoposicionado en un punto compartido. Si mas de un punto base aparece sabremos que uno o varios modelos no están bien georreferenciados o mal ubicados, ya que los puntos base estarán superpuestos.

3.12.2. Nueva Versión

Al comprobar se identificarán los elementos que han cambiado con respecto a su versión anterior. Además de identificaran elementos añadidos o eliminados.

3.12.3. Clasificación

Los elementos deberán estar clasificados según el sistema de clasificación de elementos propuesto, en donde todos los elementos sin clasificación o mal clasificados deberán ser corregidos.

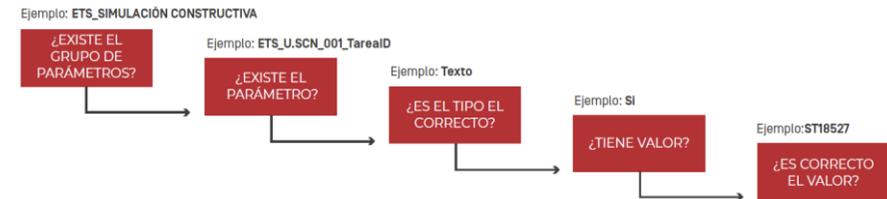
De existir elementos de este tipo y de ser omitidos estos elementos no pasarían el control de calidad que les corresponde, ya que las comprobaciones serán realizadas por la clasificación.

3.12.4. Requisitos Mínimos de Información

Se deben comprobar los elementos gráficos de un elemento, es decir sus parámetros o atributos requeridos (textos, valores, etc.) y que sus valores son correctos.

Esta comprobación es una de las mas importantes ya que esta garantizara la calidad de los datos de cada modelo BIM, para luego poder ser ocupada en la construcción o en su infraestructura.

Figura 18. Ejemplo de Escala de Comprobaciones para realizar sobre La Información No Gráfica.



Fuente: Euskal trenbide sarea (2020)
Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

Detección de Interferencias Geométricas

Estas pueden ser verificadas mediante los parámetros de prioridad, a partir de su clasificación de una disciplina en conjunto o mediante el modelo en su conjunto, esto dependerá del grado de detalle que se requiera para la detección de interferencias.

Un mecanismo para poder identificar y ser más eficiente se debe generar un parámetro que determine el Nivel de Gravedad del elemento.

De esta manera se podrá filtrar los elementos para su detección de interferencias y luego su resolución. Esta estrategia permite jerarquizar la detección de colisiones gracias a una matriz de prioridad para su resolución.

Figura 19. Matriz de prioridades.

Prioridad por Nivel de Gravedad				
		NIVEL DE GRAVEDAD		
		A	B	C
NIVEL DE GRAVEDAD	A	1	2	3
	B	2	4	5
	C	3	5	6

Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

Los niveles de Gravedad serán los siguientes:

A: Se refiere a las colisiones que resultan en la eliminación o alteración de la posición de un elemento, lo que implica la necesidad de recalculer sistemas completos o parciales. Esto puede resultar en modificaciones de otros elementos del sistema, como la reubicación o eliminación de componentes estructurales.

B: Se trata de las colisiones que causan la eliminación o modificación de la posición de un elemento, afectando a otros elementos dentro del mismo modelo o en modelos diferentes. Sin embargo, no se requiere recalculer sistemas parciales o completos como consecuencia de estas colisiones. Además, se incluyen los elementos que pueden influir en los criterios estéticos o de funcionalidad tanto de este elemento como de otros.

C: Hace referencia a las colisiones que ocasionan la eliminación o desplazamiento de un elemento, afectando únicamente al modelo al que pertenece y sin tener impacto en el resto de los modelos.

3.13. Integración con otros sistemas

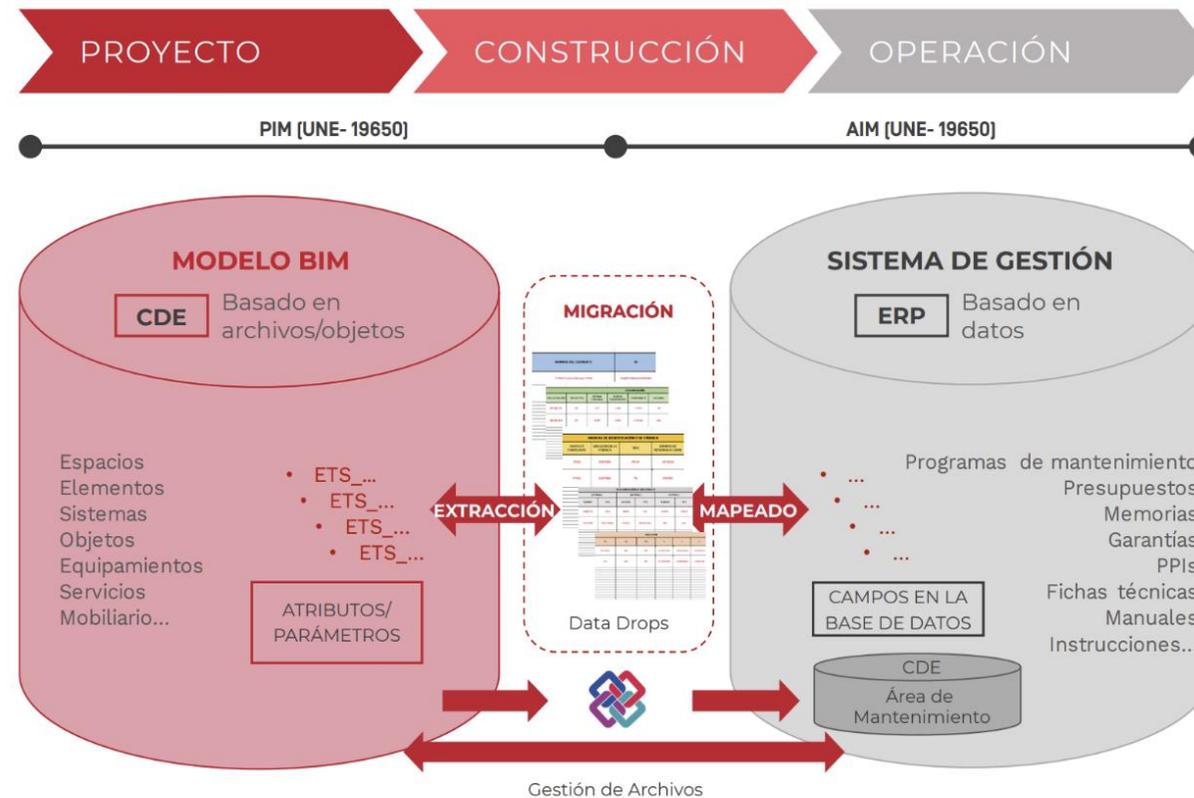
3.13.1. Proceso de Integración

Se propone tablas de datos en forma de hojas de cálculo para la migración de datos a partir de modelos BIM a otros sistemas de gestión. Debido a su

estandarización es más accesible y fácil lectura para los diferentes usuarios que podrán intervenir en cualquier etapa del proyecto sin importar el software que se maneje.

La migración de la geometría de los modelos BIM “As-built” será directa, ya que se encuentra en formatos abiertos (IFC/LandXML).

Figura 20. Esquema de Integración PIM-AIM.



Fuente: Euskal trenbide sarea (2020)
Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

3.14. CDE y codificación de archivos

3.14.1. CDE

Su significado siendo Common Data Environment o Entorno Común de Datos, es el encargado de indicar las áreas de colaboración digital, en lo más común una nube, en donde se almacenará toda la información del proyecto, permitiendo el acceso a todos los miembros que conforman el equipo BIM para que los mismos puedan realizar revisiones o modificaciones pertinentes.

Toda la información que se cargará a la nube deberá seguir los estándares de codificación planteados.

3.14.2. Requisitos Funcionales

Figura 21. Requisitos Funcionales de un CDE.

Requerimiento	Funcionalidades
Capacidad de Visualización de la información	<ul style="list-style-type: none"> - Herramientas de marcado de documentos integradas - Gestor de archivos BCF (BIM Collaboration Format) para la gestión de incidencias en modelos - Visor de archivos de texto y hojas de cálculo - Visor de archivos PDF - Visor de archivos CAD/CAM - Visor de archivos IFC
Portabilidad	<ul style="list-style-type: none"> - Visualización de la información en campo a través de dispositivos portátiles como móviles o tabletas
Potencialidad de Integración	<ul style="list-style-type: none"> - Interfaz en la nube - Integración con sistemas de correo electrónico

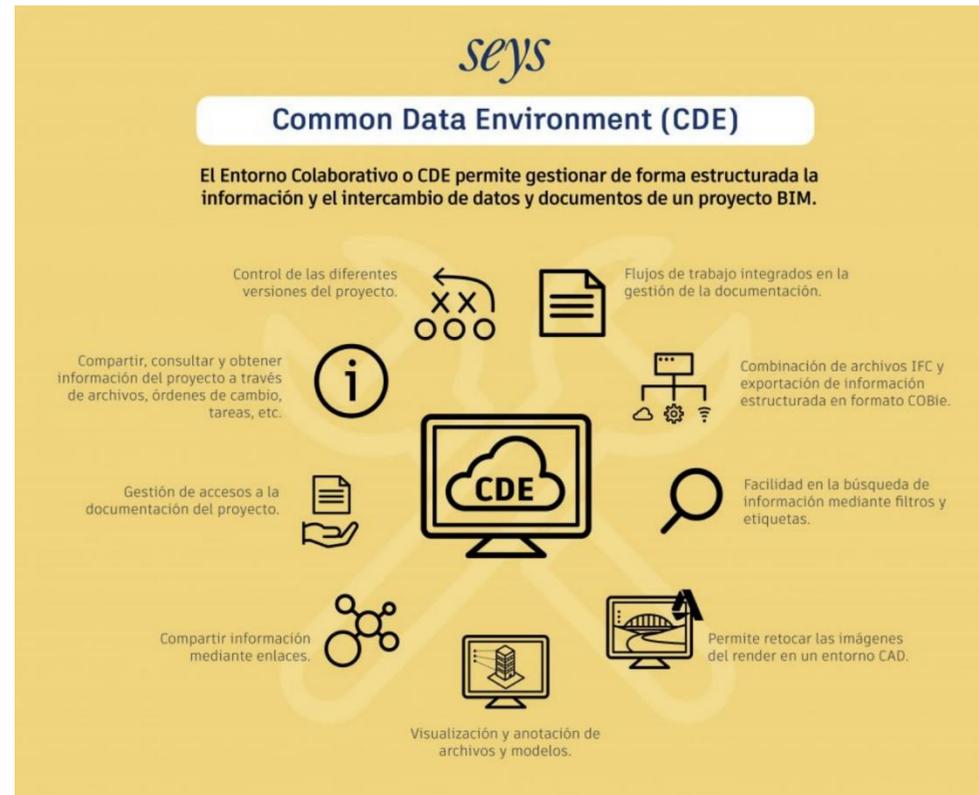
Requerimiento	Funcionalidades
Publicación de archivos	<ul style="list-style-type: none"> - Publicación y descarga de archivos
Gestor documental El gestor documental debe alcanzar los requerimientos para aspectos tales como el sistema de codificación o nomenclatura de archivos, numeración de documentos, campos de estado de la documentación, tipos de documentos, secuencia de revisiones y metadatos de clasificación de la documentación.	<ul style="list-style-type: none"> - Estructura de carpetas personalizable con permisos de acceso controlados - Subir, almacenar, compartir y revisar documentación - Capacidad de carga en masa de documentación - Descarga de documentación en masa, como la descarga de paquetes en formato zip - Habilidad para permitir la definición de sistemas de codificación de archivos - Control de versiones (versionado de la documentación) - Motor de creación e implantación de flujos de trabajo para automatizar y controlar el proceso de revisión, entrega y aprobación
Motor de Búsqueda Esta funcionalidad de navegación permite la localización de proyectos, activos, documentos, modelos y datos en un espacio de trabajo y a través de espacios de trabajo.	<ul style="list-style-type: none"> - Motor y capacidad de búsqueda completa (por metadatos, por nomenclatura de archivos, etc.) incluyendo la posibilidad de búsqueda por contenido de la documentación (buscar texto en archivos de texto)
Control de Actividad La interfaz de cuadros de mando les avisa a los usuarios cuando se ha producido algún cambio o actualización en la información contenida en el CDE, y proporciona un resumen de tareas. Idealmente, deberá permitir la personalización de reportes para emitir informes de rendimiento sobre los asuntos que se requieran.	<ul style="list-style-type: none"> - Cuadro de mandos personalizable con datos de rendimiento en vivo - Funcionalidad personalizable de generación de reportes - Notificaciones automáticas (por ejemplo, cuando se carga un archivo al CDE, emitir un aviso automático mediante, por ejemplo, correo electrónico, a la persona encargada de revisarlo)

Fuente: Euskal trenbide sarea (2020)
Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

El entorno de colaboración digital (CDE) requiere disponer de un conjunto de medidas de seguridad que permitan establecer los permisos de acceso a la información y las acciones que se pueden llevar a cabo con ella. Por tanto, resulta esencial configurar y gestionar el CDE de manera que se incorporen aspectos de seguridad adecuados, los cuales se enfocan en tres aspectos principales.

Cada involucrado en el proyecto de inversión tiene la responsabilidad de gestionar la información que le corresponde y debe implementar su propio proceso para supervisar la creación y coordinación de dicha información. Así mismo, es crucial que se respete el método de transferencia de información aprobado para la inversión.

Figura 22. Ventajas de CDE.



Fuente: Euskal trenbide sarea (2020)

Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

3.14.3. Sistema de Metadatos de archivos

La codificación establece una identificación fija para determinados elementos, permitiendo que la búsqueda de información sea mejorada y eficiente.

Proyecto: Se establecerá un código para el proyecto.

Tramo de Proyecto: Código que define el tramo del proyecto.

Tipo de Archivo: Identificará que tipo de documento será como Modelo BIM, plano, memoria, informe, ficha técnica, hoja de cálculo, etc.

Numero de Documento: Se definirá un numero secuencial del archivo.

Disciplina: Código que define la especialidad a la que esta enfocada, arquitectónico, ingenierías, etc.

Descripción: Breve descripción del archivo.

Versión: versión en la que se encuentra el archivo.

Estado: Estado en el que se encuentra, progreso, revisión, aprobado, etc.

1.1.1.1. Estructura del sistema de codificación de Archivos

Tabla 9. Sistema de codificación de archivos.

Proyecto	Tramo de Proyecto	Tipo de Archivo	Disciplina	Número de Doc.	Descripción	Versión	Estado
TIP_ARQ	T01	BIM	TRA	001	-	V01	A
Codigo de Proyecto	Tramo 1	Modelo BIM nativo	Trazado	Número 1	N/A	Versión 1	Aprobado
TIP_ARQ-T01-BIM-TRA-001-V01-A							

Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

1.1.1.2. Tipos de Archivos

Tabla 10. Listado de Tipos de Archivo.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
SI	Archivo de Simulación
CI	Cálculo
GT	Cronograma de Actividades
GP	Cuadro de Precios
FL	Diagrama de Flujos
PY	Documento de Proyecto
EN	Encuesta
SP	Especificación o requisito
ET	Estudio Técnico
FR	Ficha de referencia
FT	Formato/Formulario/Plantilla
IM	Imagen
MN	Manual
MP	Mapa
MD	Mediciones
MM	Memoria
MY	Metodología, Manual, Procedimiento, Instrucción (Técnico)
M3	Modelo 3D
BIM	Modelo BIM
IFC	Modelo BIM en formato abierto IFC
OB	Modelo BIM en formato abierto 'OpenBIM' no IFC
NA	Norma
N0	Nota
NT	Nube de Puntos
OR	Organigrama
PL	Plano

PO	Portada
UN	Precios Unitarios
PRE	Presentación
PRO	Presupuesto
PS	Proceso
RE	Resumen de presupuesto

Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

1.1.1.3. Disciplinas

Tabla 11. Listado de Disciplinas.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
AN	Análisis y Estrategia
AR	Arquitectura
CR	Carreteras
DR	Drenaje
EC	Eficiencia Energética
ST	Estructuras
FO	Fontanería
GT	Geotecnia
PM	Gestión de Proyecto
GIS	GIS
EI	Instalaciones Eléctricas
MC	Instalaciones Mecánicas
IS	Instalaciones de Sistemas
MD	Múltiples Disciplinas
CV	Obra Civil
PS	Paisajismo

PR	Presupuestos
PCI	Protección Contra Incendios
SE	Señalización
SC	Seguridad
SV	Servicios
SO	Sostenibilidad
TI	Tecnologías de la Información

Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

1.1.1.4. Estado

Tabla 12. Listado de Estados

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
BO	Borrador (Estado Inicial, trabajo en desarrollo)
S1	Válido para coordinación (archivos válidos para ser compartidos y usados por otras disciplinas)
A	Aprobado (archivos válidos para su uso por todos los agentes intervinientes en el proceso)
B	Aprobado con comentarios (Archivos aprobados pero con comentarios a revisar para la siguiente entrega)
Z	Rechazado (Archivos no aprobados)
R	Archivado (Archivos archivados para usos futuros)

Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

CAPITULO 4

Resultados

4. Capítulo 4: Resultados de aplicación

Este capítulo se enfoca en presentar los resultados obtenidos durante la implantación de un Manual BIM en un proyecto arquitectónico académico. Se realizará una comparación entre el flujo de trabajo tradicional, caracterizado por la utilización de herramientas y métodos convencionales, y el flujo de trabajo BIM, basado en la colaboración, la integración de información y la visualización tridimensional.

Se examinarán los resultados obtenidos al implementar el Manual BIM en el proceso académico de diseño arquitectónico, considerando aspectos como la eficiencia, la precisión, la coordinación y la comunicación entre los diferentes actores involucrados, como estudiantes, profesores y personal de apoyo.

4.1. Resultados

Una vez finalizada la etapa de diseño, se llevó a cabo un análisis detallado de los días empleados en el desarrollo del proyecto, considerando las tres fases correspondientes. Los detalles de esta cuantificación se encuentran presentados en la Tabla 13, donde se registran los días utilizados en cada etapa del diseño.

En el enfoque de diseño Tradicional, se dedicaron 7 días calendario para llevar a cabo los dibujos en 2D y 3D, generando los planos arquitectónicos que se adjuntan en los anexos correspondientes. A continuación, se procedió al cálculo de las cantidades de los diferentes elementos seleccionados. El tiempo total empleado en esta fase fue de 8 días calendario.

En el caso del sistema BIM, se aplicó la misma metodología, considerando los días requeridos para cada una de las etapas, tal como se refleja en la Tabla 13. En la etapa de diseño de vivienda, se necesitaron 3 días calendario para asignar las propiedades paramétricas a cada uno de los bloques utilizados en el diseño. Para el cálculo de las cantidades, se destinaron 2 días, ya que el programa exporta esta información en un

archivo ".txt". Fue necesario analizar detenidamente la información generada por el software Revit.

Tabla 13. Tiempo de ejecución de proyecto académico Metodología Tradicional vs Metodología BIM- Vivienda

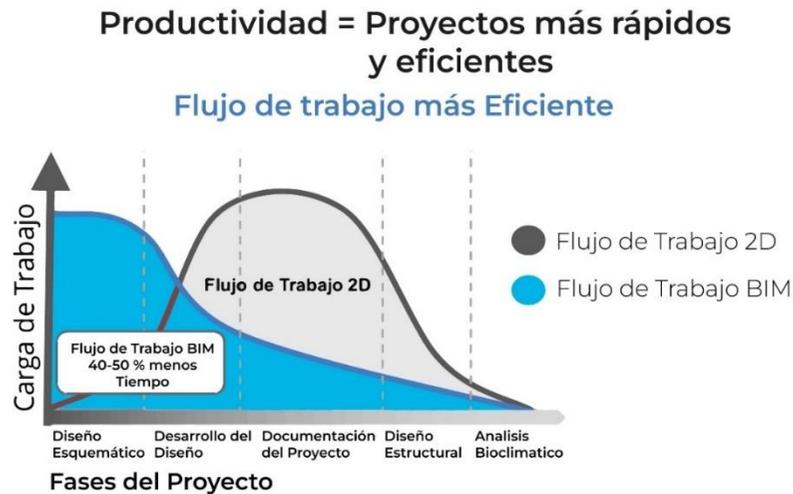
ETAPAS		MÉTODO	
		TRADICIONAL	BIM
DISEÑO DE VIVIENDA	DÍAS TRABAJADOS	7	3
	PORCENTAJE TOTAL	100%	42.86%
CALCULO DE CANTIDADES	DÍAS TRABAJADOS	8	2
	PORCENTAJE TOTAL	100%	25%
PRESUPUESTO	DÍAS TRABAJADOS	5	2
	TOTAL PARCIAL	100%	40%
TOTAL	DÍAS	20 DÍAS	7 DÍAS
	PORCENTAJE TOTAL	100%	35%

Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

4.1.1. Flujo de Trabajo BIM frente a Flujo de Trabajo CAD o 2D

El flujo de trabajo BIM representa un avance significativo en comparación con el flujo de trabajo CAD o 2D tradicional. Mientras que el flujo de trabajo CAD se basa en la creación de dibujos bidimensionales independientes para cada disciplina, el flujo de trabajo BIM se fundamenta en un modelo digital tridimensional integrado que abarca todas las disciplinas del proyecto. Esto permite una mayor coordinación y colaboración entre los diferentes actores involucrados, ya que todos trabajan en un mismo entorno virtual compartido. Además, el flujo de trabajo BIM permite la extracción automática de información y la generación de documentación precisa y actualizada a partir del modelo central. Esto ahorra tiempo y reduce los errores derivados de la duplicación manual de datos en diferentes planos. En resumen, el flujo de trabajo BIM supera al flujo de trabajo CAD al proporcionar una mayor integración, colaboración, eficiencia y precisión en todas las etapas del proyecto.

Figura 23. Flujo de Trabajo BIM vs Flujo de Trabajo 2D.

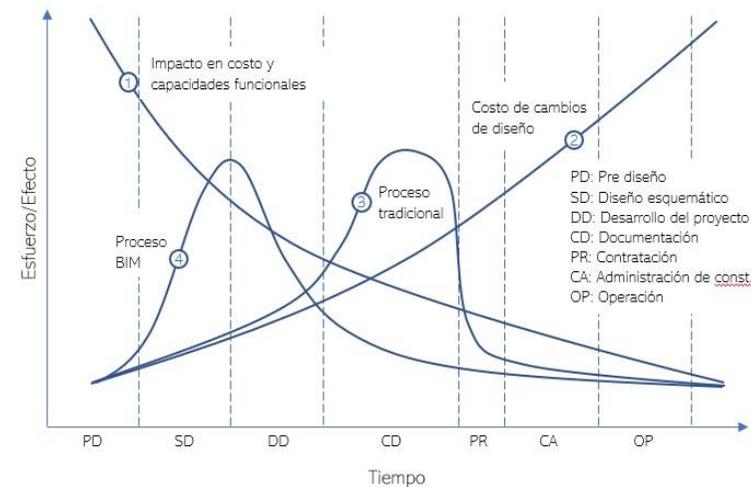


Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

La implementación del flujo BIM en un proyecto arquitectónico ha demostrado tener un impacto significativo en el tiempo de diseño y los

costos asociados. Gracias a la naturaleza colaborativa y basada en modelos del BIM, se ha logrado una mayor eficiencia en el proceso de diseño, lo que ha llevado a reducir el tiempo requerido para completar las diferentes etapas del proyecto. Además, la coordinación mejorada entre los diferentes equipos de diseño y construcción ha permitido una detección temprana de conflictos y errores, lo que a su vez ha evitado retrabajos y retrasos costosos. En términos de costos, el BIM ha demostrado ser una herramienta valiosa para estimar con mayor precisión los recursos necesarios, lo que ayuda a evitar desviaciones y gastos imprevistos. Además, al facilitar una mejor comunicación y colaboración, se han logrado optimizaciones en el uso de materiales y recursos, lo que se traduce en una reducción de costos significativa. En resumen, el flujo BIM ha demostrado ser una estrategia eficiente y rentable para el diseño y construcción de proyectos arquitectónicos, permitiendo ahorrar tiempo y minimizar los costos asociados.

Figura 24. Curva de MacLeamy.



Fuente: Rodríguez (2018)

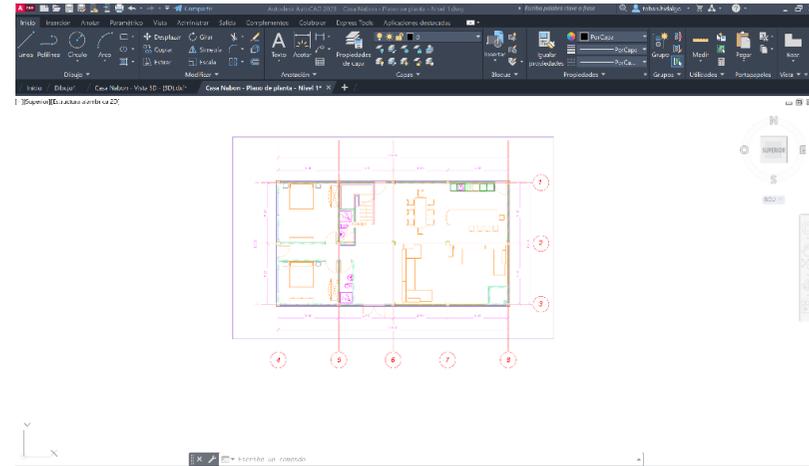
Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

1.1.2. Diseño

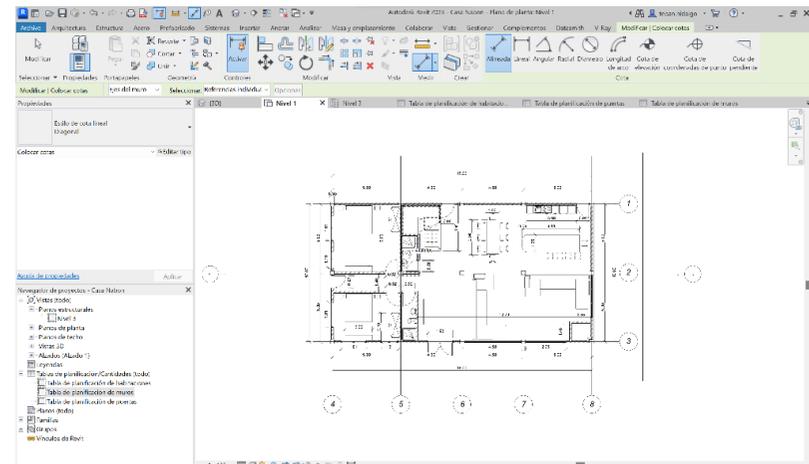
La metodología tradicional de diseño de proyectos se basa en el uso de documentación en papel, planos bidimensionales y una comunicación limitada entre los diferentes actores del proyecto. Este enfoque puede generar dificultades en la coordinación y la detección de posibles problemas, ya que los cambios deben ser realizados manualmente en cada uno de los planos. Por otro lado, el método BIM revoluciona esta forma de trabajar al permitir la creación de un modelo virtual tridimensional que integra todos los aspectos del proyecto, desde la arquitectura hasta la ingeniería y la construcción. El modelo BIM permite una colaboración más estrecha entre los equipos, facilita la detección temprana de conflictos y errores, y proporciona una visión global y precisa del proyecto en todas sus etapas. Además, el método BIM permite la simulación y el análisis de diversas variables, lo que ayuda a optimizar el diseño y a tomar decisiones más informadas.

Figura 25. Método tradicional vs Método BIM- Diseño

Método Tradicional



Método BIM



Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

4.1.2. Cálculo de cantidades de obra y presupuesto.

El método tradicional de cálculo de cantidades y presupuesto en un proyecto se caracteriza por ser un proceso manual y fragmentado, donde se deben recopilar y revisar múltiples documentos para obtener la información necesaria. Esto puede llevar a errores, omisiones y falta de precisión en el cálculo de cantidades y estimación de costos. Además, los cambios realizados en el diseño requieren ajustes manuales en cada uno de los documentos, lo que genera un aumento en el tiempo y los recursos dedicados a esta tarea. Por otro lado, el método BIM transforma este proceso al permitir la extracción automática de cantidades y la generación de presupuestos a partir del modelo digital del proyecto. Al contar con información detallada y actualizada en tiempo real, el cálculo de cantidades y presupuesto se vuelve más preciso, eficiente y consistente. Además, los cambios realizados en el diseño se reflejan automáticamente en el modelo BIM, lo que facilita la actualización automática de las cantidades y los costos asociados.

Figura 26. Método tradicional vs Método BIM- Cálculo de cantidades y presupuesto.

Método Tradicional

ITEM	DESCRIPCION	UNID	CANTID	P. UNID	TOTAL
1 OBRAS PRELIMINARES					
1.1 PRELIMINARES					
1.1.1	Cerramiento provisional de madera plywood H= 2,20 m	m	432,43	26,12	11.817,47
1.1.2	Sanitaria de obra de madera, incluye cubierta de zinc	m ²	39,80	33,73	1.341,28
1.1.3	Baldos de obra de madera	m ²	49,00	32,89	1.612,81
1.1.4	Guardaño	m ²	18,40	35,73	657,63
1.1.5	Desbroce y limpieza del terreno con maquinaria	m ²	6.764,57	58,36	394.847,81
1.1.6	Requiseno y nivelación	m ²	13.529,74	7,28	98.507,54
1.1.7	Instalación provisional eléctrica	u	2,00	256,67	513,34
1.1.8	Instalación provisional de agua	u	2,00	202,38	404,78
1.1.9	Desplazo de materiales hasta 6km, incluye transporte y cargado mecánico	m ³	5.086,43	38,86	196.549,96
1.1.10	Soterrarlos hasta 6m	m ³	5.086,43	0,36	1.831,44
2 CIMENTACION					
2.1 EXCAVACION					
2.1.1	Excavación en máquina suelo sin clasificar	m ³	74.977,39	1,52	112.965,64
2.1.2	Excavación a máquina suelo conglomerado	m ³	18.744,45	4,98	93.534,30
2.1.3	Traslado de suelos continuos en sub suelo	m ³	4.449,08	3,84	17.084,47
2.1.4	Cargado mecánico	m ³	123.838,28	1,26	156.035,01
2.1.5	Desplazo de materiales hasta 6km, incluye transporte y cargado mecánico	m ³	123.838,28	0,88	1.091,39
2.1.6	Subsanar, conformación y compactación con equipo liviano	m ²	385,81	3,24	1.250,02
2.1.7	Subsanar, conformación y compactación con equipo liviano con material de reemplazamiento	m ²	385,81	0,71	2.738,05
2.1.8	Soterrarlos hasta 6m	m ³	123.838,28	0,36	47.518,92
2.2 CIMENTACION					
2.2.1	Excavación de MPD (Q=180 kg/m ³ espesor = 5 cm	m ³	20,94	176,34	3.693,96
2.2.2	Excavación a máquina suelo conglomerado	m ³	334,82	4,98	1.676,75
2.2.3	Suministro e instalación de zapata prefabricada Tipo Z1	u	1,00	8.788,05	8.788,05
2.2.4	Suministro e instalación de zapata prefabricada Tipo Z2	u	1,00	17.198,20	17.198,20
2.2.5	Suministro e instalación de zapata prefabricada Tipo Z3	u	2,00	17.198,20	34.396,40
2.2.6	Suministro e instalación de zapata prefabricada Tipo Z4	u	1,00	34.210,52	34.210,52
2.2.7	Suministro e instalación de zapata prefabricada Tipo Z5	u	2,00	34.210,52	68.421,04

Método BIM

ITEM	DESCRIPCION	UNID	CANTID	P. UNID	TOTAL
1 OBRAS PRELIMINARES					
1.1 PRELIMINARES					
1.1.1	Cerramiento provisional de madera plywood H= 2,20 m	m	432,43	26,12	11.817,47
1.1.2	Sanitaria de obra de madera, incluye cubierta de zinc	m ²	39,80	33,73	1.341,28
1.1.3	Baldos de obra de madera	m ²	49,00	32,89	1.612,81
1.1.4	Guardaño	m ²	18,40	35,73	657,63
1.1.5	Desbroce y limpieza del terreno con maquinaria	m ²	6.764,57	58,36	394.847,81
1.1.6	Requiseno y nivelación	m ²	13.529,74	7,28	98.507,54
1.1.7	Instalación provisional eléctrica	u	2,00	256,67	513,34
1.1.8	Instalación provisional de agua	u	2,00	202,38	404,78
1.1.9	Desplazo de materiales hasta 6km, incluye transporte y cargado mecánico	m ³	5.086,43	38,86	196.549,96
1.1.10	Soterrarlos hasta 6m	m ³	5.086,43	0,36	1.831,44
2 CIMENTACION					
2.1 EXCAVACION					
2.1.1	Excavación a máquina suelo sin clasificar	m ³	74.977,39	1,52	112.965,64
2.1.2	Excavación a máquina suelo conglomerado	m ³	18.744,45	4,98	93.534,30
2.1.3	Traslado de suelos continuos en sub suelo	m ³	4.449,08	3,84	17.084,47
2.1.4	Cargado mecánico	m ³	123.838,28	1,26	156.035,01
2.1.5	Desplazo de materiales hasta 6km, incluye transporte y cargado mecánico	m ³	123.838,28	0,88	1.091,39
2.1.6	Subsanar, conformación y compactación con equipo liviano	m ²	385,81	3,24	1.250,02
2.1.7	Subsanar, conformación y compactación con equipo liviano con material de reemplazamiento	m ²	385,81	0,71	2.738,05
2.1.8	Soterrarlos hasta 6m	m ³	123.838,28	0,36	47.518,92
2.2 CIMENTACION					
2.2.1	Excavación de MPD (Q=180 kg/m ³ espesor = 5 cm	m ³	20,94	176,34	3.693,96
2.2.2	Excavación a máquina suelo conglomerado	m ³	334,82	4,98	1.676,75
2.2.3	Suministro e instalación de zapata prefabricada Tipo Z1	u	1,00	8.788,05	8.788,05
2.2.4	Suministro e instalación de zapata prefabricada Tipo Z2	u	1,00	17.198,20	17.198,20
2.2.5	Suministro e instalación de zapata prefabricada Tipo Z3	u	2,00	17.198,20	34.396,40
2.2.6	Suministro e instalación de zapata prefabricada Tipo Z4	u	1,00	34.210,52	34.210,52
2.2.7	Suministro e instalación de zapata prefabricada Tipo Z5	u	2,00	34.210,52	68.421,04

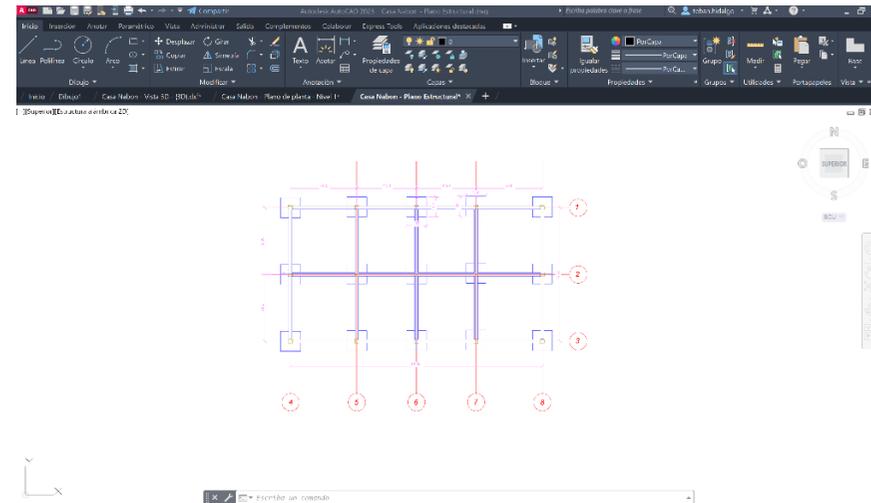
Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

1.1.3. Estructura

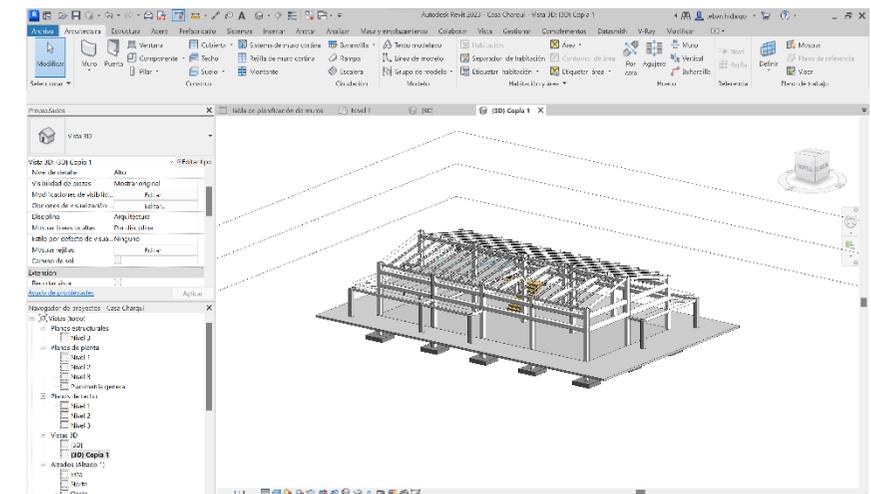
El método tradicional de diseño de estructuras en un proyecto se basa en cálculos manuales y el uso de planos bidimensionales. Este enfoque puede ser propenso a errores y dificultades en la coordinación entre los diferentes actores del proyecto, ya que las modificaciones en el diseño requieren ajustes manuales en cada uno de los planos y cálculos asociados. Por otro lado, el método BIM revoluciona este proceso al permitir la creación de un modelo tridimensional virtual que integra la información estructural de manera coherente y precisa. El modelo BIM permite una visualización detallada de la estructura, facilitando la detección de posibles problemas y la optimización del diseño. Además, el modelo BIM es paramétrico, lo que significa que los cambios realizados en un elemento se actualizan automáticamente en todos los demás elementos relacionados. Esto agiliza el proceso de diseño y garantiza una mayor precisión en los cálculos estructurales.

Figura 27. Método tradicional vs Método BIM- Estructura.

Método Tradicional



Método BIM



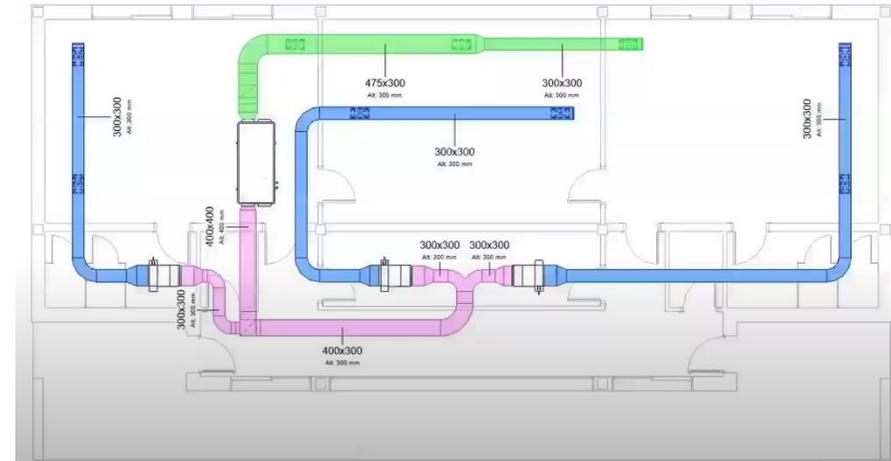
Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

1.1.4. Integración entre disciplinas

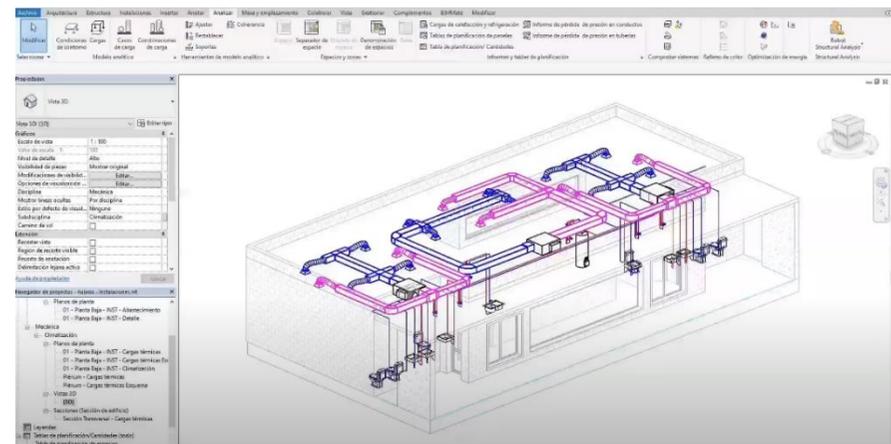
El método tradicional de diseño de instalaciones en un proyecto se caracteriza por ser un proceso fragmentado y con limitada colaboración entre las disciplinas involucradas. En este enfoque, cada disciplina desarrolla sus propios planos e información de forma independiente, lo que puede generar problemas de coordinación, incompatibilidades y dificultades para detectar posibles conflictos. Por otro lado, el método BIM revoluciona este proceso al permitir la creación de un modelo digital que integra todas las instalaciones en un único entorno virtual. Esto facilita la colaboración y la comunicación entre las disciplinas, ya que cualquier cambio realizado en una instalación se actualiza automáticamente en todo el modelo, lo que garantiza la coherencia y la coordinación entre las diferentes partes del proyecto. Además, el modelo BIM permite la simulación y el análisis de las instalaciones, lo que ayuda a identificar posibles problemas y a optimizar su rendimiento.

Figura 28. Método tradicional vs Método BIM- Integración entre disciplinas.

Método Tradicional



Método BIM



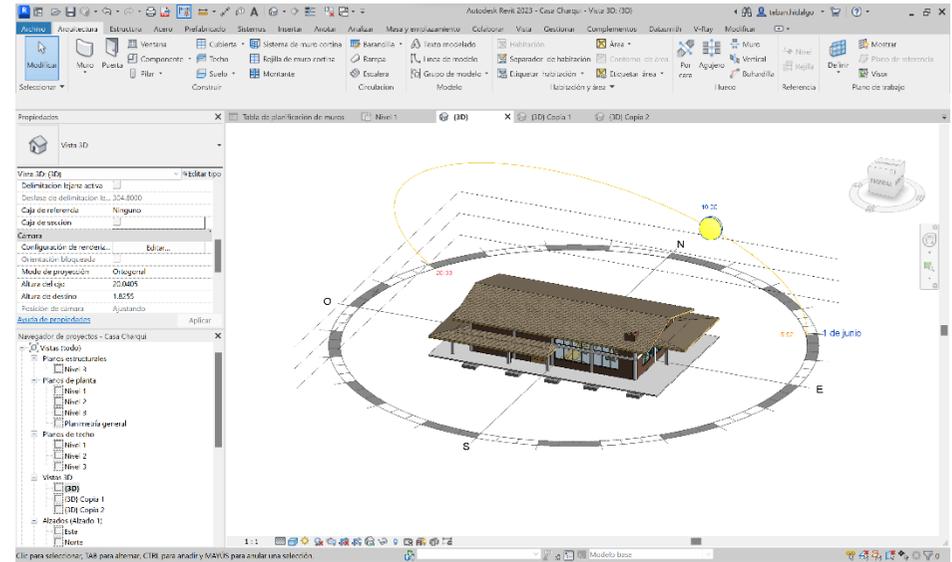
Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

1.1.5. Análisis Bioclimático

El método tradicional de análisis bioclimático en un proyecto se basa en cálculos y estimaciones manuales, lo que puede llevar a resultados imprecisos y limitada comprensión de los aspectos bioclimáticos del diseño. Este enfoque puede dificultar la identificación de oportunidades de diseño que mejoren el rendimiento energético y el confort térmico del edificio. Por otro lado, el método BIM revoluciona este proceso al permitir la incorporación de herramientas y simulaciones avanzadas directamente en el modelo digital del proyecto. Esto facilita el análisis y la evaluación exhaustiva de variables bioclimáticas, como la radiación solar, el viento y la sombra, permitiendo la optimización del diseño para maximizar la eficiencia energética y el confort ambiental. Además, el modelo BIM permite la realización de análisis en tiempo real, lo que facilita la toma de decisiones informadas y la evaluación de estrategias de diseño alternativas.

Figura 29. Método tradicional vs Método BIM- Análisis Bioclimático.

Método BIM



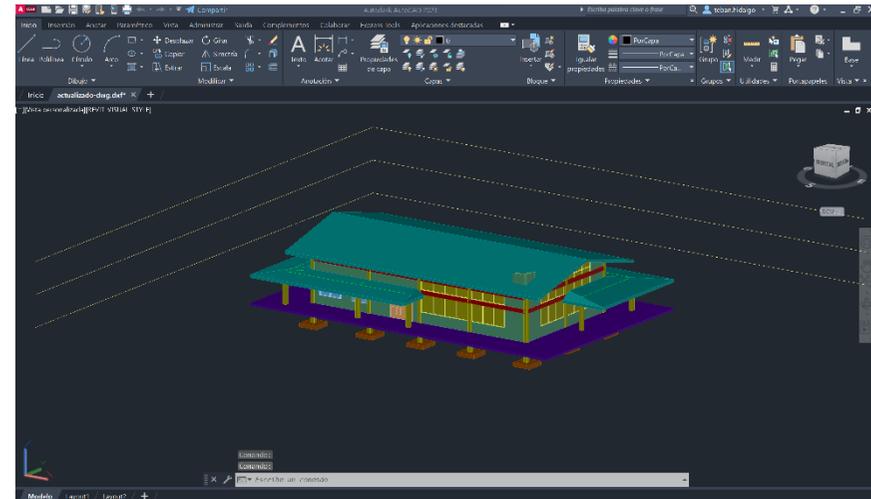
Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.

1.1.1. Visualización

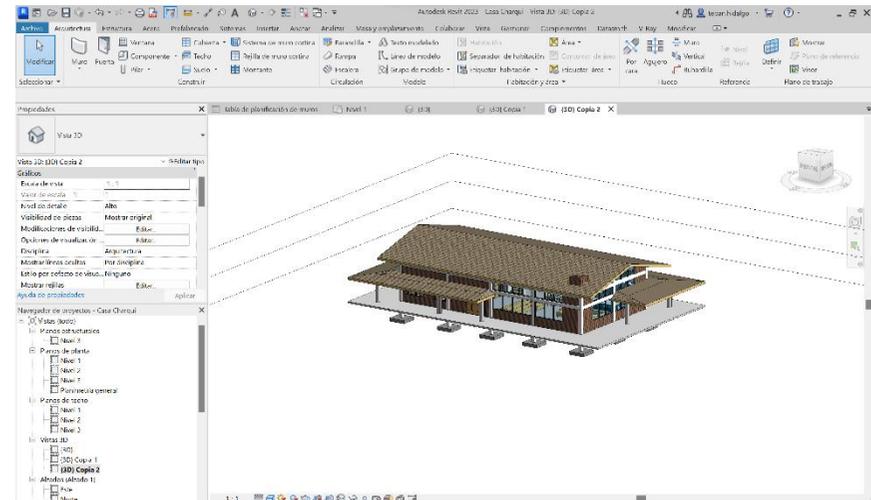
El método tradicional de visualización de un proyecto se basa en representaciones bidimensionales y maquetas físicas, lo que limita la capacidad de comprensión y apreciación del diseño en su totalidad. Estas representaciones pueden resultar estáticas y no capturar de manera efectiva la experiencia espacial y visual del proyecto. Por otro lado, el método BIM revoluciona este proceso al permitir la creación de modelos tridimensionales altamente detallados y realistas. Estos modelos BIM ofrecen una visualización inmersiva y dinámica del proyecto, permitiendo a los diseñadores explorar y evaluar el diseño desde diferentes perspectivas y en tiempo real. Además, el modelo BIM puede ser enriquecido con información adicional, como texturas, materiales y efectos de iluminación, lo que contribuye a una representación visual más precisa y completa del proyecto.

Figura 30. Método tradicional vs Método BIM – Visualización.

Método Tradicional



Método BIM



Elaboración: Hidalgo. Universidad de Cuenca, 2023.



Conclusiones y Recomendaciones

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

Aunque la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción en Ecuador ha ido adoptando gradualmente la tecnología BIM en los últimos años, aún se encuentra en una fase de desarrollo. Por tanto, es necesario reflexionar y seguir planteando desafíos y metas para avanzar en una implementación adecuada de BIM desde el inicio de la formación profesional, aprovechando el conocimiento de los países más avanzados en el uso de esta herramienta y metodología, teniendo en cuenta las diferencias y particularidades de cada caso.

La metodología BIM plantea una transformación significativa en la gestión de proyectos al permitir el desarrollo de un modelo digital enriquecido con información de producto, el cual es colaborativamente construido por todos los actores involucrados. Para lograr una implementación exitosa de BIM.

Se debe establecer políticas que faciliten la adopción de esta nueva tecnología, junto con la capacitación de un equipo de trabajo comprometido. Esto implica la creación de directrices y normativas internas que promuevan la incorporación de BIM en los proyectos, así como brindar la formación adecuada tanto a los empleados internos como a los colaboradores externos. Es esencial contar con líderes que impulsen y respalden la adopción de BIM en todas las fases del proyecto.

Adequar los procesos en los cuales BIM va a intervenir. Esto implica revisar y ajustar los flujos de trabajo existentes para aprovechar al máximo las capacidades colaborativas y la interoperabilidad de la metodología BIM. Es necesario fomentar la comunicación y la colaboración entre los diferentes actores, estableciendo procedimientos claros y definidos para el intercambio de información y la coordinación de tareas.

Contar con las herramientas adecuadas, tanto a nivel de software, hardware y equipos de visualización. Es esencial disponer de herramientas tecnológicas que permitan la creación, manipulación y gestión efectiva del modelo BIM. Esto incluye la selección de software BIM adecuado, la

adquisición de hardware con capacidades suficientes para manejar los requerimientos del modelo y la disponibilidad de equipos de visualización que permitan una correcta interpretación y comunicación de la información contenida en el modelo.

La implementación y adopción de la metodología BIM implica una serie de pasos preliminares fundamentales, que es importante tener en cuenta. Estos pasos son:

- Definir los objetivos tanto a nivel de las facultades educativas como de los proyectos concretos. Esto implica identificar de manera clara y precisa qué se espera lograr con la implementación de BIM, tanto a nivel académico como en el ámbito de los proyectos arquitectónicos. Establecer metas específicas y medibles ayudará a orientar el proceso y evaluar su éxito posteriormente.
- Establecer un lenguaje común de procesos a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto, en relación con el contexto BIM. Esto implica definir y estandarizar los términos, las prácticas y los flujos de trabajo que se utilizarán en el manejo de la información y la colaboración multidisciplinaria durante todas las etapas del proyecto. Es esencial asegurarse de que todos los participantes comprendan y utilicen consistentemente este lenguaje, lo cual facilitará la comunicación y la interoperabilidad entre los diferentes actores del proyecto.
- Definir indicadores para medir el progreso de la implementación de BIM. Estos indicadores deben ser seleccionados cuidadosamente y estar alineados con los objetivos establecidos previamente. Pueden incluir aspectos como la calidad y precisión de los modelos BIM, el grado de colaboración entre los equipos, la eficiencia en la generación y gestión de la información, entre otros. Estos indicadores permitirán evaluar el avance del proyecto y realizar ajustes en el proceso de implementación, en caso necesario, con

el fin de garantizar su éxito y maximizar los beneficios de la metodología BIM.

5.2. Recomendaciones

La visión clara y bien definida de los miembros del equipo BIM es fundamental para lograr una implementación exitosa de la metodología. Esta visión debe comprender tanto los beneficios que la adopción de los procesos de BIM aportará al proyecto académico arquitectónico, como los principales aspectos de transformación y apariencia que se experimentarán en cada etapa de esta evolución. Con el fin de aprovechar plenamente los beneficios de BIM en los proyectos, los responsables de la coordinación y gestión deben dedicar todos los esfuerzos necesarios para posicionar el BIM como parte integral de los objetivos estratégicos del proyecto.

Para una correcta implementación BIM se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

Visión acorde a las aspiraciones, la visión estratégica debe ser lo suficientemente amplia y ambiciosa como para unificar los diversos elementos que conforman el equipo BIM. Si el proyecto piloto de BIM se aborda únicamente como un ejercicio tecnológico de implementación, sin tomar en cuenta la participación de los líderes, los distintos procesos involucrados y la nueva estructura organizativa, no logrará generar el impulso necesario para generar un cambio significativo y, en consecuencia, implementar de manera efectiva BIM en el proyecto arquitectónico académico.

Generar una capacitación adecuada, los líderes encargados de dirigir los equipos de BIM deben poseer conocimiento sobre BIM, lo cual les permitirá evaluar de manera adecuada el impacto efectivo de BIM al establecer las estrategias académicas. Un punto de partida idóneo puede ser buscar el respaldo y la asesoría de un experto confiable que haya logrado éxitos en la implementación de proyectos piloto de BIM. Esta medida proveerá una base sólida y fiable para iniciar de manera efectiva la adopción de BIM en el proyecto arquitectónico académico.

Es fundamental establecer metas decisivas, la definición y planificación de objetivos claros permitirán enfrentar de manera efectiva la incertidumbre inicial asociada a un proyecto que puede parecer de gran magnitud. Al cumplir con estos objetivos, se generarán logros a corto plazo que generarán impulso y fortalecerán los esfuerzos dirigidos a alcanzar el estado deseado en la visión académica.

6. Referencias

- Asociación Española de Normalización y Certificación. (2014). Estándares en Apoyo del BIM. Madrid: AENOR.
- Graphisoft (s/f). Ayuda de Archicad 25. Recuperado de <https://help.graphisoft.com/ac/25/SPA/>
- British Standards Institution BSI. (2016). About BIM Level 2. Recuperado de, de BIM level 2: <http://bim-level2.org/en/>
- British Standards Institution BSI. (2013). PAS 1192-2:2013 Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling. PAS 1192-2:2013. Reino Unido: BSI Standards Limited.
- BuildingSMART (s. f.). ¿Qué es BIM? Spanish Chapter. <https://www.buildingsmart.es/bim/>
- Centre for Digital Built Britain. (2018). About the Centre for Digital Built Britain. Cambridge.
- Fernández, S. B. (2018). Glosario BIM (Building Information Modeling). Espacio BIM. <https://www.espaciobim.com/glosario-bim>
- Autodesk. (2023). Funciones de Autodesk Revit. Recuperado de: <https://www.autodesk.es/products/revit/features>
- Perez, L. (2019). Posibilidades de la Metodología BIM en la Ingeniería Civil (Universidad Politécnica de Madrid). http://oa.upm.es/54370/2/TFM_LUIS_AUGUSTO_PEREZ_GONZALE_Z.pdf
- Madrid, J. A. (2015). Nivel de desarrollo LOD. Definiciones, innovaciones y adaptación a España. Madrid: Building Smart.
- Gonzalez, T. (2019). Interoperabilidad en desarrollo de proyectos BIM, recuperado de: <https://blog.acaddemia.com/interoperabilidad-en-desarrollo-de-proyectosbim/>
- Massachusetts Institute of Technology. (2018). MIT Architecture. Recuperado de: <https://architecture.mit.edu/computation/program/overview>
- Matta, G., & Soto, C. (2022). Estudio de la inclusión de BIM en la educación superior en Chile (1.ª ed.). Recuperado de: <https://planbim.cl>
- McGraw-Hill Construction. (2014). SmartMarket Report The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets. Bedford: McGraw-Hill Construction.
- Prieto, A. P. (2017). Implantación de la tecnología BIM en la asignatura Proyectos de los Grados de Ingenierías Industriales de la Universidad de Extremadura. Estudio de competencias genéricas (Universidad de Extremadura). Recuperado de: <http://dehesa.unex.es/handle/10662/6142>
- Rodríguez, J. (2018, octubre 10). Cómo reducir el coste y el tiempo de ejecución de obras con BIM. Retain Technologies. <https://retaintechnologies.com/como-reducir-coste-tiempo-ejecucion-de-obras-bim/>
- Rubio, P. A. (2017, 4 julio). Implementación de la metodología BIM en licenciatura y posgrado, experiencia de la red académica de PRODEP en diseño-construcción. <http://zaloamati.azc.uam.mx/handle/11191/5309>
- Seys. (2019, marzo 12). Common Data Environment (CDE) y la gestión colaborativa de datos de un proyecto BIM [Infografía]. Seys. <https://seystic.com/infografia-common-data-environment-cde-y-la-gestion-colaborativa-de-documentos-de-un-proyecto-bim/>
- The Higher Education Academy. (2013). Embedding Building Information Modelling (BIM) within the taught curriculum. York: The Higher Education Academy.
- U.S. General Services Administration GSA. (Mayo de 2007). GSA's national 3d-4d-bim program. GSA BIM Guide Series. Washington, Estado Unidos: U.S. General Services Administration .

Universidad Internacional del Ecuador. (2018). Facultad de Arquitectura (CipArq). Obtenido de Malla Curricular Quito: https://uide.edu.ec/media/3788/2_malla_arq_2018.pdf

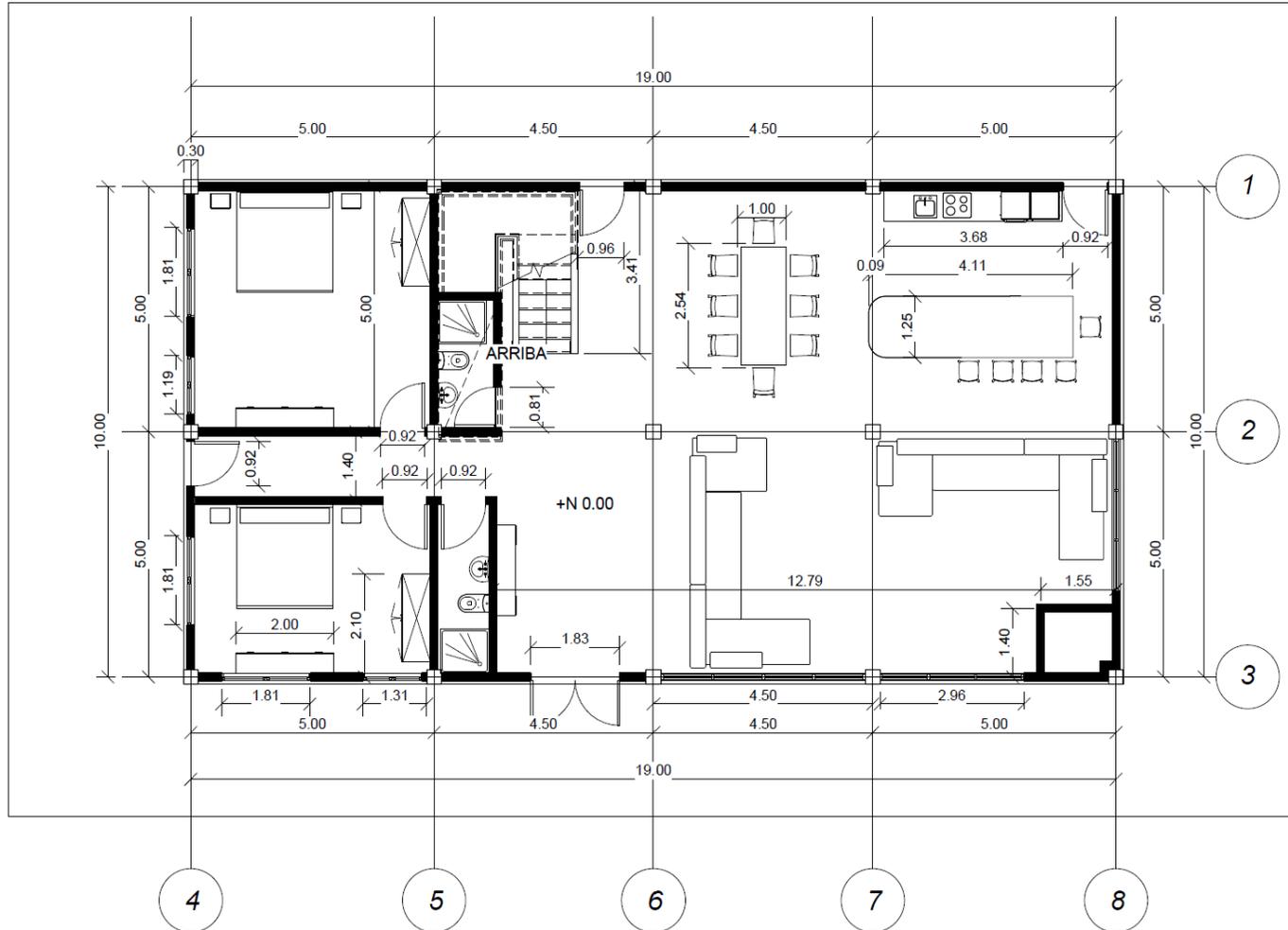
VICSAN. (2021). Universo Vicsan, Recuperado de: <https://universovicsan.com/articulo/historia-del-bim/>



Anexos

7. Anexos

Anexo 1. Documentación – Planos arquitectónicos – Planta Baja

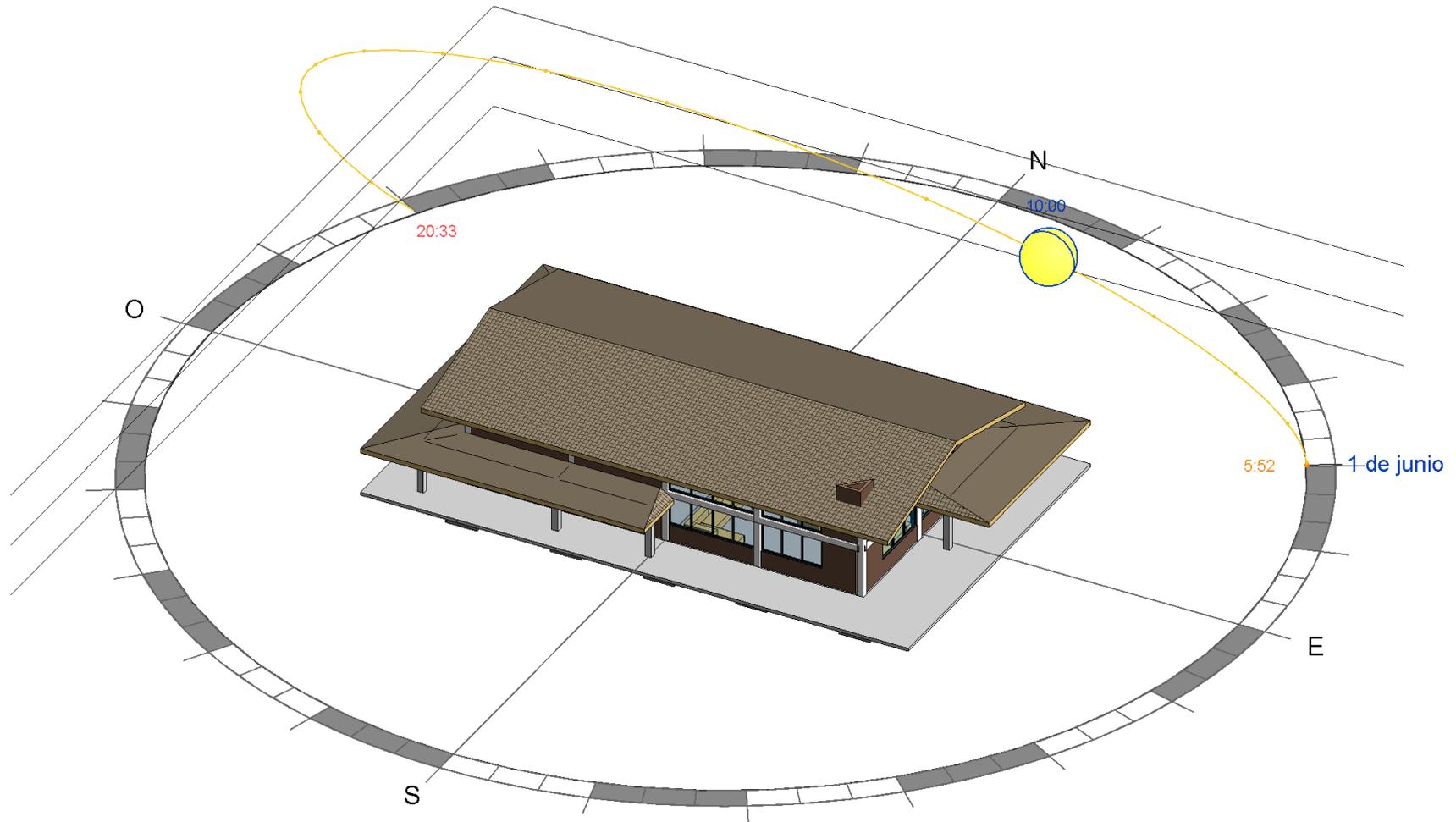


Planta Baja

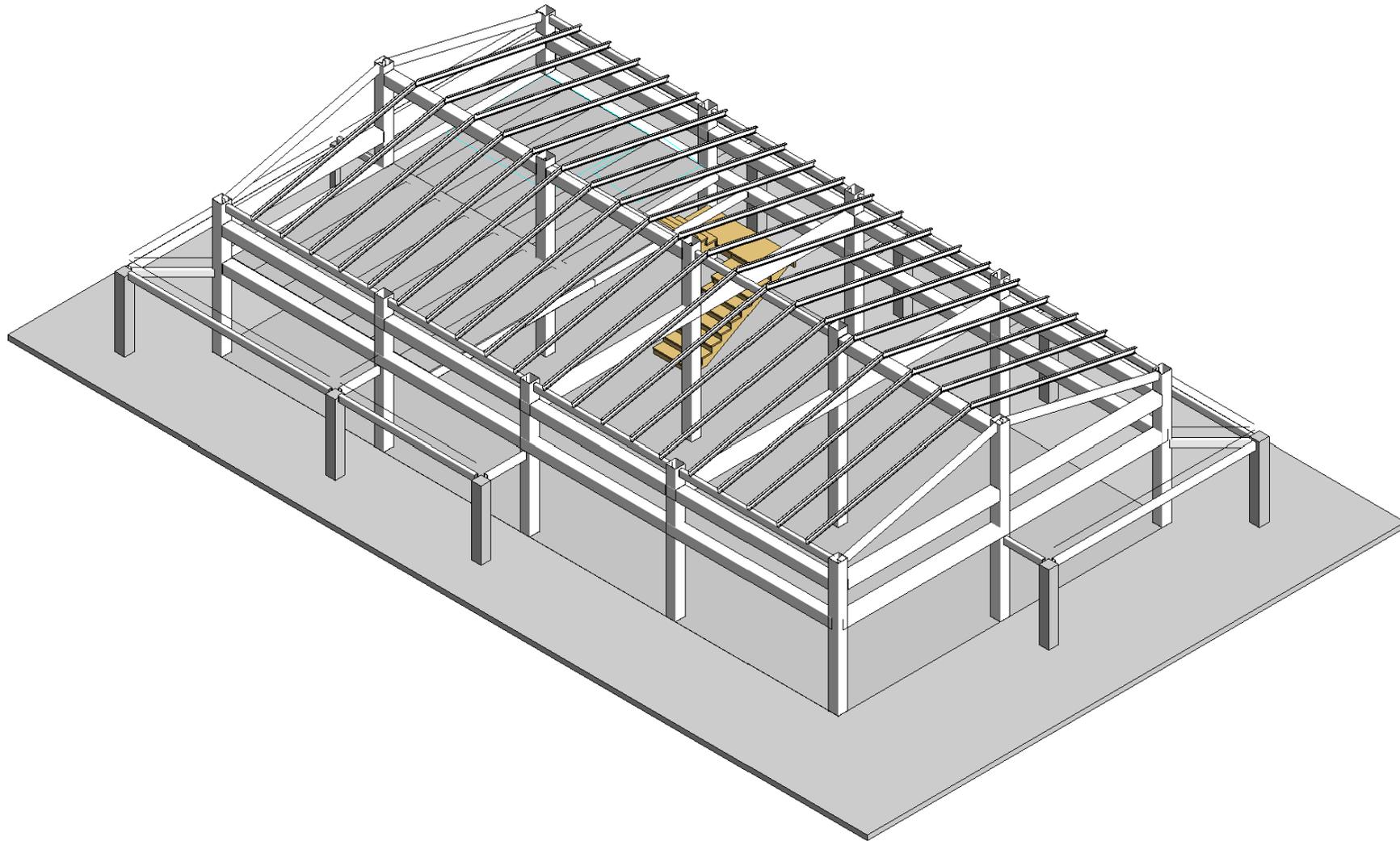
Anexo 3. Documentación – Presupuestación de Proyecto arquitectónico académico.

PRESUPUESTO						
Ítem	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
1		PRELIMINARES				1.011,40
1.1		LIMPIEZA DEL TERRENO				1.011,40
1.1.1	500010	Análisis de suelo	u	1,00	600,00	600,00
1.1.2	502ALF	Desbroce y limpieza	m2	242,00	1,70	411,40
2		ESTRUCTURAL				78.539,19
2.1		CIMENTACIONES				7.623,70
2.1.1	502921	Hormigon premezclado f´c=210 kg/cm2	m3	18,38	111,00	2.039,63
2.1.2	501002	Acero de refuerzo, fy=4200Kg/cm2	kg	1.980,51	2,40	4.753,22
2.1.3	501427	Encofrado de madera recto (2 usos)	m2	60,25	13,79	830,85
2.2		COLUMNAS				12.413,27
2.2.1	501Z1S	Acero estructural en perfiles, suministro y	kg	4.077,09	2,50	10.192,73
2.2.2	502921	Hormigon premezclado f´c=210 kg/cm2	m3	1,62	111,00	179,82
2.2.3	501002	Acero de refuerzo, fy=4200Kg/cm2	kg	788,25	2,40	1.891,79
2.2.4	501427	Encofrado de madera recto (2 usos)	m2	10,80	13,79	148,93
2.3		VIGAS				34.377,85
2.3.1	501Z1S	Acero estructural en perfiles, suministro y	kg	13.751,14	2,50	34.377,85
2.4		LOSAS				17.900,51
2.4.1	502AWL	Losa de hormigón con placa colaborante	m2	255,72	69,95	17.887,61
2.4.2	505227	Contrapiso fc=210kg/cm2	m2	1,00	12,90	12,90
2.5		CUBIERTA				6.223,86
2.5.1	502AWN	Cubierta con estructura de hierro, OSB, teja	m2	106,30	47,58	5.057,75
2.5.2	505120	Impermeabilización con laminas asfálticas	m2	106,30	10,97	1.166,11
3		ACABADOS Y CARPINTERÍA				30.044,81
3.1		MUROS				11.057,00
3.1.1	502A0D	Mampostería de Ladrillo con mortero 1:3	m2	231,42	38,70	8.955,95
3.1.2	501Z1R	Ventana marco de aluminio y panel de vidrio	m2	66,70	31,50	2.101,05
3.2		PISOS				13.550,61
3.2.1	505110	Contrapiso fc=180kg/cm2	m2	255,72	11,23	2.871,74
3.2.2	501210	Pisos de porcelanato	m2	255,72	41,76	10.678,87
3.3		CIELO RASO				3.703,65
3.3.1	501Z1U	Cielo raso gypsum, incluye estructura,	m2	246,91	15,00	3.703,65
3.4		MOBILIARIO FIJO	U	1,00	0,00	0,00
3.5		PUERTAS Y VENTANAS				1.733,55
3.5.1	501Z1P	Puertas exteriores PINO	u	4,00	189,00	756,00
3.5.2	501Z1Q	Puertas interiores PINO	u	8,00	84,00	672,00
3.5.3	501Z1R	Ventana marco de aluminio y panel de vidrio	m2	9,70	31,50	305,55
4		INSTALACIONES				300,00
4.1		INSTALACIONES ELECTRICAS				300,00
4.1.1	500011	Instalaciones eléctricas	u	1,00	300,00	300,00
SUBTOTAL						109.895,40
IVA						13.187,45
TOTAL						123.082,85

Anexo 4. Documentación – Análisis Bioclimático – Proyecto arquitectónico académico



Anexo 5. Documentación – Modelo Estructural - Proyecto arquitectónico académico



Anexo 6. Documentación – Modelo Tridimensional - Proyecto arquitectónico académico



Anexo 7. Documentación – Render- Proyecto arquitectónico académico

