

Pasantía de investigación con base en una metodología BIM para mantenimiento de edificaciones educativas.

Nicole Vanessa Beleño Guzmán

Trabajo de Grado para Optar al Título de ingeniera civil

Director

Guillermo Mejía Aguilar

PhD en Ingeniería de la Construcción

Codirector

Johann Alberto Duque Mogollón

Ingeniero civil

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2024

### **Dedicatoria**

Este trabajo de grado no solo refleja mi esfuerzo y dedicación, si no el apoyo de muchas personas que durante todos estos años aportaron a mi vida cariño, inspiración, conocimiento y crecimiento personal. Lo dedico a todos aquellos que se cruzaron en mi camino, a mi familia por siempre estar para mí y por ser parte del motor que me impulsa a seguir adelante. Definitivamente puedo decir con certeza que no habría logrado con éxito este triunfo sin ninguno de ellos. Son muchos los nombres que merecen estar aquí, pero principalmente quiero destacar a mi mamá y mi hermana, Marisela y Camila, quienes me han enseñan la verdadera fortaleza y han estado conmigo paso a paso.

### **Agradecimientos**

Este trabajo de grado no solo refleja mi esfuerzo y dedicación, si no el apoyo de muchas personas que durante todos estos años aportaron a mi vida cariño, inspiración, conocimiento y crecimiento personal. Gracias a todos ellos por cruzarse en mi camino, gracias a mi familia por siempre estar para mí y gracias por ser parte del motor que me impulsa a seguir adelante. Definitivamente puedo decir con certeza que no habría logrado con éxito este triunfo sin ninguno de ellos. Son muchos los nombres que merecen estar aquí, pero principalmente quiero destacar a mi mamá y mi hermana, Marisela y Camila, quienes me han enseñan la verdadera fortaleza y han estado conmigo paso a paso.

Agradezco a mi director y codirector de pasantía por su orientación y apoyo, que fueron fundamentales para culminar este proyecto.

## Tabla de Contenido

	<b>Pág.</b>
Introducción.....	11
1. Objetivos .....	13
1.1. Objetivo General.....	13
1.2. Objetivos Específicos.....	13
2. Metodología.....	14
2.1. Etapa 1: Identificación de tres métodos para el levantamiento o digitalización de edificaciones existentes. ....	15
1.1.1. Investigación en la literatura científica: .....	15
1.1.2. Clasificación de métodos para el levantamiento y digitalización de edificaciones existentes: 18	
2.2. Etapa 2: Categorización de los sistemas esenciales de las edificaciones existentes..	18
2.3. Etapa 3: Pasos para la generación de un modelo BIM de una edificación educativa existente centrándose en la planificación del mantenimiento. ....	19
3. Resultados. ....	22
3.1. Etapa 1: Identificación de tres métodos para el levantamiento o digitalización de edificaciones existentes. ....	23
3.2. Etapa 2: Categorización de los sistemas esenciales de las edificaciones existentes..	26
3.3. Etapa 3: Pasos para la generación de un modelo BIM de una edificación educativa existente centrándose en la planificación del mantenimiento. ....	34
4. Conclusiones.....	44
5. Recomendaciones .....	45

Referencias Bibliográficas.....46

Apéndices .....52

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 Matriz de comparación entre los métodos para el levantamiento y digitalización. ....	25
Tabla 2 Evaluación de los sistemas de clasificación.....	31
Tabla 3 Códigos y clasificación de las tablas. ....	33
Tabla 4 Estructura para clasificar las tablas de Uniclass .....	33
Tabla 5 Información faltante del edificio Federico Mamitza Bayer. ....	34
Tabla 6 Estructura del Plan Único de Cuentas. ....	38
Tabla 7 Categorías del nivel 1. ....	39
Tabla 8 Grupos de la clase 1.....	39
Tabla 9 Grupos de la clase 2.....	40
Tabla 10 Grupos de la clase 5.....	40
Tabla 11 Grupos de la clase 7.....	41
Tabla 12 Clasificación del colapso de cubierta .....	42
Tabla 13 Cuenta asignada según el Plan Único de Cuentas. ....	43
Tabla 14 Matriz de integración del PUC y Uniclass 2015. ....	43

## Lista de Figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1 Diagrama de flujo de la metodología para edificación educativas existentes. ....	14
Figura 2 Análisis de documentos de la base de datos .....	15
Figura 3 Diagrama de flujo PRISMA. ....	16
Figura 4 Distribución de publicaciones en cada continente (N=97).....	17
Figura 5 Edificio Federico Mamitza Bayer. ....	22
Figura 6 Placa de nombre y fecha de fundación. ....	23
Figura 7 Sistemas esenciales del edificio Mamitza. ....	27
Figura 8 Sistemas de clasificación en orden cronológico en Suecia, Reino Unido y USA. ....	28
Figura 9 Tablas de Uniclass 2015 .....	30
Figura 10 Escalera externa del edificio Mamitza. ....	36
Figura 11 Área de servicio y de control. ....	36
Figura 12 Plano de planta del primer piso.....	37
Figura 13 Colapso de la cubierta. ....	37

### **Lista de Apéndices**

Apéndice A. Metodología modelo BIM..... El apéndice está adjunto

## Resumen

**Título:** Pasantía de investigación con base en una metodología BIM para mantenimiento de edificaciones educativas.\*

**Autor:** Nicole Vanessa Beleño Guzmán\*\*

**Palabras Clave:** Metodología BIM, digitalización, categorización, Modelo BIM, Sistemas, mantenimiento, Edificaciones existentes.

**Descripción:** La falta de información y actualización de datos en una edificación existente afecta el rendimiento y la eficiencia que pueden tener los procesos de mantenimiento durante la etapa de operación. Estas limitaciones engloban la necesidad de adaptarse a la metodología BIM, la integración de técnicas por falta de documentación y la escasez de disposición frente al intercambio de información de las actividades que componen el mantenimiento. No muy lejos de la problemática se encuentra el edificio Federico Mamitza Bayer ubicada en la Universidad Industrial de Santander, el cual fue fundado en 1974 y que hasta la fecha no cuenta con planos actualizados ni modelos 3D, es por esto que se planteó una metodología para desarrollar un modelo BIM donde abarca desde métodos para el levantamiento y digitalización de datos faltantes hasta la integración del Plan Único de Cuentas (PUC) con un sistema de clasificación internacional seleccionado bajo criterios de interés. Lo anterior se desarrolló en fragmentos de tres etapas que aportarían a mejorar la gestión y actualización de los elementos y sistemas que componen el edificio Federico Mamitza Bayer.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Guillermo Mejía Aguilar. Doctor en gerencia de proyectos de construcción. Codirector: Johann Alberto Duque Mogollón. Estudiante de Maestría de Ingeniería Civil.

### Abstract

**Title:** Research internship based on a BIM methodology for maintenance of educational buildings.\*

**Author:** Nicole Vanessa Beleño Guzmán\*\*

**Key Words:** BIM methodology, digitalization, categorization, BIM model, systems, maintenance, existing buildings.

**Description:** The lack of information and data updating in an existing building affects the performance and efficiency that maintenance processes can have during the operation stage. These limitations include the need to adapt to the BIM methodology, the integration of techniques due to lack of documentation and the lack of willingness to exchange information on the activities that make up the maintenance. Not far from the problem is the Federico Mamitza Bayer building located at the Industrial University of Santander, which was founded in 1974 and to date does not have updated plans or 3D models, which is why a methodology was proposed to develop a BIM model ranging from methods for the survey and digitization of missing data to the integration of the Single Chart of Accounts (PUC) with an international classification system selected under criteria of interest. The above was developed in fragments of three stages that would contribute to improve the management and updating of the elements and systems that make up the Federico Mamitza Bayer building.

---

\* Degree Work

\*\* Faculty of Physicomechanical Engineering. School of Civil Engineering. Director: Guillermo Mejía Aguilar. PhD in construction project management. Co-director: Johann Alberto Duque Mogollón. Master's student of Civil Engineering.

## Introducción

Con regularidad, no se cuenta con una definición y categorización clara de los sistemas y componentes esenciales de edificaciones educativas para procesos de mantenimiento (Alashari et al., 2023), como tampoco con modelos BIM apropiados y completos, lo que dificulta la planificación y la asignación eficiente de recursos del mantenimiento en la etapa de operación de las edificaciones (Lerma et al., 2011). La metodología BIM ha sido implementada en gran medida en las fases de diseño y construcción en edificaciones nuevas y de manera muy limitada para la gestión del mantenimiento en edificaciones existentes antiguas (Grussing et al., 2014).

Por otra parte, la actualización de los modelos BIM presentan desafíos cuando son requeridos para procesos de mantenimiento, ya que el no contar con adecuados modelos para este uso, afecta la eficiencia operativa del mantenimiento y genera mayor inversión en el activo (Hosamo et al., 2022; Pomè et al., 2023). Algunos de los desafíos son reestructurar los procesos de trabajo para lograr adoptarlos en software BIM y actualizar los datos del edificio (Abdirad & Dossick, 2020); la integración de técnicas de análisis debido a la falta de información de las estructuras (LLatas et al., 2022); y la falta de intercambio de la información entre actividades y áreas funcionales de la parte administrativa (Li et al., 2022).

La demanda de modelos 3D es cada vez mayor en el ámbito de la documentación debido a que permiten el análisis de formas, dimensiones, posibles reconstrucciones y monitoreos de objetos complejos a través del tiempo (Lerma et al., 2011). Lo anterior, incentivó el desarrollo del presente trabajo de pasantía, proponiendo una metodología para apoyar la planificación del mantenimiento, la cual tiene en cuenta diferentes herramientas de digitalización, categorización y clasificación de todos los sistemas y elementos de las edificaciones existentes ayudando a

complementar y actualizar la información de los modelos BIM. Este trabajo ampliará el desarrollo de la propuesta de investigación titulada “Estrategia de presupuestación del mantenimiento preventivo programado de edificaciones educativas mediante la metodología BIM”.

Para crear los pasos de esta metodología se propusieron tres etapas. La etapa 1 donde se reconocieron los métodos para realizar levantamiento y digitalización, la etapa 2 donde se identificó el sistema de clasificación que más se alineaba a nuestras necesidades y la etapa 3 donde se plantean los pasos para realizar un modelo BIM de edificaciones existentes. Las etapas se desarrollaron con base en los elementos y sistemas que componen la edificación seleccionada para el estudio.

Para esta pasantía, se seleccionó un caso específico, el edificio Federico Mamitza Bayer de la Universidad Industrial de Santander, para crear un modelo BIM de la edificación existente. Se reconocieron los métodos de levantamiento y digitalización teniendo en cuenta criterios eficiencia, sostenibilidad y costo, seleccionando el escaneo láser 3D, la fotogrametría y el escaneo con tecnología LiDAR. Por otra parte, los sistemas de clasificación más relevantes que se identificaron fueron Uniclass 2015, Coclass y Omniclass los cuales (Royano et al., 2023), mediante una matriz de comparación con criterios como facilidad de uso con la interfaz, la precisión al momento de clasificar elementos y la relación con la metodología BIM se seleccionó Uniclass 2015. Por último, se establecieron pasos necesarios para la creación del modelo BIM con la información recopilada anteriormente.

Al tener una documentación más precisa donde se pueda observar el estado actual de la edificación, se mejora la gestión del mantenimiento y la toma de decisión en sus actividades, aportando una optimización de recursos y una planificación preventiva.

## **1. Objetivos**

### **1.1. Objetivo General**

Proponer una estrategia de planificación del mantenimiento de edificaciones educativas durante la etapa de operación, apoyados con la metodología BIM.

### **1.2. Objetivos Específicos**

Definir y categorizar los sistemas y componentes esenciales de las instalaciones educativas, con el objetivo de desarrollar un modelo que permita planificar el mantenimiento durante su etapa de operación.

Identificar y describir los tres métodos más apropiados para el levantamiento y digitalización de instalaciones educativas construidas, basándose en criterios de eficiencia, costos y sostenibilidad, que permita planificar el mantenimiento durante su etapa de operación.

Proponer pasos principales de un enfoque metodológico para la generación de un modelo BIM de edificaciones educativas existentes, centrándose en la planificación del mantenimiento.

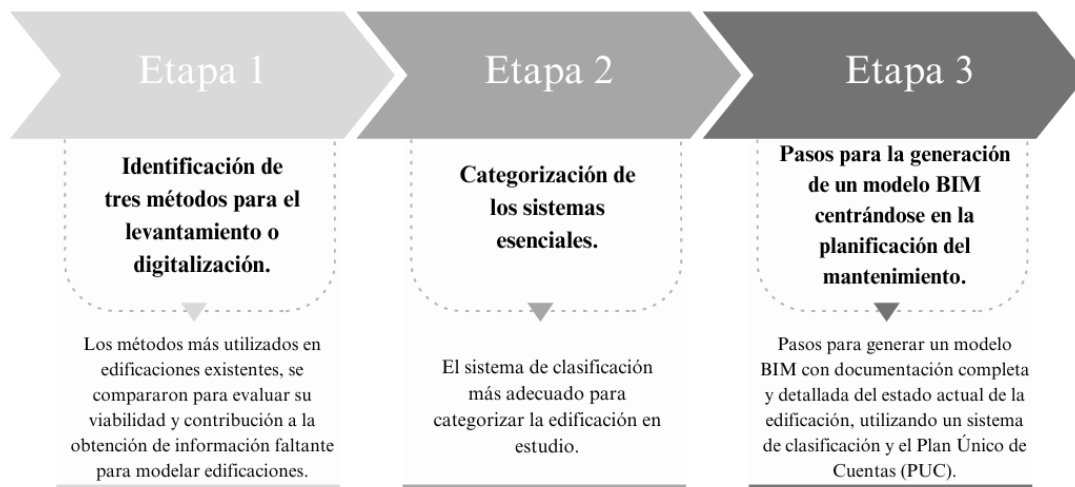
## 2. Metodología

Para este trabajo de grado se realizó un reconocimiento de las edificaciones existentes en la Universidad Industrial de Santander, con el propósito de identificar la edificación a la que se le realizaría el estudio. Para seleccionarla se tuvo en cuenta el nivel de dificultad de la edificación (que no se le hubiera hecho ninguna intervención) y además que no contara con planos digitalizados, también se verifico que careciera de información necesaria y así poder cumplir con nuestros objetivos.

La metodología empleada para cumplir con los alcances de los tres objetivos se logró por medio de tres etapas: i) Identificación de tres métodos para el levantamiento o digitalización de edificaciones existentes; ii) Categorización de los sistemas esenciales de las edificaciones existentes y iii) Generación de un modelo BIM de una edificación existente centrándose en la planificación del mantenimiento.

### Figura 1

*Diagrama de flujo de la metodología para edificación educativas existentes.*



*Nota.* Elaboración propia.

## 2.1. Etapa 1: Identificación de tres métodos para el levantamiento o digitalización de edificaciones existentes.

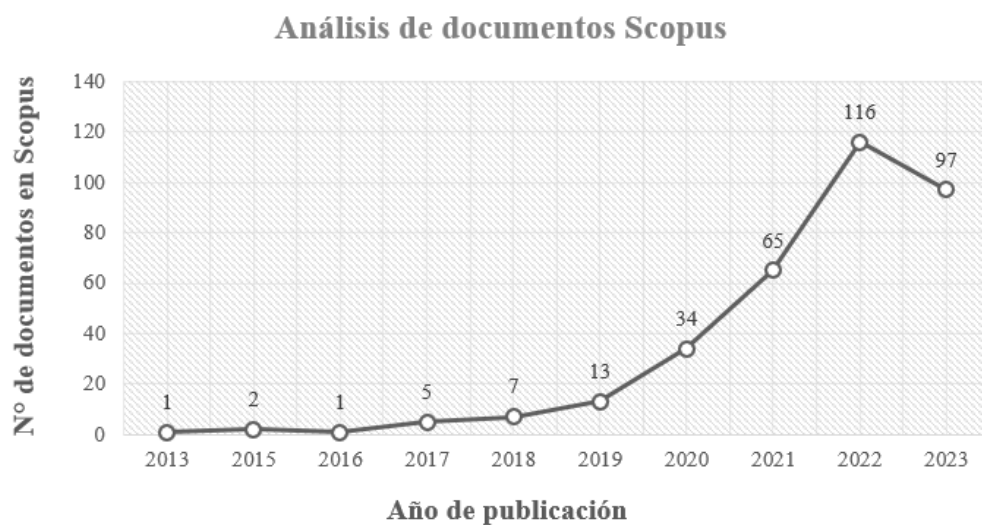
### 2.1.1. Investigación en la literatura científica:

Se realizó una búsqueda en la literatura científica haciendo uso de la base de datos de Scopus el 18 de agosto de 2023, empleando la siguiente ecuación de búsqueda: “3D” AND “Digitalization” AND “Building” AND “Model” AND “BIM” AND (“Case Study” OR “Methodology”) AND (Limit-to (OA, “all”)) AND (Limit-to (Doctype, “ar”) OR Limit-to (Doctype, “cp”) OR Limit-to (Doctype, “re”)) AND (Limit-to (Language, “English”)). El número de archivos recopilados de esta base de datos fue 344.

Se observó que estos archivos presentan un crecimiento anual en la cantidad de documentos publicados, lo cual evidencia la relevancia del tema de interés para este estudio y la validación que se obtendrá durante el desarrollo de la investigación (Ver Figura 2).

### Figura 2

*Análisis de documentos de la base de datos Scopus.*

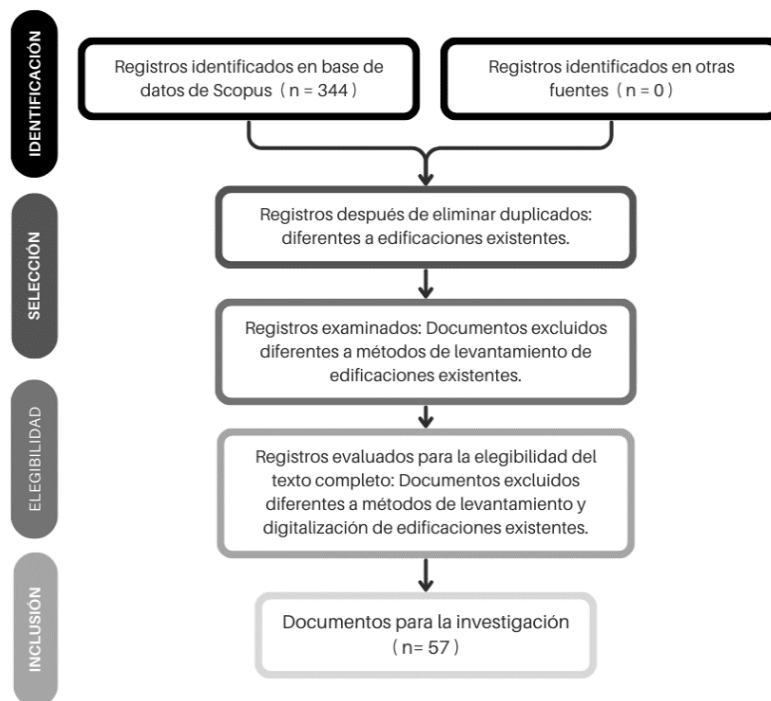


*Nota.* Elaboración propia.

Para llevar a cabo el proceso de revisión y selección de la búsqueda se utilizó el diagrama de flujo PRISMA, el cual permite tener una estructura clara de la información desde la búsqueda inicial hasta la final del caso de estudio (The Joanna Briggs Institute, 2015). Se eliminaron los que no relacionaban edificaciones existentes para posteriormente excluir los documentos que no trataban de métodos de levantamiento y digitalización de edificaciones existentes, basándonos en el contenido del abstract de cada artículo. Se descartaron 245 archivos teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, obteniendo 97 documentos que fueron descargados para un análisis más detallado para su selección. Como resultado se obtuvo 57 artículos que sirvieron para desarrollar los objetivos de este proyecto (Ver Figura 3)

### Figura 3

*Diagrama de flujo PRISMA.*

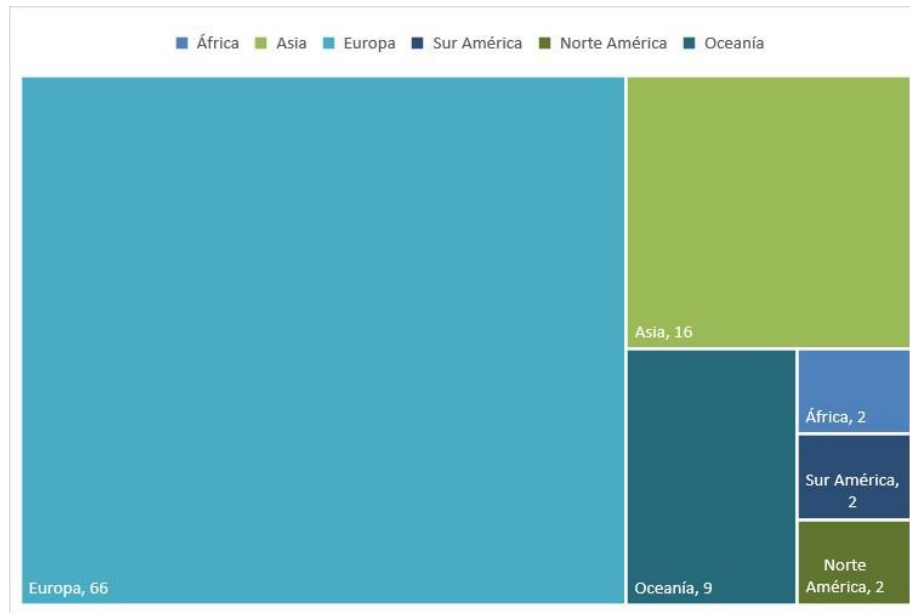


*Nota.* Adaptado de (The Joanna Briggs Institute, 2015).

Se continuó analizando los continentes en los que más que publicaron artículos sobre estos métodos como se puede observar en la Figura 4.

#### Figura 4

*Distribución de publicaciones en cada continente (N=97).*



*Nota.* Datos obtenidos de la base de datos Scopus a partir de la búsqueda realizada, correspondientes a los países de los autores principales de cada documento. Elaboración propia.

Como resultado se observó que la investigación es menos frecuente en África, Sur y norte América con un porcentaje cada uno de 2.1%, en tercer lugar, esta Oceanía con un 9.3%, en segundo Asia con un 16.5%. Por el contrario, se observó que Europa cuenta con un 68.1% de investigaciones. Esto puede suceder ya que en Europa existen más países en los que la implementación de BIM en proyectos de construcción se exige para su ejecución, mientras que en otras regiones es más escaso el uso BIM y se implementa en un sector pequeño de la ingeniería civil. Al igual, en Europa quizás se tiene una formación y capacitación más rigurosa para el uso de programas BIM comparado con otros continentes.

### **2.1.2. Clasificación de métodos para el levantamiento y digitalización de edificaciones**

#### **existentes:**

Una vez que se realizó la revisión en la literatura científica de los métodos de levantamiento y digitalización se recopilaron los tipos de métodos más utilizados en el área de edificaciones existentes teniendo en cuenta que cada método tiene funcionalidades diferentes que pueden abarcar una amplia variedad de resultados para implementarlos en los sistemas de una edificación.

Luego se establecieron criterios para clasificar los métodos como eficiencia, costo, sostenibilidad. La falta de actualización de nuevas tecnologías en la etapa de mantenimiento (Zairul & Zaremohzzabieh, 2023) resalta la importancia de tener en cuenta la eficiencia para aumentar la productividad. En todo proyecto se debe planificar la presupuestación esto conlleva a implementar la evaluación del factor de costo para garantizar que el método de levantamiento y digitalización sea viable financieramente (Sajjad et al., 2023). Por último, el factor de sostenibilidad asegura que se contribuya el desarrollo medioambiental en la ingeniería civil (Moretti et al., 2023; Musarat et al., 2023).

Para cada método se compararon los criterios establecidos y posteriormente se revisó que resultados se obtendría al usar cada método haciendo énfasis en cómo podría ayudar a obtener la información faltante para modelar la edificación existente. La tabla comparativa será mostrada en la sección de resultados.

### **2.2. Etapa 2: Categorización de los sistemas esenciales de las edificaciones existentes.**

Se debe tener presente que cuando se habla de los sistemas esenciales de la edificación en estudio, son todos aquellos que brindan una funcionalidad, estabilidad y confort durante su ciclo de vida (Hall F & Greeno R, 2001).

Para la categorización de los sistemas esenciales se realizó un reconocimiento de la edificación existente recopilando toda la información física y digital sobre los sistemas presentes en la misma, después se identificaron los sistemas y elementos. Algunos de estos grupos son los sistemas de cimentación, sistemas estructurales, sistemas de Instalaciones eléctricas e hidráulicas y sistemas de acabados; estos grupos y subgrupos varían según el propósito principal y la información que se tiene de la edificación en estudio.

Para la categorización de los sistemas y sus elementos se llevó a cabo una revisión en la literatura científica sobre algunos de los sistemas de clasificación más utilizados en el área de la construcción. Los sistemas de clasificación permitieron categorizar y estructurar la información de los sistemas esenciales de la edificación en estudio, ayudando al flujo y maximizando distribución de recursos a lo largo del ciclo de vida de la edificación (Chung et al., 2023; Leen Kang et al., 2000; Pupeikis et al., 2022). En la etapa del mantenimiento estos sistemas de clasificación son importantes ya que ofrecen una estructura estándar para administrar, recoger e intercambiar información de manera efectiva y productiva (Royano et al., 2023). La consolidación de estos sistemas de clasificación y el modelado de información para la construcción (BIM) disminuyen los costos, optimizan la durabilidad de las edificaciones y reducen los tiempos del proyecto (Volk et al., 2014), facilitando la toma de decisiones y obteniendo mejores resultados. Es por esto, que mediante parámetros se evaluaron y compararon tres sistemas de clasificación de los cuales se seleccionó el más adecuado basado en el caso de estudio.

### **2.3. Etapa 3: Pasos para la generación de un modelo BIM de una edificación educativa existente centrándose en la planificación del mantenimiento.**

Para generar un modelo BIM de una edificación educativa existente se debe identificar el tipo de la edificación y así tener claro su uso. Las áreas funcionales principales que se pueden

encontrar en instalaciones educativas son: a) Edificaciones culturales, como auditorios o teatros; b) Edificaciones administrativas, son todas aquellas que incluyen oficinas donde se proporcione asesoría a estudiantes y donde este el personal administrativo; c) Edificaciones de investigación, donde incluye todos los espacios para laboratorios en distintas áreas; d) Edificios deportivos, comprende todas las zonas para actividades físicas y e) Edificaciones académicas, como las aulas o salones de clase, bibliotecas, entre otros (Eweda et al., 2015).

Luego, se investigó y recopiló toda la información disponible sobre la edificación, identificando los datos faltantes en cada tipo de plano encontrado, al igual se investigó sobre posibles registros de mantenimiento y reparación que haya podido realizar en la edificación.

Una vez se tiene la información faltante, se organizó en una lista qué información era requerida para poder identificar qué método de levantamiento y digitalización se puede utilizar para obtener esos datos. Con el propósito de obtener un conocimiento de la edificación detallado y considerando que se carece de registro de información, se realizó un registro fotográfico donde se pueda ampliar la documentación de los componentes, la distribución de espacios y elementos de la estructura.

Con el registro fotográfico se puede reportar las inconsistencias de lo que está documentado y el estado actual del edificio, ya que es importante utilizar la información correcta para poder tener un mantenimiento más preciso, este registro también ayudara a detectar que áreas requieren mantenimiento inmediato.

Para que el mantenimiento cumpla con los estándares de desempeño es necesario garantizar una documentación de la información y unos métodos de inspección claros (Cardinal et al., 2020). Para reducir costosas remodelaciones es adecuado realizar mantenimiento que ayuda a prevenir el deterioro prematuro, optimizar los recursos y prolongar la vida útil de la edificación (Arditi &

Nawakorawit, 1999). Además, utilizar sistemas de clasificación resuelve dificultades de falta de datos e incoherencias en los registros de mantenimiento, lo que ayuda en los procesos de toma de decisiones en la gestión de edificaciones existentes, al priorizar las actividades con información clara y actualizada, los gestores pueden optimizar los programas de mantenimiento (Alashari et al., 2023; Hong et al., 2022).

Después de tener una documentación más completa de la edificación existente se debe realizar el levantamiento y digitalización de aquellos datos que hacen falta y así desarrollar el modelo BIM.

Para lograr un mantenimiento adecuado es necesario tener un registro, una organización y una planificación en la gestión financiera y para esto se implementó el Plan Único de Cuentas (PUC) de Colombia el cual, durante el mantenimiento en la etapa de operación facilita la optimización de costos, brinda claridad al momento de identificar y asignar el uso de los recursos financieros, elabora presupuestos precisos, permite analizar los costos y asegura el cumplimiento de las normativas contables y fiscales en Colombia (Cardinal et al., 2020; Contaduría General de la Nación, 2023; Yau, 2012). Para mejorar los procesos de toma de decisiones en las actividades de mantenimiento, este estudio utiliza el PUC para categorizar eficazmente las descripciones de mantenimiento mediante métodos de clasificación de textos (Hong et al., 2022). Aunque el PUC tiene aplicaciones en diversas industrias, en este caso se enfoca específicamente en su uso para el mantenimiento en edificaciones existentes. El sistema de clasificación seleccionado en la etapa 2 y el Plan Único de Cuentas se integraron para proporcionar un registro claro y detallado de la actividad y su costo.

Para lograr esta integración es primordial determinar las necesidades a las que se quiere llegar con la gestión del mantenimiento y su presupuestación, con el sistema de clasificación y el

PUC se debe diferenciar las categorías y las cuentas que se utilizarán respectivamente según las necesidades planteadas.

### 3. Resultados.

La edificación existente que se seleccionó para este estudio fue el edificio Federico Mamitza Bayer, fundado en Julio 28 de 1974, el cual hace parte de la Escuela de Diseño Industrial.

La edificación en estudio consta de tres niveles, la planta del nivel 1 se compone de 6 aulas de estudio y zona de baños, en el nivel 2 hay 9 aulas de estudio y una zona de baños y la planta del nivel 3 cuenta con un salón de audiovisuales, salón de computación gráfica, laboratorio de fotografía, baños, sala de profesores, cubículos administrativos y un cuarto de revelado.

#### **Figura 5**

*Edificio Federico Mamitza Bayer.*



*Nota.* Fotografía tomada de la fachada del edificio Federico Mamitza Bayer. Elaboración propia.

**Figura 6**

*Placa de nombre y fecha de fundación.*



*Nota.* Elaboración propia.

### **3.1. Etapa 1: Identificación de tres métodos para el levantamiento o digitalización de edificaciones existentes.**

De la búsqueda en la literatura científica se encontraron métodos de levantamiento y digitalización de edificaciones existentes que permiten documentar gran parte de la información faltante en los sistemas que componen el edificio Federico Mamitza Bayer esto facilita la planificación del mantenimiento y asegura la preservación y funcionamiento de esta.

Algunos de los métodos para el levantamiento y digitalización son el escaneo laser 3D para la revisión de puntos de control y la creación de un modelo digital tridimensional (Hellmuth, 2022), la fotogrametría y la videogrametría que son utilizados con técnicas basadas en imágenes que registran las condiciones del edificio (Sagarna et al., 2022), las fotografías de 360 grados de alta resolución son usadas en espacios especialmente considerados patrimonios y hacen restituciones y modelos 3D (Antinozzi et al., 2022), el GPS y la estación total robótica (RTS) utilizados como

métodos topográficos automatizados (Elghaish et al., 2021) y las técnicas BIM de escaneo para reconocer el estado de la edificación (Rebec et al., 2022).

Para el edificio Federico Mamitza Bayer de la Universidad Industrial de Santander se proponen el escaneo laser 3D, la tecnología LiDAR y la fotogrametría debido a la precisión con la que capturan datos de formas complejas que sirven para modelar en 3D (Mêda et al., 2023; Volk et al., 2014).

El escaneo laser 3D captura formas complejas de manera rápida y rentable proporcionando información eficaz sobre geometrías, colores y dimensiones a través de nube de puntos (Pinti & Bonelli, 2022). La tecnología LiDAR hace mediciones directas mediante reflejos láser, este método está integrado en móviles, vehículos terrestres y drones, facilitando su uso y ampliando el área que puede cubrir (Martín et al., 2022; Mêda et al., 2023). Por último, la fotogrametría detalla los elementos por medio de imágenes 2D superpuestas a modelos 3D detallados, proporcionando una estructura a través del movimiento (Gordon et al., 2023; Mêda et al., 2023), este método deduce la forma y la ubicación de elementos por medio de fotografías que consiste en extraer información métrica (Mirzaei et al., 2023).

El método que reconstruye información bidimensional a tridimensional por medio de superposición de imágenes en la fotogrametría y se basa en identificar puntos iguales en las imágenes tomadas para crear propiedades especiales (Gordon et al., 2023). Esto se puede lograr con diferentes herramientas como drones con cámaras y su procesamiento consiste en la aplicación de filtros para su precisión y la eliminación de cualquier ruido de fondo que interfiera con la exactitud (Peinado-santana et al., 2021; Zhu et al., 2023). Uno de los softwares que se pueden utilizar para este método en la reconstrucción y que tiene en cuenta el tiempo de procesamiento,

la resistencia al ruido y la adaptabilidad a diferentes formatos de imagen es Agisoft Metaschape (Dzwierzynska & Prokop, 2022).

El escáner laser consiste en emitir un pulso de laser desde un objeto escáner hacia un elemento y medir los pulsos reflejados para crear una nube de puntos, después de procesar esa información como resultado se obtiene datos de dimensión, geometría y colores de la estructura (Dzwierzynska & Prokop, 2022). Este método puede implementar tecnologías LiDAR, cámara 360° y tecnología SLAM, para procesar superficies de estructuras en 3D con gran exactitud (Bäcklund et al., 2022). Un sistema de escáner laser que aporta precisión y un adecuado estándar de calidad es el Faro Focus 3D 330 (Peinado-santana et al., 2021).

La **tecnología LiDAR** tiene la capacidad de generar de manera rápida y fácil una densa nube de puntos, lo que hace que sea una buena opción a una solución para diversas mediciones (Mêda et al., 2023), tiene un alcance mucho mayor que los métodos anteriores puede cambiar dependiendo de los alcances y necesidades. En las últimas actualizaciones si implemento el uso de móviles como los sistemas iPad-LiDAR permitiendo un procesamiento de datos rápido, mejorando la precisión de los registros (Bäcklund et al., 2022; Mora et al., 2021)

**Tabla 1**

*Matriz de comparación entre los métodos para el levantamiento y digitalización.*

Tipo de métodos	Eficiencia - Operabilidad	Sostenibilidad	Costo
<b>Escaneo láser 3D</b>	Altamente eficiente para áreas pequeñas y requiere de operadores capacitados para su ejecución.	Menos sostenible ya que requiere de equipos pesados y tiene mayor consumo energético.	Alto costo inicial y durante la ejecución, ya que requiere de una precisión en proyectos críticos.
<b>Fotogrametría</b>	Es eficiente, pero requiere de cuidado con factores como la luminosidad que puedan alterar las imágenes.	Mas sostenible por su bajo consumo energético y recursos.	Bajo costo, adecuado para presupuestos limitados.

<b>Escaneo con tecnología LiDAR</b>	Su operabilidad y eficiencia han mejorado con ayuda de la implementación de sistemas móviles.	No es sostenible tiene un gran impacto ambiental y consumo energético.	Alto costo inicial y durante la ejecución, ya que requiere proyectos a gran escala.
-------------------------------------	---	--	---

*Nota.* Elaboración propia.

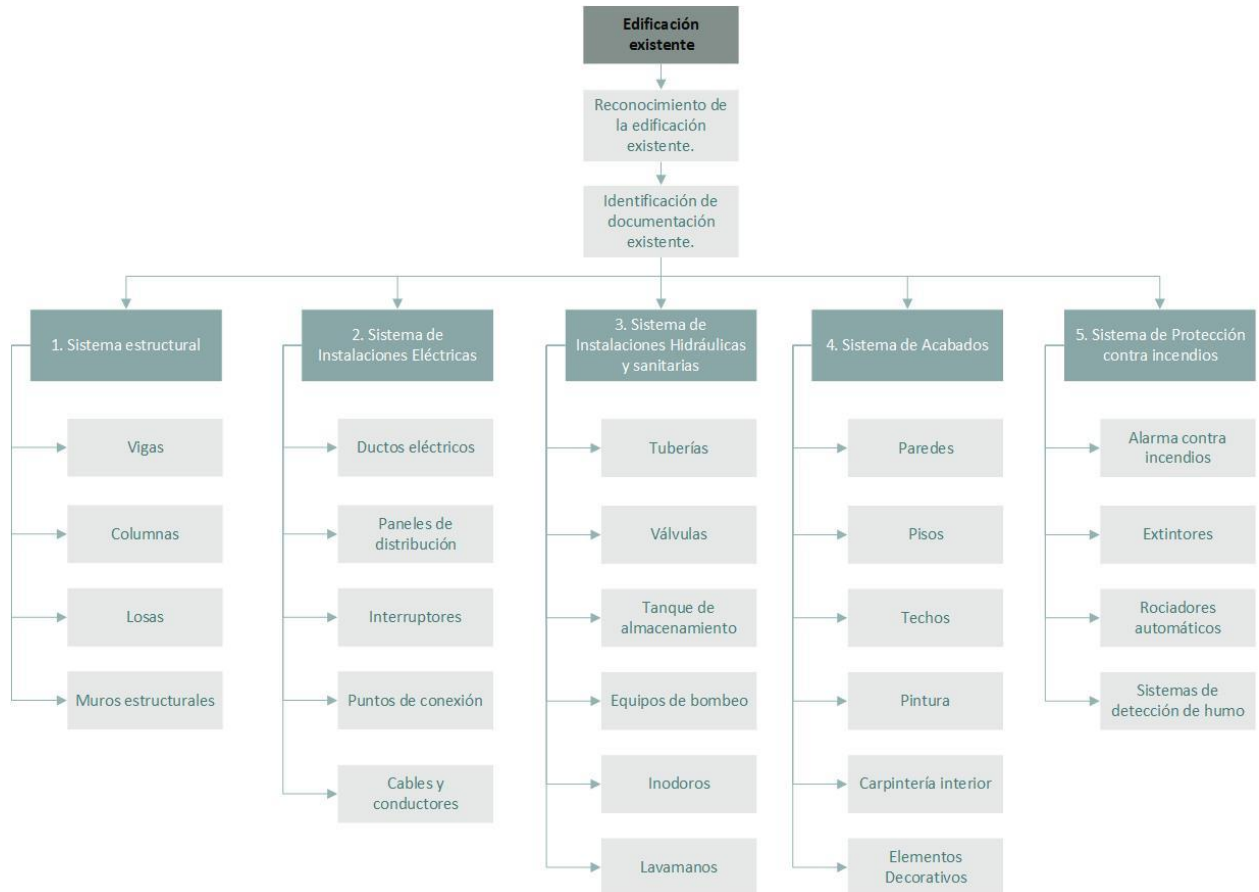
### **3.2. Etapa 2: Categorización de los sistemas esenciales de las edificaciones existentes.**

Al recopilar toda la información existente de la edificación se encontró que no cuenta con modelo digital, pero cuenta con 30 planos en físico de sistemas estructural, arquitectónico, eléctrico, hidráulico y sanitario se debe resaltar que la información de estos planos no es completa y se encuentra desactualizada.

Después de identificar esa información se clasificaron los sistemas presentes en la edificación los cuales fueron sistema estructural, sistema de instalaciones eléctricas, sistema de instalaciones hidráulicas, sistema de acabados y sistema de protección contra incendios; estos fueron llamados grupos y los subgrupos como en el estructural son las vigas, columnas, losas y muros estructurales (Ver Figura 7).

**Figura 7**

*Sistemas esenciales del edificio Mamitza.*



*Nota.* Sistemas que componen en el edificio en estudio. Elaboración propia.

Una vez que se identificaron y organizaron los sistemas y elementos que componían la edificación existente, se prosiguió a categorizarlos. Esta categorización se hizo mediante sistemas de clasificación que permitió estandarizar la información.

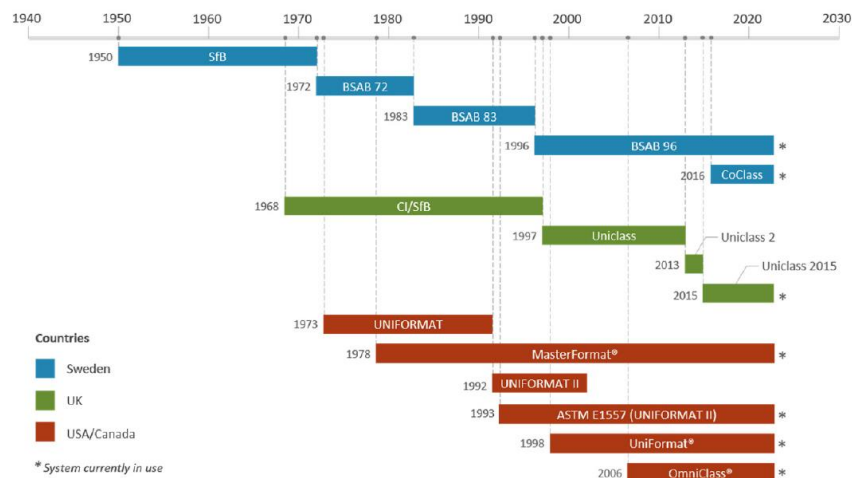
Hasta el momento los países con más conocimiento y más desarrollados en los sistemas de clasificación enfocados en la construcción son Reino Unido, Suecia y Estados Unidos/Canadá, los sistemas de clasificación mejoran la comunicación entre un grupo de personas sobre un área determinada, ofreciendo una estructura adecuada de conceptos donde las personas involucradas

obtienen un “lenguaje común”(Royano et al., 2023). BIM (modelado de información para la construcción) nos brinda un modelo multidimensional de información donde los datos definen muy bien los elementos y la disposición de colaborar entre varias partes durante el ciclo de vida de la edificación (Pupeikis et al., 2022). Como se mencionó anteriormente se han desarrollado varios sistemas de clasificación alrededor del mundo, donde la consolidación con BIM es esencial ya que permite la integración de modelos 3D más precisa y datos de atributos detallados, finalmente mejorando la gestión y la comunicación entre todas las partes involucradas (Chung et al., 2023; Convers Rivera, 2020; Saleeb et al., 2018).

Algunos de los sistemas de clasificación de los países mencionados anteriormente, se pueden observar en la Figura 8 donde se muestra el periodo en el que cada uno fue usado. Los sistemas de clasificación para la industria de la construcción más recientes en Suecia, Reino Unido y Estados Unidos/Canadá son CoClass, Uniclass 2015 y Omniclass respectivamente (Royano et al., 2023).

**Figura 8**

*Sistemas de clasificación en orden cronológico en Suecia, Reino Unido y USA.*



Nota. Adaptado de: (Royano et al., 2023)

Para evaluar los tres sistemas de clasificación y después de una revisión en la literatura se establecieron tres parámetros fundamentales los cuales son: a) **La precisión** que se debe tener al momento de organizar la información (Saleeb et al., 2018); b) **La facilidad de uso**, que tan adaptable y fácil es su acceso para operarlos (Pupeikis et al., 2022) y c) la integración de los sistemas con la metodología BIM. Estos criterios destacan en la etapa de operación de la edificación existente.

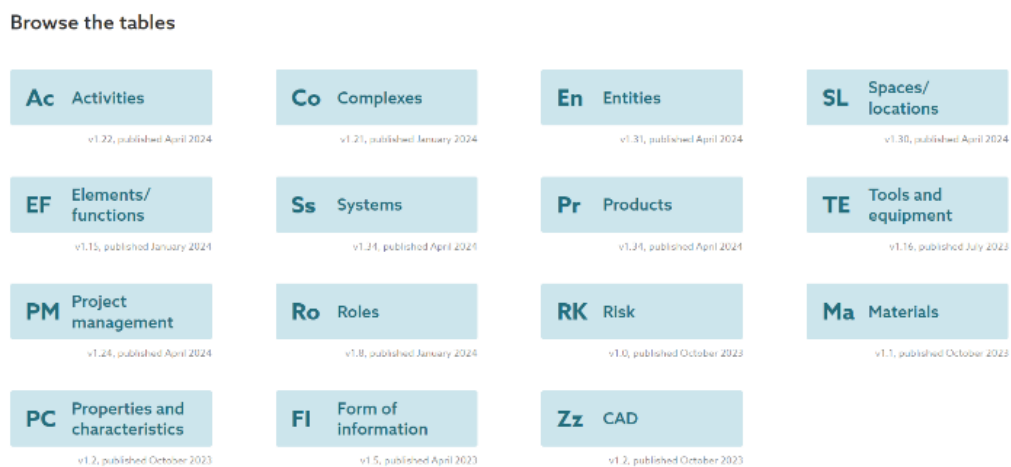
El sistema de clasificación CoClass desarrollado en Suecia es un sistema que se utiliza de manera amplia en el área de la construcción (Saleeb et al., 2018). Se puede acceder a las tablas pagando membresía o por un servicio web gratuito que ayuda en los procesos de mantenimiento y presupuestación, esto conforme a las normas ISO y basándose en estructura de composición (Royano et al., 2023; Saleeb et al., 2018). CoClass simplifica el enfoque estructurado y sistematizado de la información del edificio Mamitza (Leen Kang et al., 2000), tiene una estructura enumerativa y facetada con 10 tablas y un máximo de 3 niveles jerárquicos (Convers Rivera, 2020) permitiendo la integración con la metodología BIM mejorando la conexión entre elementos y objetos BIM y así ofreciendo la información de la edificación en un formato digital (Pupeikis et al., 2022).

Uniclass 2015, desarrollado en Reino Unido por National Building Specification (NBS) y siguiendo las normas ISO (Saleeb et al., 2018). La funcionalidad del sistema a los proyectos de ingeniería civil ha sido destacada, con metodologías propuestas para mejorar su eficacia y congruencia (Royano et al., 2023), es facetado con 15 tablas y hasta 4 niveles jerárquicos, al inicio Uniclass presento dificultades con la codificación y el desacople que se mejoraron en las siguientes versiones (Pupeikis et al., 2022). El sistema se encuentra disponible al público y cuenta con una interfaz jerárquica, lo que proporciona una clasificación y organización más precisa de los

elementos, en ocasiones interactuar con largas listas de agrupaciones suele ser complejo y es por eso que se debe estudiar detenidamente (Convers Rivera, 2020; Leen Kang et al., 2000). Uniclass 2015 está diseñado para integrarse con BIM y trabajar en la etapa de operación de una edificación facilitando el intercambio de información y la gestión de los datos (Chung et al., 2023; Royano et al., 2023).

### Figura 9

*Tablas de Uniclass 2015.*



*Nota.* Estas tablas se encuentran en la interfaz de UNICLASS 2015. Adaptado de: (National Building Specifications, 2024).

Por último, el sistema de clasificación Omniclass que fue desarrollado en Estados Unidos para cubrir el área de la construcción, su interfaz contiene 15 tablas con una estructura jerárquica y 7 niveles, pero a pesar de su amplio uso presenta inconsistencias en la descripción de los componentes, en el mapeo y en las tablas. Este sistema se rige por la norma ISO e integra software BIM como Revit (Leen Kang et al., 2000; Saleeb et al., 2018). Aunque el sistema presenta deficiencia y requiere mejoras para su uso práctico, la capacidad de adaptación y las propiedades

de cada faceta aportan a las edificaciones una mejora en la clasificación de la información (Mendez, 2019).

**Tabla 2**

*Evaluación de los sistemas de clasificación.*

<b>Criterios</b>	<b>Coclass</b>	<b>Uniclass 2015</b>	<b>Omniclass</b>
<b>Precisión</b>	Su precisión es buena, ya que tiene una organización en la información y permite una definición en la descripción de los elementos.	Su precisión es muy alta debido a su amplio uso y su clasificación jerárquica clara.	Presenta incoherencias que afecta a la precisión.
<b>Facilidad de uso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acceso gratuito a vista básica</li> <li>- Acceso a tablas limitada</li> <li>- Acceso a vista completa con licencia CoClass Studio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acceso a navegador gratuito</li> <li>- Acceso a tablas completo y descargables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acceso con pago de licencia</li> <li>- Acceso a tablas con licencia</li> </ul>
<b>Integración con BIM</b>	Se integra con BIM	Se integra con BIM	Se integra con BIM

*Nota.* Adaptado de: (Leen Kang et al., 2000; Pupeikis et al., 2022; Royano et al., 2023; Saleeb et al., 2018).

Con la evaluación de los criterios de precisión, facilidad de uso e integración con BIM en cada uno de los sistemas de clasificación, Omniclass y Coclass presentan dificultades en los distintos niveles, inconsistencias en las tablas, carece de la alineación con las normas internacionales y deficiencia en la descripción de los elementos que constituyen la información, lo anterior convierte a Uniclass 2015 en la mejor alternativa entre los tres para clasificar edificaciones existentes.

Por las razones mencionadas anteriormente y mostradas en la Tabla 2 Uniclass 2015 para el edificio Mamitza es el sistema de clasificación más adecuado, por el detalle en la estructura con la cual fue desarrollado, por la integración con las plataformas de BIM como Revit y ArchiCAD, porque se rige a las normas y guías proporcionadas por la NBS fortaleciendo la consistencia y exactitud en la información y la coherencia en la relación jerárquica entre tablas (Ver Figura 9) permitiendo una categorización más precisa de los elementos y componentes del edificio (Convers Rivera, 2020; Leen Kang et al., 2000). Además, sus especificaciones técnicas para definir datos BIM y realizar estimaciones de costos, lo hace potencialmente útil para el mantenimiento en la etapa de operación (Pupeikis et al., 2022).

Una encuesta de construcción digital de NBS mostro que Uniclass es utilizado en más del 50% de los proyectos BIM en el Reino Unido, la NBS trabaja para preservar y mejorar su plataforma digital con acceso gratuito comprometidos a mejorar la calidad de la información en la industria de la construcción, Uniclass es ahora un requisito para proyectos BIM en el Reino Unido lo que lo hace ser un sistema de clasificación esencial en la gestión de proyectos de construcción a lo largo del ciclo de vida de una edificación (National Building Specifications, 2024).

Uniclass 2015 en su clasificación se compone de tablas, grupos, subgrupos, secciones, objetos y títulos, organizados jerárquicamente (Leen Kang et al., 2000). Su estructura se registra mediante códigos de dos letras para las tablas y números de dos dígitos para los niveles posteriores (Saleeb et al., 2018). Este sistema de clasificación facilita la categorización de la información en facetas divididas como elementos, secciones de trabajo y entidades de construcción (Convers Rivera, 2020).

**Tabla 3**

*Códigos y clasificación de las tablas.*

Código	Nombre tabla
Ac	Actividades
Co	Complejos
En	Entidades
SL	Espacios/Ubicaciones
EF	Elementos/Funciones
Ss	Sistemas
Pr	Productos
TE	Herramientas y Equipos
PM	Gestión de proyectos
Ma	Materiales
PC	Propiedades y características
FI	Formas de información
Zz	CAD (Computer - Aided Design)

*Nota.* Adaptado de: (National Building Specifications, 2024).

La estructura para ejecutar la codificación de cada tabla como se mencionaba anteriormente se puede observar en la Tabla 4, entre cada dígito de dos números y dos letras se debe colocar guion al piso, el ejemplo de la tabla a continuación quedaría PM\_60\_20\_60.

**Tabla 4**

*Estructura para clasificar las tablas de Uniclass.*

Tabla	Grupo	Subgrupo	Sección	Objeto
PM	60	20	60	-
Gestión de proyectos	Información sobre la gestión de la construcción	Requisitos del proyecto	Información previa a la construcción	

*Nota.* Adaptado de: (National Building Specifications, 2024).

Para poder aplicar esta codificación en el modelo en Revit del edificio Federico Mamitza Bayer se realizó el registro en la página de The NBS el cual habilitara la opción de descarga para obtener los documentos con las tablas y así clasificar los elementos del caso de estudio. Una vez se tengan las tablas organizadas y con la información necesaria se debe crear un archivo de parámetros compartidos y agregar los códigos de Uniclass, luego se le asigna a cada elemento un código según los parámetros que se crearon.

### **3.3. Etapa 3: Pasos para la generación de un modelo BIM de una edificación educativa existente centrándose en la planificación del mantenimiento.**

El edificio Federico Mamitza Bayer, es una edificación de tipo académica. De la información recopilada de la edificación se obtuvo archivos escaneados de planos eléctricos de los años 1997 y 1998, planos hidráulicos y sanitarios de los años 1972 y 1973, planos arquitectónicos de 1971, 1972 y 1993 y planos estructurales de 1971 y 1974; cada uno fue revisado para poder identificar que datos hacían falta que nos impidiera tener una documentación completa y para esto se realizó una lista como se observa a continuación:

**Tabla 5**

*Información faltante del edificio Federico Mamitza Bayer.*

Tipo	Descripción
<b>Plano estructural</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Profundidad de las zapatas.</li> <li>● Planta de cimentación.</li> <li>● Distancias de ubicación de las zapatas en los ejes <math>x^2</math> y <math>v^2</math>.</li> <li>● Ubicación de aceros.</li> <li>● Tipo de losa.</li> <li>● Planos de vigas y columnas (tipo, ubicación y dimensiones).</li> <li>● Ubicación y dimensiones de muros</li> </ul>

<b>Plano arquitectónico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Especificar materiales utilizados en la estructura.</li> <li>• Detalle en las dimensiones y alturas en la fachada.</li> <li>• Distribución del techo, alturas y pendientes.</li> <li>• Planos detallados de los espacios exteriores como jardines, balcones, etc.</li> <li>• Etiquetas del propósito de cada espacio interior.</li> <li>• Rutas de acceso y pasillos dentro del edificio.</li> <li>• Acabados y revestimientos para paredes, suelos y techos.</li> </ul>
<b>Plano Eléctrico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasta el momento los planos eléctricos suministrados tienen la información necesaria para realizar el levantamiento.</li> </ul>
<b>Plano Hidráulico y sanitario</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Detalle de tuberías del suministro de agua.</li> <li>• Disposición de las tuberías de desagüe y las conexiones a sistemas de alcantarillado.</li> <li>• Ubicación y tipo de bombas utilizadas para el suministro de agua.</li> <li>• Planos de red contra incendios.</li> </ul>
<b>Plano de aire acondicionado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se cuenta con ninguna información acerca de la red de aire acondicionado.</li> </ul>

*Nota.* Elaboración propia.

Después, se realizó un registro fotográfico de la edificación que permitió identificar con más detalle las diferentes áreas que a la vista, algunas, reflejan deterioro por filtración de agua y requieren de mantenimiento (Ver Figura 13) y otras donde el uso actual que se le da a esos espacios no coincide con el descrito en los planos, al igual se observó que junto a las escaleras exteriores en el primer piso existen dos cuartos de servicio y de control (Ver Figura 11 y Figura 12) que no se encuentran registrados en los planos recopilados.

**Figura 10**

*Escalera externa del edificio Mamitza.*



*Nota.* Foto que hace parte del registro fotográfico realizado. Elaboración propia.

**Figura 11**

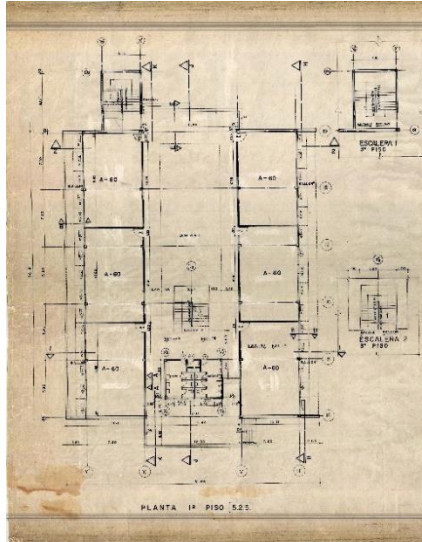
*Área de servicio y de control.*



*Nota.* Foto que hace parte del registro fotográfico realizado. Elaboración propia.

**Figura 12**

*Plano de planta del primer piso.*



*Nota.* Foto que hace parte del registro fotográfico realizado. Elaboración propia.

**Figura 13**

*Colapso de la cubierta.*



*Nota.* Foto que hace parte del registro fotográfico realizado. Elaboración propia.

Fue fundamental registrar por medio de fotografías la información que no se observó claramente o que se encuentre incompleta en los planos para tener una referencia más amplia de las características de la edificación, para completar la información se debe implementar los métodos de levantamiento y digitalización mencionados en la sección 3.1. Con lo anterior, se consolida todos los componentes y se comienza a modelar en 3D con ayuda del software Revit, para este caso de estudio se hará el modelo hasta utilizar todo lo proporcionado por los planos existentes del Mamitza.

Para obtener una gestión financiera conforme a las necesidades del mantenimiento en la etapa de operación se utiliza el Plan Único de Cuentas (PUC) el cual se integró con el sistema de clasificación Uniclass 2015 para tener un mejor rendimiento en la gestión y planificación del mantenimiento en la etapa de operación del edificio Mamitza.

El PUC está estructurado por 5 niveles de clasificación con ocho dígitos en total, el nivel más alto corresponde a **Clase** el cual se divide en 9 categorías y se distingue con un dígito (Ver Tabla 7), cada clase se divide en varios grupos que son registrados con el segundo dígito y ese corresponde al segundo nivel llamado **Grupo**, el tercer nivel es denominado **Cuenta** y se registra con el tercero y cuarto dígito, este nivel representa elementos particulares de cada grupo, el penúltimo nivel es **Subcuenta** el cual es un desglose del tercer nivel y está registrado por el quinto y el sexto dígito, el quinto nivel corresponde a **desagregación subcuenta** y se registra con el séptimo y octavo dígito (Ver Tabla 6)(Contaduría General de la Nación, 2023; Uribe, 2018).

### **Tabla 6**

*Estructura del Plan Único de Cuentas.*

Nivel	Nomenclatura	Dígitos
Nivel 1	Clase	X
Nivel 2	Grupo	X

Nivel 3	Cuenta	XX
Nivel 4	Subcuenta	XX
Nivel 5	Desagregación Subcuenta	XX

*Nota.* Adaptado de: (Contaduría General de la Nación, 2023).

El nivel 1 se divide en las siguientes clases:

### **Tabla 7**

*Categorías del nivel 1.*

Clase 1	Activos
Clase 2	Pasivos
Clase 3	Patrimonio
Clase 4	Ingresos
Clase 5	Gastos
Clase 6	Costos de ventas
Clase 7	Costos de producción o de Operación
Clase 8	Cuentas de orden deudores
Clase 9	Cuentas de orden acreedoras

*Nota.* Adaptado de: (Uribe, 2018).

El PUC cuenta con una interfaz digital donde se pueden clasificar y encontrar el código correspondiente a cada actividad. Para las actividades de mantenimiento en la etapa de operación del edificio Mamitza las clases más necesarias a utilizar son clase 1 (Activos), Clase 2 (Pasivos), Clase 5 (Gastos) y Clase 7 (Costos de producción o de operación).

Clase 1: Se registran y gestionan los bienes y derechos tangibles e intangibles relacionados con la edificación. Esta clase se divide en los siguientes grupos:

### **Tabla 8**

*Grupos de la clase 1.*

Código	Grupo
11	Disponibles
12	Inversiones
13	Deudores

14	Inventarios
15	Propiedades, planta y equipo
16	Intangibles
17	Diferidos
18	Otros activos
19	Valorizaciones

*Nota.* Adaptado de: (Contaduría General de la Nación, 2023).

Clase 2: Esta clase es el conjunto de cuentas que representan las obligaciones adquiridas por la Universidad Industrial de Santander para el financiamiento del mantenimiento del edificio Mamitza.

### **Tabla 9**

*Grupos de la clase 2.*

Código	Grupo
21	Obligaciones Financieras
22	Proveedores
23	Cuentas por pagar
24	Impuestos, Gravámenes y tasas
25	Obligaciones laborales
26	Pasivos estimados y provisionales
27	Diferidos
28	Otros activos
29	Bonos y papeles comerciales

*Nota.* Adaptado de: (Contaduría General de la Nación, 2023).

Clase 5: Son las cuentas que representan gastos operativos y financieros del mantenimiento de la edificación. Los gastos se deben registrar en moneda nacional.

### **Tabla 10**

*Grupos de la clase 5.*

Código	Grupo
51	Operacionales de administración
52	Operaciones de ventas

53	No operacionales
54	Impuesto de renta y complementarios
59	Ganancias y pérdidas

*Nota.* Adaptado de: (Contaduría General de la Nación, 2023)

Clase7: Son los costos asociados a la elaboración o la producción de los bienes o la prestación de servicios en el mantenimiento y la operación continua de la edificación.

### Tabla 11

*Grupos de la clase 7.*

Código	Grupo
71	Materia prima
72	Mano de obra directa
73	Costos indirectos
74	Contrato de servicios.

*Nota.* Adaptado de: (Contaduría General de la Nación, 2023)

De las tablas mencionadas en la **etapa 2** (Ver sección 3.2) las más relevantes del sistema de clasificación Uniclass 2015 para las actividades de mantenimiento en la etapa de operación del edificio Mamitza que permiten una clasificación detallada mejorando la gestión, son:

- **Actividades (Ac):** Clasifica las actividades de mantenimiento y operación que se llevan a cabo en el edificio Mamitza, como supervisión y reparaciones.
- **Espacios/Ubicaciones (SL):** Clasifica los espacios donde se realizan mantenimientos y su ubicación, como salones, oficinas, escalera o laboratorio de fotografía.
- **Elementos/Funciones (EF):** Clasifica los elementos y funciones que componen al edificio Mamitza y así reconocer cuales exigen mantenimiento.
- **Sistemas (Ss):** Clasifica todos los sistemas que existen en el edificio y que permiten su funcionamiento, estos sistemas se identificaron en la **Etapa 2** (Ver sección 3.2).
- **Productos (Pr):** Clasifica los productos que se necesitan para gestionar las actividades de mantenimiento.
- **Herramientas y equipos (TE):** Clasifica las herramientas y equipos utilizados en las actividades de mantenimiento.

En esta sección en la Figura 13 se pudo observar que una parte de la cubierta externa del edificio requiere de mantenimiento para esto se realizó la debida clasificación con ayuda del sistema de clasificación Uniclass 2015:

**Tabla 12**

*Clasificación del colapso de cubierta.*

Nombre tabla	Codificación	Nombre codificación
<b>Actividades</b>	Ac_10_70_75	Reparación
<b>Espacios/Ubicaciones</b>	SL_90_20_02	Espacios aéreos
<b>Elementos/Funciones</b>	EF_30_10_30	Cubiertas planas
<b>Sistemas</b>	Ss_30_10_90	Sistemas de estructura de techo unitario
<b>Productos</b>	Pr_20_93_85	Unidades estructurales
<b>Herramientas y Equipos</b>	TE_20_10_60_08	Andamio con soporte

*Nota.* Elaborado con ayuda de la interfaz de Uniclass.

Una vez que se establecieron las clases y las tablas relacionadas con los cuentas y categorías, respetivamente, a cada **sistema** que compone el edificio Mamitza se le asigna una cuenta del PUC y una categoría de Uniclass y así en el momento de realizar una transacción se desglosa en categorías según el mantenimiento, esto proporciona una presupuestación de recursos más detallada ayudando en la planificación y en futuras decisiones.

Siguiendo el caso del mantenimiento en la cubierta, a continuación, se muestra como quedaría la matriz para ese caso:

**Tabla 13**

*Cuenta asignada según el Plan Único de Cuentas.*

<b>Clase</b>	5	Gastos
<b>Grupo</b>	51	Operacionales de administración
<b>Cuenta</b>	5145	Mantenimiento y reparaciones
<b>Subcuenta</b>	514510	Construcciones y edificaciones

*Nota.* Tomado de la interfaz del PUC.

**Tabla 14**

*Matriz de integración del PUC y Uniclass 2015.*

Cuenta	Categoría	Descripción
<b>514510</b>	Ss_30_10_90	Mantenimiento y reparación de sistema de estructura de techo unitario.

Se realizó un diagrama con ayuda del Software Bizagi consolidando toda la metodología que se debe llevar a cabo para realizar un modelo BIM de edificaciones educativas existentes, empleada para los procesos de mantenimiento durante la etapa de operación, se incluyó una etapa final donde se especifica lo que se debe hacer después de los alcances de este trabajo de pasantía de investigación. Este diagrama se puede detallar en el **Apéndice A**.

#### 4. Conclusiones

Los resultados obtenidos con este caso de estudio demuestran la importancia de tener toda la información documentada y actualizada de una edificación existente al momento de realizar actividades de mantenimiento. El mantenimiento es donde se define que tan funcional, seguro y eficiente puede llegar a ser una edificación.

Los métodos de levantamiento y digitalización favorecen a la edificación manteniendo una información completa y actualizada, con esto lograr programar las actividades y pronosticar su estado permitiendo un eficiente manejo del presupuesto evitando residuos aumentando su productividad.

Por otra parte, los sistemas de clasificación brindan una estructura donde la información se encuentra organizada y de fácil acceso entre todas las partes involucradas, esto contribuye a la mejora de la comunicación e intercambio de datos durante todo el ciclo de vida del edificio, permitiendo controlar los recursos y gestionar las actividades de mantenimiento categorizando todos los elementos y sistemas que hacen parte de la edificación.

Tener una gestión del mantenimiento preventivo de una edificación existente brinda calidad y seguridad a los usuarios, aporta estética al edificio, disminuye costos y asegura que se pueda observar con más claridad las actividades que son críticas.

La integración del Plan Único de Cuentas (PUC) y el sistema de clasificación Uniclass 2015 garantiza el control financiero en los procesos del mantenimiento, brindando categorización al momento de identificar y asignar el uso de los recursos financieros.

## **5. Recomendaciones**

Para seleccionar los sistemas de clasificación o los métodos de levantamiento y digitalización se debe tener presente, que dependen de las necesidades y alcances que se quiera abarcar en la edificación en estudio, al igual que de los recursos que se dispongan, ya que, como se ha mencionado durante este artículo la planificación del presupuesto es crucial para brindar que los sistemas que componen la edificación funcionen, realizando un mantenimiento preventivo adecuado y así mejorando la toma de decisiones.

### Referencias Bibliográficas

- Abdirad, H., & Dossick, C. S. (2020). Rebaselining Asset Data for Existing Facilities and Infrastructure. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 34(1). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)cp.1943-5487.0000868](https://doi.org/10.1061/(asce)cp.1943-5487.0000868)
- Alashari, M., El-Rayes, K., & AlOtaibi, M. (2023). Optimizing the Planning of Maintenance Activities in Education Buildings. *Journal of Construction Engineering and Management*, 149(10). <https://doi.org/10.1061/jcemd4.coeng-13215>
- Antinozzi, S., di Filippo, A., & Musmeci, D. (2022). Immersive Photographic Environments as Interactive Repositories for Preservation, Data Collection and Dissemination of Cultural Assets. *Heritage*, 5(3), 1659–1675. <https://doi.org/10.3390/heritage5030086>
- Arditi, D., & Nawakorawit, M. (1999). *Designing Buildings For Maintenance: Designers' Perspective*.
- Bäcklund, K., Molinari, M., Lundqvist, P., & Karlsson, P. (2022). Showcasing the First Steps Towards a Digital Twin for Campus Environments. *E3S Web of Conferences*, 362. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202236210003>
- Cardinal, S. M., Tosin, C. E., Pilz, S. E., & Costella, M. F. (2020). Inspection Method for Building Maintenance Management in Higher Education Institutions. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 34(6). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)cf.1943-5509.0001521](https://doi.org/10.1061/(asce)cf.1943-5509.0001521)
- Chung, T., Bok, J. H., & Ji, H. W. (2023). A Multi-Story Expandable Systematic Hierarchical Construction Information Classification System for Implementing Information Processing in Highway Construction. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(18). <https://doi.org/10.3390/app131810191>
- Contaduría General de la Nación. (2023). *Plan Único de Cuentas de las Instituciones de Educación Superior*.

- Convers Rivera, M. J. (2020). *Análisis de sistemas de clasificación para entorno BIM*.
- Dzwierzynska, J., & Prokop, A. (2022). Reconstruction of Historic Monuments—A Dual Approach. *Sustainability (Switzerland)*, *14*(21). <https://doi.org/10.3390/su142114651>
- Elghaish, F., Matarneh, S., Talebi, S., Kagioglou, M., Hosseini, M. R., & Abrishami, S. (2021). Toward digitalization in the construction industry with immersive and drones technologies: a critical literature review. *Smart and Sustainable Built Environment*, *10*(3), 345–363. <https://doi.org/10.1108/SASBE-06-2020-0077>
- Eweda, A., Zayed, T., & Alkass, S. (2015). Space-Based Condition Assessment Model for Buildings: Case Study of Educational Buildings. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, *29*(1). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)cf.1943-5509.0000481](https://doi.org/10.1061/(asce)cf.1943-5509.0000481)
- Gordon, M., Batallé, A., De Wolf, C., Sollazzo, A., Dubor, A., & Wang, T. (2023). Automating building element detection for deconstruction planning and material reuse: A case study. *Automation in Construction*, *146*. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104697>
- Grussing, M. N., Asce, M., & Liu, L. Y. (2014). *Knowledge-Based Optimization of Building Maintenance, Repair, and Renovation Activities to Improve Facility Life Cycle Investments*. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CF.1943](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CF.1943)
- Hall F, & Greeno R. (2001). *Building Services, Incorporating Current Building & Construction Regulations*.
- Hellmuth, R. (2022). UPDATE APPROACHES AND METHODS FOR DIGITAL BUILDING MODELS - LITERATURE REVIEW. In *Journal of Information Technology in Construction* (Vol. 27, pp. 191–222). International Council for Research and Innovation in Building and Construction. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2022.010>

- Hong, S., Kim, J., & Yang, E. (2022). Automated Text Classification of Maintenance Data of Higher Education Buildings Using Text Mining and Machine Learning Techniques. *Journal of Architectural Engineering*, 28(1). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)ae.1943-5568.0000522](https://doi.org/10.1061/(asce)ae.1943-5568.0000522)
- Hosamo, H. H., Nielsen, H. K., Alnmr, A. N., Svennevig, P. R., & Svidt, K. (2022). A review of the Digital Twin technology for fault detection in buildings. In *Frontiers in Built Environment* (Vol. 8). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2022.1013196>
- Leen Kang, B. S., Member, A., & Paulson, B. C. (2000). *Information classification for civil engineering projects By UNICLASS*.
- Lerma, J. L., Cabrelles, M., Seguí, A. E., & Navarro, S. (2011). *Aplicación de la fotogrametría terrestre al levantamiento de alzados de edificios singulares*. <http://www.cult.gva.es/dgpa/documentacion/interno/170>.
- Li, C. Z., Guo, Z., Su, D., Xiao, B., & Tam, V. W. Y. (2022). The Application of Advanced Information Technologies in Civil Infrastructure Construction and Maintenance. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 14, Issue 13). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su14137761>
- LLatas, C., Soust-Verdaguer, B., Hollberg, A., Palumbo, E., & Quiñones, R. (2022). BIM-based LCSA application in early design stages using IFC. *Automation in Construction*, 138. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104259>
- Martín, M. R., Aparicio, L. J. S., Maté-González, M. Á., Muñoz-Nieto, Á. L., & Gonzalez-Aguilera, D. (2022). Comprehensive Generation of Historical Construction CAD Models from Data Provided by a Wearable Mobile Mapping System: A Case Study of the Church of Adanero (Ávila, Spain). *Sensors*, 22(8). <https://doi.org/10.3390/s22082922>

- Mêda, P., Calvetti, D., & Sousa, H. (2023). Exploring the Potential of iPad-LiDAR Technology for Building Renovation Diagnosis: A Case Study. *Buildings*, 13(2). <https://doi.org/10.3390/buildings13020456>
- Mendez, S. L. (2019). *Guía para la implementación de herramientas BIM en el proceso de control de un proyecto.*
- Mirzaei, K., Arashpour, M., Asadi, E., Feng, H., Mohandes, S. R., & Bazli, M. (2023). Automatic compliance inspection and monitoring of building structural members using multi-temporal point clouds. *Journal of Building Engineering*, 72. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.106570>
- Mora, R., Martín-Jiménez, J. A., Lagüela, S., & González-Aguilera, D. (2021). Automatic point-cloud registration for quality control in building works. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(4), 1–21. <https://doi.org/10.3390/app11041465>
- Moretti, N., Xie, X., Merino Garcia, J., Chang, J., & Kumar Parlikad, A. (2023). Federated Data Modeling for Built Environment Digital Twins. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 37(4). <https://doi.org/10.1061/jccee5.cpeng-4859>
- Musarat, M. A., Sadiq, A., Alaloul, W. S., & Abdul Wahab, M. M. (2023). A Systematic Review on Enhancement in Quality of Life through Digitalization in the Construction Industry. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 15, Issue 1). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su15010202>
- National Building Specifications. (2024). *Unified Construction Classification UNICLASS*. <https://www.thenbs.com/our-tools/uniclass>
- Peinado-santana, S., Hernández-lamas, P., Bernabéu-larena, J., Cabau-anchuelo, B., & Martín-carro, J. A. (2021). Public works heritage 3d model digitisation, optimisation and dissemination with free and open-source software and platforms and low-cost tools. *Sustainability (Switzerland)*, 13(23). <https://doi.org/10.3390/su132313020>

- Pinti, L., & Bonelli, S. (2022). A Methodological Framework to Optimize Data Management Costs and the Hand-Over Phase in Cultural Heritage Projects. *Buildings*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/buildings12091360>
- Pomè, A. P., Tagliaro, C., Celani, A., & Ciaramella, G. (2023). Is Digitalization Worth the Hassle? Two cases of Innovation Building Operation and Maintenance. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1176(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1176/1/012031>
- Pupeikis, D., Navickas, A. A., Klumbyte, E., & Seduikyte, L. (2022). Comparative Study of Construction Information Classification Systems: CCI versus Uniclass 2015. *Buildings*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/buildings12050656>
- Rebec, K. M., Deanovič, B., & Oostwegel, L. (2022). Old buildings need new ideas: Holistic integration of conservation-restoration process data using Heritage Building Information Modelling. *Journal of Cultural Heritage*, 55, 30–42. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2022.02.005>
- Royano, V., Gibert, V., Serrat, C., & Rapinski, J. (2023). Analysis of classification systems for the built environment: Historical perspective, comprehensive review and discussion. In *Journal of Building Engineering* (Vol. 67). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.105911>
- Sagarna, M., Otaduy, J. P., Mora, F., & Leon, I. (2022). Analysis of the State of Building Conservation through Study of Damage and Its Evolution with the State of Conservation Assessment BIM Model (SCABIM). *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(14). <https://doi.org/10.3390/app12147259>
- Sajjad, M., Hu, A., Waqar, A., Falqi, I. I., Alsulamy, S. H., Bageis, A. S., & Alshehri, A. M. (2023). Evaluation of the Success of Industry 4.0 Digitalization Practices for Sustainable Construction Management: Chinese Construction Industry. *Buildings*, 13(7). <https://doi.org/10.3390/buildings13071668>

- Saleeb, N., Marzouk, M., & Atteya, U. (2018). A comparative suitability study between classification systems for bim in heritage. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 13(1), 130–138. <https://doi.org/10.2495/SDP-V13-N1-130-138>
- The Joanna Briggs Institute. (2015). Methodology for JBI Scoping Reviews. *The Joanna Briggs Institute*.
- Uribe, L. R. (2018). *Plan de cuentas para sistemas contables 2018*.
- Volk, R., Stengel, J., & Schultmann, F. (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings - Literature review and future needs. In *Automation in Construction* (Vol. 38, pp. 109–127). <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.023>
- Yau, Y. (2012). Multicriteria Decision Making for Homeowners' Participation in Building Maintenance. *Journal of Urban Planning and Development*, 138(2), 110–120. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)up.1943-5444.0000108](https://doi.org/10.1061/(asce)up.1943-5444.0000108)
- Zairul, M., & Zaremohzzabieh, Z. (2023). Thematic Trends in Industry 4.0 Revolution Potential towards Sustainability in the Construction Industry. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 15, Issue 9). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su15097720>
- Zhu, Z., Chen, T., Rowlinson, S., Rusch, R., & Ruan, X. (2023). A Quantitative Investigation of the Effect of Scan Planning and Multi-Technology Fusion for Point Cloud Data Collection on Registration and Data Quality: A Case Study of Bond University's Sustainable Building. *Buildings*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/buildings13061473>

## **Apéndices**

El apéndice está adjunto y puede visualizarlos en la base de datos de la biblioteca UIS.

**Apéndice A.** Metodología modelo BIM