

# “USO DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA GESTIÓN DEL LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTÍSIMA CONCEPCIÓN”

*R. Oróstegui Lizama<sup>1</sup>, L.Roa Rojas<sup>2</sup> y C. Correa Rogel<sup>3</sup>*

## **RESUMEN:**

Durante la última década, Building Information Modeling (BIM) ha sido objeto de una amplia investigación en las etapas de diseño y construcción, sin embargo, su impacto en la operación de los activos, especialmente en entornos universitarios, ha sido subestimado. Por este motivo, esta investigación se centra en la Universidad Católica de la Santísima Concepción y su transición hacia el uso e implementación de la metodología BIM para optimizar los procesos ligados a la ingeniería. Por lo anterior, se presenta un análisis detallado de cómo la implementación de BIM puede aportar e incorporar mejoras sustanciales en el manejo de la información con la que se trabaja en las operaciones típicas del laboratorio. En este sentido, se utiliza el caso de estudio del Edificio San José Obrero, Laboratorio de Ingeniería Civil de la universidad, para mostrar el potencial de BIM en la agilización y mejora del proceso de operación. Este estudio ofrece una visión valiosa para mejorar la gestión de edificios universitarios mediante tecnologías innovadoras como el BIM.

**PALABRAS CLAVES:** Modelado de Información de Edificios, BIM, operación de Edificios, procesos.

**ABSTRACT:** Over the past decade, Building Information Modeling (BIM) has been the subject of extensive research in the design and construction phases, however, its impact on asset operation, particularly in university settings, has been underestimated. For this reason, this research focuses on the Catholic University of the Santísima Concepción and its transition towards using and implementing BIM methodology to optimize engineering-related processes. Therefore, a detailed analysis is presented on how the implementation of BIM can contribute and incorporate substantial improvements in the management of information used in typical laboratory operations. In this sense, the case of study, the San José Obrero Building, the Civil Engineering Laboratory of the university, is used to demonstrate the potential of BIM in streamlining and improving the operation process. This study offers valuable insights for enhancing the management of university buildings through innovative technologies such as BIM.

**KEYWORDS:** Building Information Modeling, BIM, building operation, processes

---

<sup>3</sup>Estudiante, Carrera de Ingeniería Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción, CHILE, [rorostegui@ing.ucsc.cl](mailto:rorostegui@ing.ucsc.cl)

<sup>2</sup>Profesor Guía, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción, CHILE, [lroa@ucsc.cl](mailto:lroa@ucsc.cl)

<sup>3</sup>Profesor Informante, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción, CHILE, [claudiocorrea@ucsc.cl](mailto:claudiocorrea@ucsc.cl)

## 1. INTRODUCCIÓN

La modernización de los procesos de manejo de información asociada con proyectos que entrega el uso de la metodología BIM, permite contar a lo largo del ciclo de vida de un activo, con la representación digital de todo el proceso de diseño, construcción y operación, facilitando esto el intercambio de información. La incorporación del trabajo colaborativo se ha convertido en una herramienta clave para mejorar la eficiencia en la industria AEC. En concordancia con (ESTANDAR BIM DE CORFO, 2021), Building Information Modeling (BIM) es un conjunto de metodologías tecnológicas y estándares que permiten diseñar, construir y operar activos en un espacio virtual, facilitando el intercambio de información crucial en todas las etapas de un proyecto. Los beneficios del uso de BIM representan una importancia cada vez mayor en los proyectos actuales. En Chile, se introdujo el uso de esta metodología en proyectos públicos en el año 2020, con el objetivo de mejorar la sostenibilidad y la productividad en la industria. A pesar de esto, la etapa de operación de activos, una vez ha culminado su construcción, es una fase en la que se ha explorado poco, ya que no es común encontrar edificaciones que se estén operando en su totalidad haciendo uso de información digital.

La contribución del sector de la construcción a la economía chilena es significativa, representando un 7.2 % del Producto Interno Bruto y proporcionando empleo al 10.6 % de la población laboral del país, cifras obtenidas de (ESTANDAR BIM DE CORFO, 2021). Dada su relevancia, es fundamental que la industria de la construcción se adapte a las nuevas tecnologías, ya que los modelos tradicionales no actualizados pueden llevar a una ineficiencia considerable. Por este motivo, en los últimos años se ha producido un cambio hacia la tecnología digital, dejando obsoletos a los modelos tradicionales. En la administración de un activo entran en juego múltiples aspectos que pueden influir en el correcto uso que se le da a la edificación. Un ejemplo de esto, son los procesos logísticos asociados con movimiento de maquinarias, ubicación de equipos, mantenimiento, entre otros. En instituciones públicas, es especialmente importante contar con un control de la información asociada con los activos que se encuentran en un campus universitario. Por este motivo, la calidad con la que se administre la información entregará un valor agregado al proceso educativo que se entrega la institución (Montoya & Galiano, 2017).

Adicionalmente, la forma en la que se traspa la información digital entre todas las personas involucradas en los proyectos resulta clave para evitar la pérdida de esta. En consecuencia, las plataformas colaborativas de intercambio de información resultan altamente adecuadas (Preidel, 2018).

Esto beneficia a todos los trabajadores involucrados en un proyecto al proporcionarles acceso a una plataforma común y actualizada para colaborar y tomar decisiones informadas.

La premisa fundamental de un Entorno Común de Datos (CDE), según la propuesta de la norma ISO 19650, consiste en presentar todos los datos relevantes como una fuente única y veraz, facilitando así la colaboración continua entre las partes interesadas. Sin embargo, las herramientas disponibles para los CDE cumplen con estos requisitos de manera dispar. Este estudio se propone investigar la implementación de la idea de CDE presentada por la ISO 19650 en la industria, identificando las herramientas actualmente utilizadas como CDE y explorando los desafíos prácticos que enfrentan.

La presente investigación pretende demostrar la eficiencia que se puede lograr en el Edificio Laboratorio San José Obrero, ubicado en la Universidad Católica de la Santísima Concepción, al implementar prácticas asociadas con BIM aplicado en Facility Management. El estudio pretende destacar cómo la

adopción de esta tecnología puede optimizar el rendimiento y prolongar la vida útil de un activo, lo que tiene el potencial de generar importantes beneficios tanto económicos como ambientales, enmarcado todo lo anterior en la administración y operación dentro de una edificación.

## **2. OBJETIVO**

### **2.1 Objetivo general.**

Usar la metodología BIM en la gestión del Laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de la Santísima Concepción.

### **2.2 Objetivos específicos.**

1. Documentar los procesos actuales que se llevan a cabo dentro del Laboratorio de Ingeniería Civil asociados con ensayos.
2. Desarrollar una estrategia de logística con base en la información digital relacionada con insumos utilizados para efectuar ensayos.
3. Incorporar la utilización de un entorno común de datos (CDE) en los intercambios de información entre entidades externas y el Laboratorio de Ingeniería Civil.

## **3. METODOLOGÍA**

Esta investigación se llevará a cabo mediante un enfoque experimental, de acuerdo con lo establecido por *Fidias G. Arias (2011)*. Se empleará una metodología descriptiva, con un diseño de investigación documental y experimental.

Se realizará un análisis detallado de los procesos actuales en el Laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de la Santísima Concepción, centrándose en los aspectos relacionados con el mantenimiento y la gestión de insumos utilizados en los ensayos. Se recopilarán datos sobre la eficiencia de los procesos, los problemas recurrentes y las áreas de mejora identificadas.

Para abordar la falta de una estrategia logística fundamentada en el uso de información digital, se desarrollará un plan para la implementación de la metodología BIM en la gestión de los espacios del laboratorio. Esto incluirá la identificación de los espacios críticos, la creación de modelos digitales para su seguimiento y la integración de un sistema de gestión de inventario basado en BIM.

Para mejorar la gestión del proceso de ensayo de probetas, se diseñará una metodología basada en BIM. Esto implicará la creación de modelos digitales de los equipos y sistemas del laboratorio, la definición de procedimientos de almacenamiento y la logística asociada con el ingreso de materiales y la salida de estos.

Además, se establecerá un entorno común de datos (CDE) como herramienta para facilitar el intercambio de información entre el Laboratorio de Ingeniería Civil y entidades externas. Esto permitirá una mejor

coordinación y colaboración en proyectos conjuntos, así como una toma de decisiones más informada y eficiente relacionada con los procesos de ensayos.

#### 4. MARCO TEÓRICO

La Metodología BIM (Building Information Modeling) representa un enfoque integral para el diseño, construcción y operación de edificaciones e infraestructuras. Este enfoque combina tecnologías avanzadas, estándares y prácticas colaborativas para generar y gestionar modelos digitales que contienen información detallada sobre cada aspecto del proyecto. Esto facilita la toma de decisiones informadas a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto, desde la planificación inicial hasta la operación y el mantenimiento continuo. La implementación de la Metodología BIM no solo optimiza los procesos de diseño y construcción, sino que también mejora la eficiencia operativa y la gestión de activos a largo plazo. En este contexto, programas como el PlanBIM de CORFO en Chile se destacan por su compromiso con la estandarización y la adopción de procesos más eficientes en la industria de la construcción, lo que contribuye a aumentar la productividad y la competitividad del sector.

##### 3.1 Usos BIM

De acuerdo con el Estándar BIM para Proyectos Públicos, PlanBIM, 2021, ***“Son métodos de aplicación de BIM durante el ciclo de vida de una edificación o infraestructura para alcanzar uno o más objetivos específicos”***. Estos usos representan un marco conceptual que guía la implementación y aplicación de la metodología en proyectos de construcción y desarrollo de infraestructura.

Cada uso BIM identifica una función o propósito particular para el cual se emplea, ofreciendo una descripción detallada de cómo puede utilizarse la metodología para abordar necesidades específicas en un proyecto. Estos usos se adaptan y aplican según las características y requerimientos particulares de cada proyecto, sirviendo como herramientas flexibles y versátiles para las partes interesadas involucradas en la planificación, diseño, construcción y operación de una edificación o infraestructura.

Los usos BIM se agrupan a través de 4 etapas generales de proyecto: Planificación, diseño, construcción y operación. En la presente investigación se hará énfasis en la etapa de “operación”, donde se trabaja con gestión de activos, análisis de sistema, mantenimientos preventivos, gestión y seguimiento de espacio y planificación y gestión de emergencia.

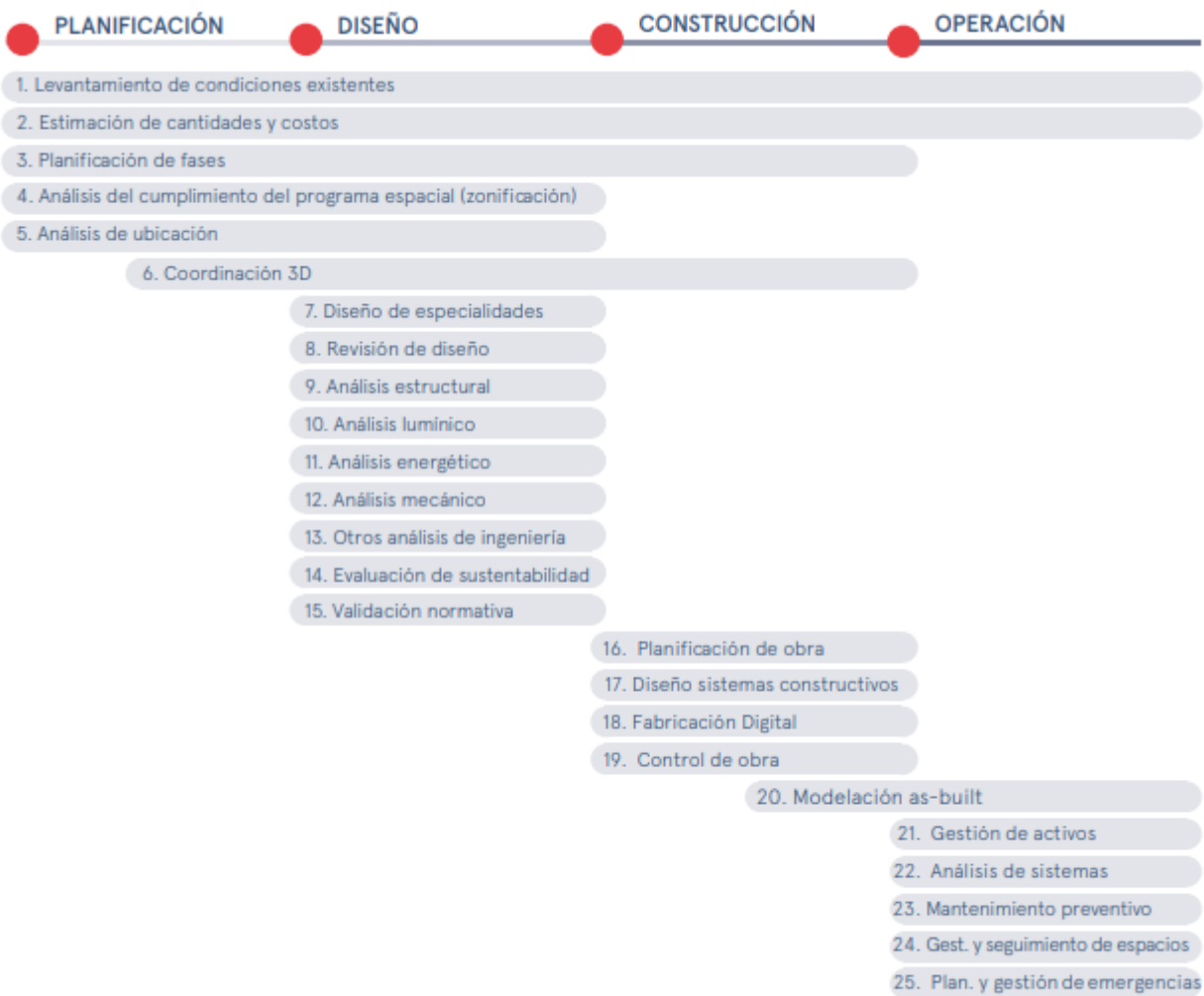
El año 2016 se creó PlanBIM, es un programa creado por la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), que busca reducir los costos y plazos de los procesos de construcción en proyectos públicos y hacer más eficiente la operación de infraestructura, así mismo, BIM está siendo progresivamente introducido por muchos proyectistas e ingenieros en la fase de diseño, pero aún se encuentra en una etapa inicial sobre todo para algunas PYMES.

Es por esto que la fase de operación y mantenimiento que se observa en la Imagen 1 hace que los beneficios obtenidos en esta etapa sea un tema casi inexplorado. En la fase de operación y mantenimiento se obtiene 80% de la inversión del activo.

Un estudio de la Universidad de Stanford en 2007 indicó que BIM podría eliminar hasta el 40% de los cambios no presupuestados y aumentar la precisión de la estimación de costos. El gobierno del Reino Unido ha reportado reducciones de costos de entre 7% y 26% en varios proyectos que utilizan BIM.

Chen y Wang [2009], Liu e Issa [2012] y Lin y Su [2013], han destacado la visualización tridimensional como un elemento fundamental en algunas actividades de Facility Management mediante el uso de una geometría precisa y real, datos para apoyar el servicio de mantenimiento de las instalaciones.

En esta investigación se pretende reestructurar las actuales operaciones de funcionamiento y mantenimiento del Laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de la Santísima Concepción, haciendo uso de la metodología BIM. Adoptar BIM junto con Facility Management desde una etapa temprana, garantiza la prestación de un servicio de alta calidad en los procesos de investigación en edificios que son cada vez más complejos y sofisticados.



Basada en Project Execution Planning Guide version 2.1, mayo 2011

**Imagen 1: Usos BIM**

*Fuente: Estándar BIM para proyectos públicos, 2021*

### 3.2 Ciclo de vida de un activo.

#### 3.2.1 Activo.

En el ámbito del Building Information Modeling (BIM), el término "activo" posee una amplia gama de significados que se ajustan al contexto particular en el que se emplea:

- **Componente físico:** Un activo se refiere a cualquier entidad física de una estructura o edificación, como muros, pisos, techos, equipamiento mecánico o sistemas eléctricos. Estos elementos son representados digitalmente en un entorno BIM para proporcionar una visualización precisa de la construcción o infraestructura.
- **Elemento informativo:** Además de los componentes físicos, en el contexto de BIM, un activo también abarca cualquier tipo de información asociada con el modelo, tales como, datos de rendimiento, especificaciones técnicas, costos, plazos de construcción, mantenimiento y otros detalles relevantes para la gestión del ciclo de vida de un edificio o infraestructura.
- **Propiedad o recurso:** En un sentido más amplio, un activo en el ámbito de BIM puede referirse a cualquier propiedad o recurso que forme parte de un proyecto de construcción o infraestructura, incluyendo recursos humanos, financieros y temporales necesarios para la exitosa culminación del proyecto.

El concepto de "activo" puede ser entendido como cualquier componente físico modelado digitalmente, elemento informativo asociado al modelo, o propiedad/recurso esencial para la planificación, diseño, construcción, operación o mantenimiento de una estructura o infraestructura. La definición precisa puede variar dependiendo del contexto específico dentro del proceso BIM.

#### 3.2.2 Ciclo de vida de un activo.

El concepto del ciclo de vida de un activo en el contexto del Building Information Modeling (BIM) se refiere a la gestión de información relacionada con un elemento de construcción desde su concepción inicial hasta su demolición o desmantelamiento. Este proceso implica la recolección, organización y análisis de datos a lo largo de todas las etapas de la vida útil del activo.

Las fases del ciclo de vida de un activo son las siguientes:

- **Concepción y diseño:** Comprende la planificación inicial, el diseño conceptual y el desarrollo detallado del activo.

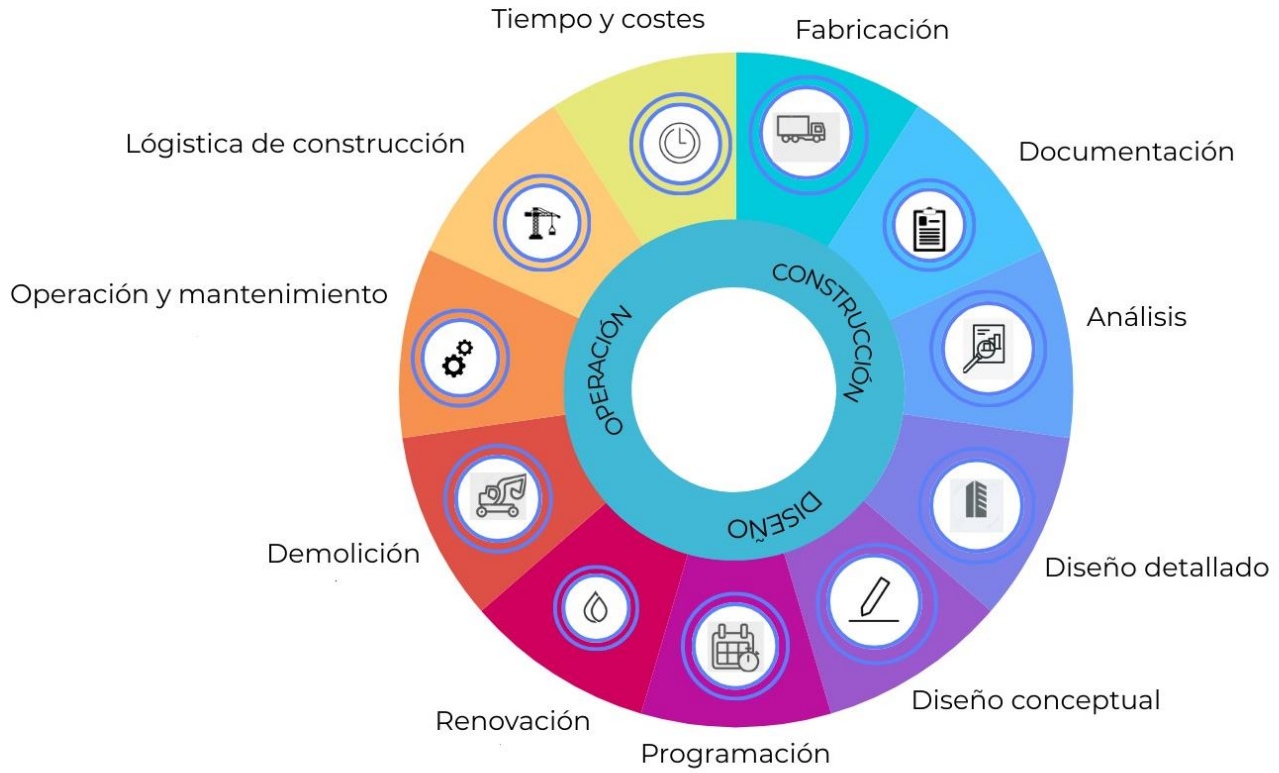


- **Construcción:** Implica la implementación física del diseño para erigir el activo.
- **Operación:** Incluye la utilización diaria del activo, el mantenimiento regular, la gestión de activos y la optimización del rendimiento.
- **Mantenimiento:** Engloba las actividades periódicas destinadas a preservar y mantener el activo en condiciones óptimas.
- **Renovación/Rehabilitación:** Consiste en la actualización o mejora del activo para prolongar su vida útil o adaptarlo a nuevas necesidades.
- **Demolición/Desmantelamiento:** Es el proceso de retirar el activo al final de su vida útil.

El ciclo de vida del activo en BIM se caracteriza por:

- **Gestión de datos integrada:** BIM facilita la gestión integrada de datos en todas las fases del ciclo de vida, lo que permite tomar decisiones informadas.
- **Colaboración multidisciplinaria:** Los equipos de diseño, construcción y gestión de activos pueden colaborar eficientemente gracias a la interoperabilidad de los modelos BIM.
- **Visualización y simulación:** BIM proporciona herramientas para visualizar y simular el activo en diferentes etapas, lo que ayuda a comprender su funcionamiento y rendimiento.
- **Optimización del rendimiento:** A través del análisis de datos recopilados a lo largo del ciclo de vida, es posible optimizar el rendimiento del activo, mejorar su eficiencia y reducir costos operativos.
- **Historial documentado:** BIM mantiene un registro histórico completo de todos los datos relacionados con el activo, lo que facilita la gestión de cambios, el seguimiento de mantenimiento y la toma de decisiones futuras.

En definición, el “*Conjunto de etapas o fases por las que atraviesa una edificación o infraestructura desde la idea y definición de sus requerimientos hasta el fin de su uso.*” (*Estándar BIM para proyectos públicos, PlanBim, 2021*). Abarca desde la concepción y diseño inicial hasta su eventual demolición o desmantelamiento, pasando por las etapas de construcción, operación y mantenimiento como se observa en la Imagen 2. En cada una de estas etapas, se utiliza la tecnología BIM para gestionar y optimizar el proceso, facilitando una colaboración eficiente entre los diferentes actores involucrados y maximizando el valor y la eficiencia del activo a lo largo de su vida útil.



**Imagen 2:**  
**Gráfico 1:** "Ciclo de vida de un activo".  
**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.3 Software BIM

Los modelos BIM implican la generación de representaciones tridimensionales que contienen información detallada sobre los componentes de los proyectos, como geometría, propiedades físicas, relaciones espaciales y datos de rendimiento. Estos modelos sirven como una fuente centralizada de información para todos los participantes del proyecto y actúan como una representación virtual completa de la edificación o infraestructura. En resumen, un modelo constructivo.

Además de la creación de modelos, el proceso implica la colaboración y coordinación interdisciplinaria entre los diferentes equipos y disciplinas involucrados en el proyecto. Esto incluye la integración de información proveniente de arquitectos, ingenieros estructurales, MEP (Mecánica, Eléctrica y Fontanería), contratistas y otros stakeholders, con el fin de garantizar la coherencia y la calidad del modelo final.

Uno de los usos fundamentales es la simulación y análisis de datos. Los modelos permiten realizar análisis avanzados en áreas como la eficiencia energética, la seguridad estructural, el flujo de trabajo y la logística de la construcción. Estos análisis proporcionan información valiosa para la toma de decisiones en todas las etapas del proyecto, desde el diseño inicial hasta la fase de operación y mantenimiento.

La gestión de la información es un aspecto crucial en todo el ciclo de vida del proyecto. Esto implica la actualización continua de los modelos a medida que avanza el proyecto, la documentación de cambios y revisiones, y la facilitación del intercambio de datos entre diferentes sistemas y plataformas de software, sin importar la ubicación de los colaboradores. Se abarcan una amplia gama de actividades que van desde la creación y gestión de modelos digitales hasta la colaboración, coordinación, análisis y gestión de información a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto. Estas operaciones son fundamentales para maximizar los beneficios de la metodología y mejorar la eficiencia y la calidad en la industria de la construcción.

La modelación digital se ha establecido como una práctica estándar y cada vez más requerida en la industria, permitiendo una gestión eficaz de la información y los activos a lo largo del tiempo. En la actualidad, diversos softwares facilitan el modelado y garantizan una implementación precisa de esta metodología. En esta investigación, se utiliza el software *Tekla Structures*<sup>®</sup>, reconocido por su capacidad y prestaciones en ingeniería estructural y gestión de información en diferentes contextos.

En resumen, un software BIM es solo una herramienta utilizada para generar o administrar información gráfica de modelos basados en partes contentivas de información. Un programa de modelado es conocido también como “*Software de modelado nativo*” o “*Software de autor*”, esto son los que generan o dan origen a los objetos que llevarán la información.

### 3.4 Ambiente común de datos (CDE).

Un entorno común de datos (*Common Data Environment, CDE*) es una herramienta esencial en la gestión de proyecto. Se basa en un espacio digital en la nube donde se recopila, gestiona y comparte eficientemente toda la información de un activo, incluyendo documentos y modelos, entre los diversos actores involucrados. El CDE sigue un proceso estandarizado que garantiza la seguridad y calidad de la información, permitiendo un flujo de trabajo distribuido en diferentes sistemas informáticos o plataformas tecnológicas.

La norma ISO 19650-1:2018 establece la estructura del CDE, definiendo cuatro estados para los archivos alojados en él: trabajo en progreso, compartido, publicado y archivado. Esta clasificación permite mantener la trazabilidad del desarrollo de la información a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

El CDE es fundamental en la gestión de proyectos BIM, especialmente debido a la complejidad del intercambio constante de datos durante todas las etapas del proyecto. La coordinación precisa y la entrega adecuada de información son clave para evitar aumentos en los costos, retrasos en los plazos de entrega y disminución de la productividad.

Entre los beneficios del CDE se encuentran la centralización y fácil acceso a la información del proyecto, la mejora en la coordinación y eficiencia del equipo, la visualización de archivos y modelos, la seguridad en las comprobaciones y la reducción del tiempo necesario para verificar la información. Es un componente complementario de la metodología BIM, que cuando se integra correctamente, mejora la colaboración y la eficiencia en la gestión de proyectos de construcción, garantizando resultados óptimos. Su implementación es crucial para facilitar la interoperabilidad y la comunicación entre diferentes sistemas a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto.

El CDE tiene como objetivo garantizar que todos los participantes del proyecto tengan acceso a información actualizada y precisa. Esto mejora la colaboración y reduce la redundancia de datos.

Las características y requerimientos de un CDE son:

- **COMPONENTES:**

- **Modelos Parciales por Dominio:** Submodelos específicos de cada disciplina, que se coordinan de manera periódica.
- **Documentos y Datos Relevantes:** Incluye todos los documentos necesarios para la coordinación y ejecución del proyecto.
- **Gestión Centralizada de Datos:** Asegura la disponibilidad de datos actualizados en todo momento.



- **ASPECTOS TÉCNICOS:**

- **Centralización de Datos:** Reduce el riesgo de redundancia y asegura la disponibilidad de información actualizada.
- **Gestión de Calidad:** Procedimientos de control de calidad que verifican la madurez y fiabilidad de la información.
- **Gestión de Versiones:** Mantiene el seguimiento de las versiones de los datos y documentos.

- **ESTÁNDARES Y NORMATIVAS REFERENCIALES:**

- **PAS 1192:** Especificación británica que ofrece un marco general para la implementación de plataformas digitales colaborativas basadas en CDE.
- **ISO 19650:** Norma internacional que define las características técnicas necesarias para un CDE, basado en gran medida en el PAS 1192.

- **BENEFICIOS:**

- **Consistencia del Modelo de Datos:** Facilita un modelo de datos consistente y de alta calidad.
- **Intercambio de Información:** Proporciona una plataforma para el intercambio de información entre los participantes del proyecto.
- **Reducción de Redundancias:** Centraliza el almacenamiento de datos para reducir redundancias.

- **REQUISITOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN:**

- **Adecuación:** Las medidas y procedimientos deben ser proporcionales a los objetivos y beneficios del proyecto.
- **Neutralidad:** Los procedimientos deben ser independientes del software utilizado, permitiendo que las empresas usen sus herramientas preferidas.
- **Aplicabilidad:** Los procedimientos deben ser aplicables a proyectos de diferentes tamaños y campos de aplicación.



- **MODELO FEDERADO:**

- **Enfoque por Dominios:** Cada autor de modelo mantiene exclusivamente su submodelo específico, garantizando la responsabilidad y autoría de los elementos del edificio.
- **Coordinación de Modelos:** Los submodelos se coordinan en intervalos fijos para mantener la consistencia del modelo general.

- **PLATAFORMA DE COLABORACIÓN DIGITAL:**

- **Idoneidad:** Las plataformas digitales colaborativas son esenciales para la implementación de proyectos BIM y la gestión de procesos colaborativos
- **Espacio Centralizado:** El CDE actúa como un espacio centralizado para la gestión de la información del proyecto, con procedimientos y técnicas que todos los participantes deben seguir.

## 5. ANTECEDENTES DEL LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL.

### 5.1 Situación actual del laboratorio

El Laboratorio de Ingeniería Civil actualmente está conformado principalmente por un área de hidráulica y área de estructura. También cuenta con un espacio reducido donde se puede realizar clases y una zona de almacenamiento donde se guardan y administran las herramientas.

El área de estructura del laboratorio presenta una serie de procedimientos y prácticas específicas. Las probetas, una vez fabricadas en una maestranza, son transportadas y colocadas en una zona de apoyo, que puede ser tanto exterior como interior al recinto de ensayo (no se encuentra definida actualmente). Los instrumentos necesarios para las pruebas se almacenan en una habitación denominada "pañol" y se utilizan únicamente durante el ensayo para minimizar el riesgo de daños o pérdidas. Sin embargo, no existe una zona específica designada para los desechos; estos se depositan en partes del estacionamiento o en una zona de acogida hasta que son recogidos o vendidos. Además, el espacio disponible es limitado, lo que dificulta las maniobras con piezas grandes y afecta la eficiencia de las operaciones.

En el área de ensayo de hormigón, las probetas se fabrican con un excedente de muestras para asegurar una correcta clasificación y caracterización del material. Las probetas de mortero se almacenan en cajones plásticos con cal, mientras que las de hormigón se colocan en una cámara húmeda durante un periodo de 28 días. Después del curado, las probetas se ensayan en el laboratorio y los residuos se almacenan temporalmente hasta su disposición final, que se realiza de manera semestral. La coordinación entre los laboratorios de hidráulica y estructuras se realiza mediante acuerdos informales entre los profesores, sin una logística formal establecida.

Los ensayos hidráulicos, a diferencia de los estructurales, no son destructivos. Se generan diferentes condiciones de flujo en los canales de olas y de pendiente variable para estudiar efectos específicos, como

el arrastre de sedimentos o el impacto de estructuras en el eje hidráulico. También se simulan condiciones naturales utilizando vegetación o evaluando la capacidad de nado de peces en colaboración con biólogos. El espacio de trabajo está dividido informalmente, y aunque no hay una coordinación formal, el laboratorio cuenta con suficiente capacidad para funcionar sin problemas de interferencia entre diferentes experimentos. La limpieza y organización del espacio es supervisada por un laborante que asegura el cumplimiento de las normas de orden basado en su criterio personal.

En resumen, el laboratorio enfrenta varios desafíos importantes, como la falta de espacio adecuado para maniobras y almacenamiento de probetas, la ausencia de una política clara y ordenado para la disposición de residuos, y la necesidad de una metodología formal de coordinación y logística entre las distintas áreas y profesores. Estos factores limitan la eficiencia y seguridad de las operaciones, destacando la necesidad de mejoras significativas en la administración y gestión del laboratorio.

## **5.2 Tipo de información utilizada para los trabajos**

En el área de acero y hormigón, la información y los registros de los ensayos se manejan principalmente de manera manual. Los datos se anotan a lápiz y en cuadernos, con algunos protocolos registrados en archivos Excel. Esta metodología refleja una gestión tradicional que puede ser eficiente para ciertos propósitos, pero también presenta riesgos de pérdida de información y errores humanos.

En el caso de los ensayos hidráulicos, se utiliza tecnología más avanzada para el registro y análisis de datos. Los ensayos se llevan a cabo utilizando controles electrónicos y sensores que capturan diversos parámetros del flujo, como velocidad, caudal y presión. Estos datos se registran en archivos digitales, generalmente en formato Excel, lo que facilita su análisis y procesamiento posterior. Para la docencia, sin embargo, se mantiene un enfoque más práctico y manual, donde los estudiantes realizan mediciones directas y registran los datos manualmente. Esto no solo sirve como una herramienta educativa efectiva, sino que también permite a los estudiantes comprender los principios fundamentales de los ensayos hidráulicos.

La dependencia de métodos manuales en algunas áreas puede resultar en errores y pérdidas de datos. Además, la falta de una metodología formal y estandarizada para el manejo de la información puede generar ineficiencias y dificultades en la coordinación entre diferentes áreas del laboratorio. La implementación de sistemas de gestión de datos más integrados y la capacitación del personal en el uso de tecnologías avanzadas, pueden ser pasos cruciales para mejorar la eficiencia y la precisión en el manejo de la información sobre los ensayos en el laboratorio.

En resumen, mientras que el manejo de la información en el laboratorio varía según el tipo de ensayo y el área, existe una clara necesidad de modernizar y estandarizar los métodos para garantizar una gestión de datos más eficiente y segura, que no solo se fundamente en la utilización de planos 2D y planillas.

## **6. RESULTADOS**

### **6.1 Utilización de modelos 3D:**

De acuerdo con los antecedentes, las propuestas se centrarán en las áreas de hormigón y acero. Actualmente, la mayoría de las maestranzas utilizan modelos 3D para la fabricación de estructuras. Estos

modelos están conformados principalmente por partes individuales y conjuntos, siendo estos últimos la agrupación de varias piezas soldadas entre sí.

Las maestranzas fabrican estos elementos a partir de modelos elaborados con programas BIM (Building Information Modeling) o software de autor. Con base en estos modelos, se pueden generar archivos para máquinas de corte, producir planos y documentos, además de aprovecharlos para la administración, gestión y control de la producción.

Una vez que los conjuntos y las partes salen de la maestranza, las probetas se ensamblan como conjuntos cuyas piezas están soldadas entre sí. Estos conjuntos funcionan como piezas de un "lego" unido que necesita ser trasladado. Cada conjunto tiene un peso específico y un área proyectada con dimensiones de ancho, largo y longitud. Posteriormente, estos conjuntos se ensamblan en la zona de ensayo y se conectan con la instrumentación, actuadores y demás equipos necesarios.

La propuesta se centra en el proceso de ingreso de estas probetas ya soldadas y ensambladas como conjuntos. Dado que las probetas no llegan de una en una, sino que normalmente se reciben todas en un mismo embarque, la idea es aprovechar los modelos 3D de la totalidad de las probetas. Al tenerlas modeladas en 3D, se pueden ubicar en el espacio virtual previamente levantado del laboratorio, lo que permite evaluar su transporte, ubicación final y posterior recuperación.

Esta metodología facilita la planificación logística, optimiza el uso del espacio en el laboratorio y mejora la eficiencia en el manejo de las probetas durante todo el proceso de ensayo.

## **6.2 Uso de una base de datos centralizada del laboratorio**

Para la presente investigación, se utilizará el modelo elaborado específicamente para estos fines. Este modelo, exportado en formato IFC (Industry Foundation Classes), proporciona el espacio virtual necesario para la integración y revisión de todos los modelos de probetas mencionados en el punto 5.1. La base de datos centralizada permite:

1. Representar fielmente el volumen actual y la ubicación de todos los elementos base del laboratorio.
2. Integrar los modelos 3D de las probetas en el espacio virtual del laboratorio.
3. Realizar revisiones y análisis exhaustivos de la disposición de las probetas dentro del entorno del laboratorio.
4. Aportar mejoras en la planificación del transporte de los elementos.

Esta aproximación facilita:

- La planificación eficiente del espacio.
- La optimización de los procesos de manejo y ubicación de las probetas.
- La visualización previa de posibles interferencias o problemas logísticos.
- La mejora en la toma de decisiones relacionadas con la distribución y el flujo de trabajo en el laboratorio.

El uso de esta base de datos centralizada representa un avance significativo en la gestión y organización del laboratorio, permitiendo una mayor precisión en la planificación y ejecución de los ensayos.

### 6.3 Propuesta de utilización de un CDE

Un Common Data Environment (CDE) o Entorno Común de Datos es una herramienta fundamental en la gestión de proyectos modernos. Según la norma ISO 19650-1:2018, la característica principal de un CDE es su capacidad para unificar todas las bases de datos y la información relacionada con un activo, permitiendo a todos los interesados acceder a la data necesaria de manera centralizada.

#### ➤ Características clave del CDE:

1. Versatilidad de acceso: Disponible en versiones de escritorio, en línea y web.
2. Integración de datos: Permite introducir y actualizar información de manera centralizada.
3. Visibilidad compartida: Todos los involucrados pueden ver la misma información actualizada.

#### ➤ Aplicación al contexto del laboratorio:

La implementación de un CDE que incluya el modelo del laboratorio ofrecería múltiples ventajas:

- Colaboración mejorada: Todos los participantes podrían acceder y contribuir al mismo conjunto de datos.
- Planificación eficiente: Facilitaría la realización de pruebas virtuales y simulaciones.
- Toma de decisiones informada: Al tener toda la información centralizada, se podrían tomar decisiones más acertadas sobre la disposición y uso del espacio del laboratorio.
- Reducción de errores: La centralización de la información minimizaría los errores de comunicación y las discrepancias en los datos.

La utilización de un CDE en el contexto del laboratorio no solo mejoraría la gestión de la información, sino que también optimizaría los procesos de planificación y ejecución de ensayos, promoviendo una colaboración más eficiente entre todos los involucrados en los distintos proyectos.

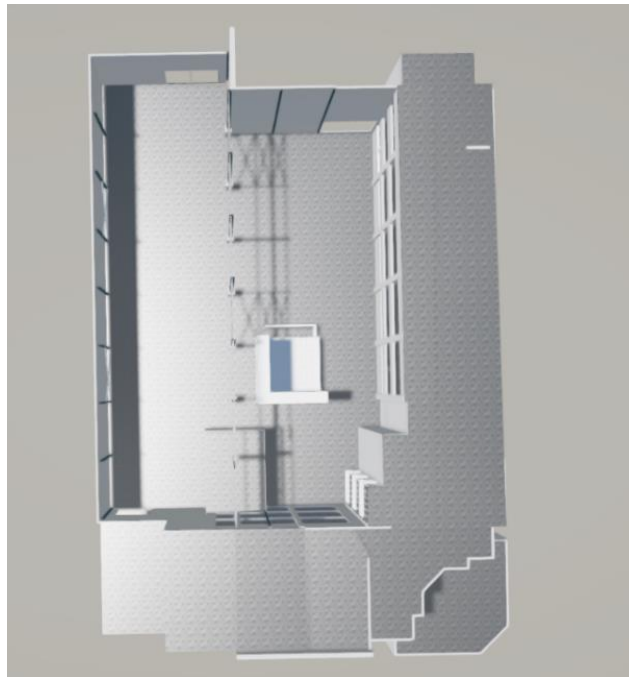
En la Imagen 3 y 4 se observa la vista en planta en formato 3D y 2D respectivamente del Laboratorio de Ingeniería Civil.

En la Imagen 5, se observa una vista isométrica del perfil posterior en formato 3D del Laboratorio de Ingeniería Civil.

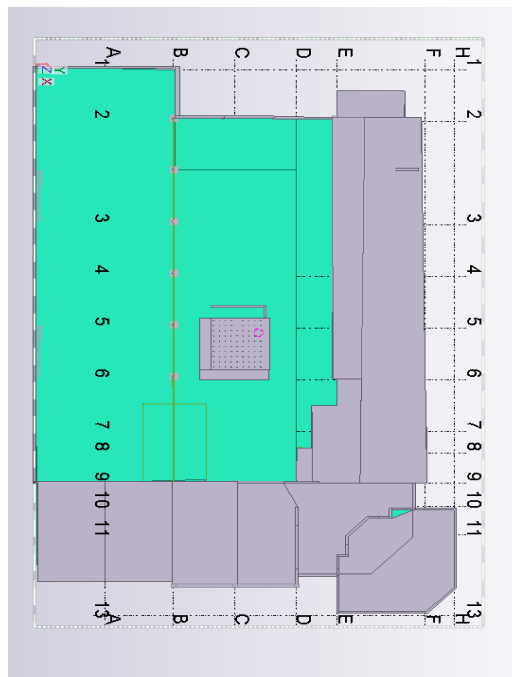
En la Imagen 6, se observa una vista isométrica del perfil frontal, con las líneas de malla del programa utilizado, *Tekla Structures*®.

En la Imagen 7, se observa una vista isométrica del perfil lateral del modelo del Laboratorio de Ingeniería Civil.

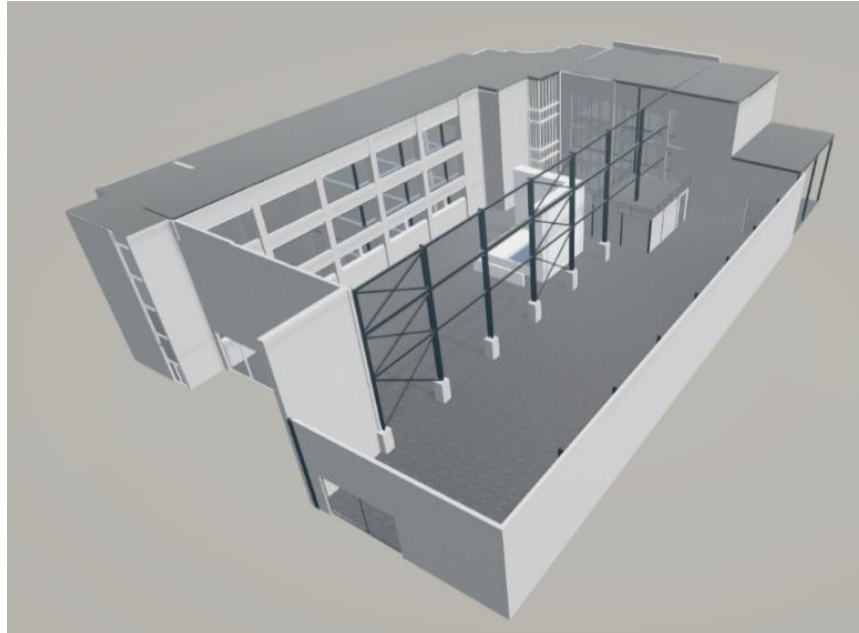
Imagen 8, se observa una vista isométrica lateral derecha del modelo del Laboratorio de Ingeniería Civil.



**Imagen 3: Vista en planta 3D. Modelo Laboratorio de Ingeniería Universidad Católica de la Santísima Concepción.**  
*Fuente: Elaboración propia.*

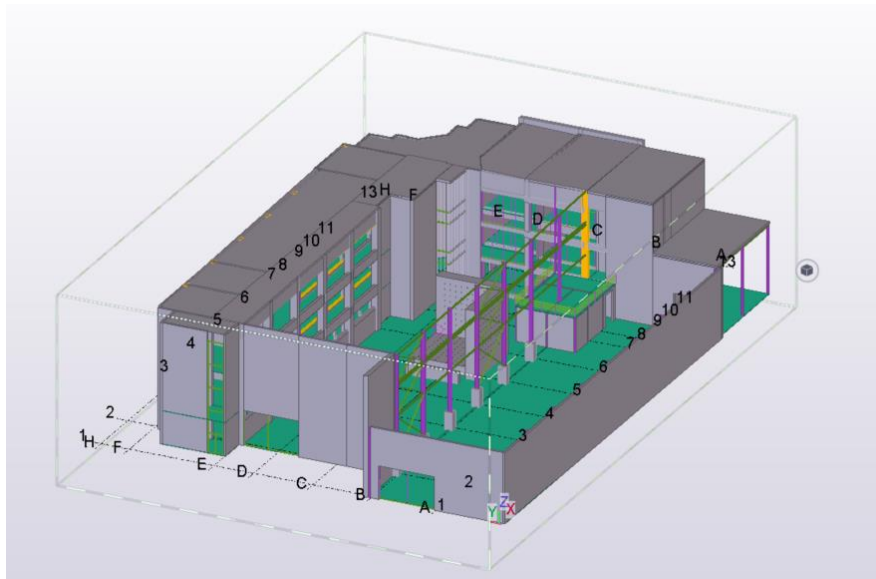


**Imagen 4: Vista en planta 2D. Modelo Laboratorio de Ingeniería Universidad Católica de la Santísima Concepción.**  
*Fuente: Elaboración propia.*



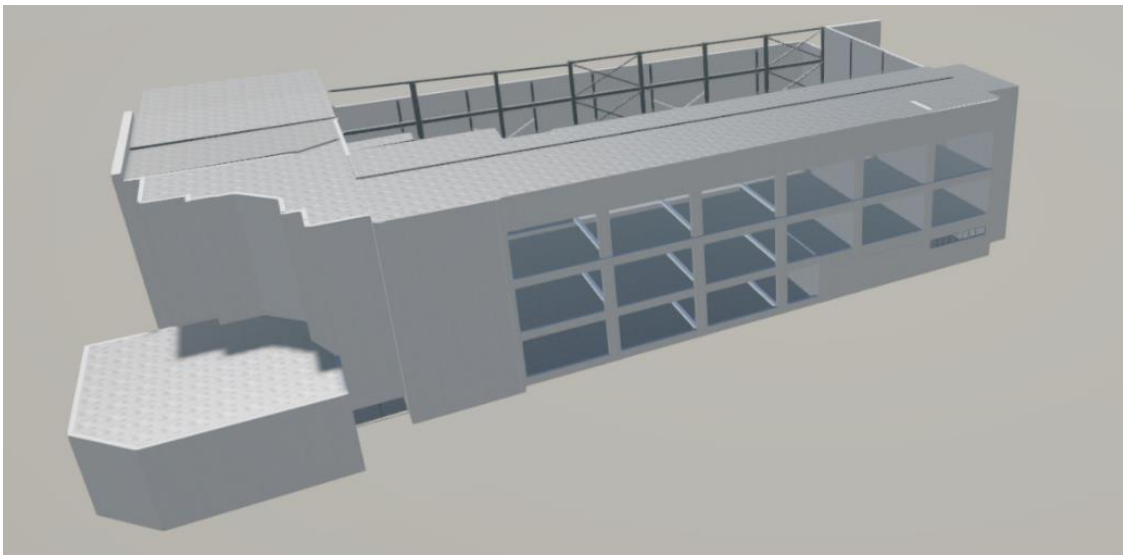
**Imagen 5: Vista isométrica perfil posterior 3D. Modelo Laboratorio de Ingeniería Universidad Católica de la Santísima Concepción.**

*Fuente: Elaboración propia.*



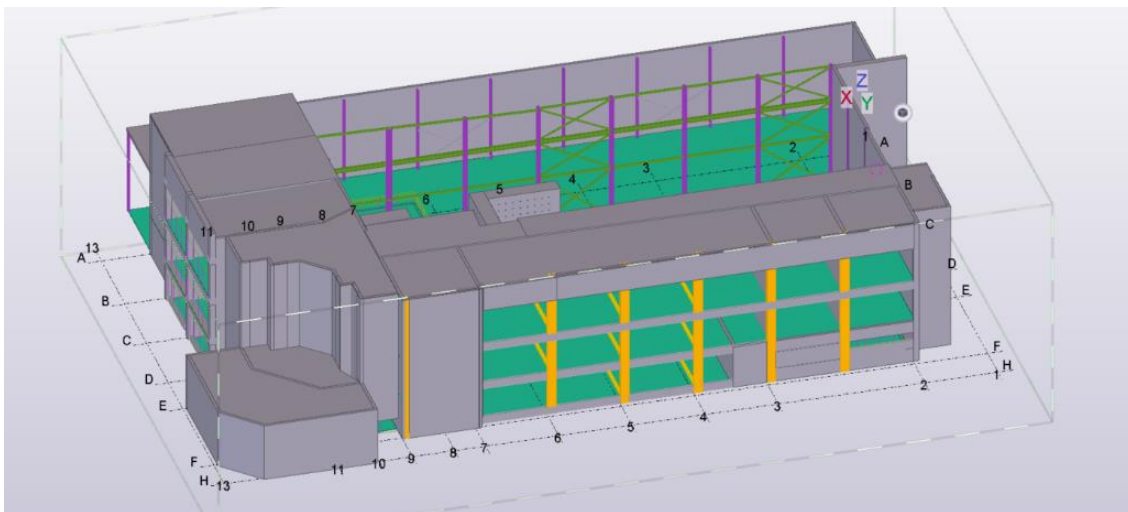
**Imagen 6: Vista isométrica del perfil frontal. Modelo Laboratorio de Ingeniería Universidad Católica de la Santísima Concepción.**

*Fuente: Elaboración propia.*



**Imagen 7: Vista isométrica perfil lateral. Modelo Laboratorio de Ingeniería Universidad Católica de la Santísima Concepción.**

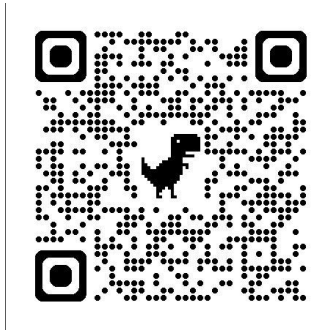
**Fuente: Elaboración propia.**



**Imagen 8: Vista isométrica lateral derecha. Modelo Laboratorio de Ingeniería Universidad Católica de la Santísima Concepción.**

**Fuente: Elaboración propia.**

Los siguientes QR se dirige al modelo de Laboratorio IFC en Trimble Connect® y la propuesta de utilización de un CDE. Para acceder, se escanea el código con la cámara del teléfono o una aplicación de escaneo de QR.



*Modelo laboratorio IFC Trimble Connect®*



*Propuesta de utilización de un CDE.*

## 6.4 Trabajo colaborativo

Uno de los principios fundamentales en BIM es el trabajo colaborativo. En él, se requiere un intercambio de información sustentado en un formato universal y estandarizado que permita la compatibilidad con cualquier software BIM, un ejemplo de esto es el tipo de archivo IFC (*Industry Foundation Classes*).

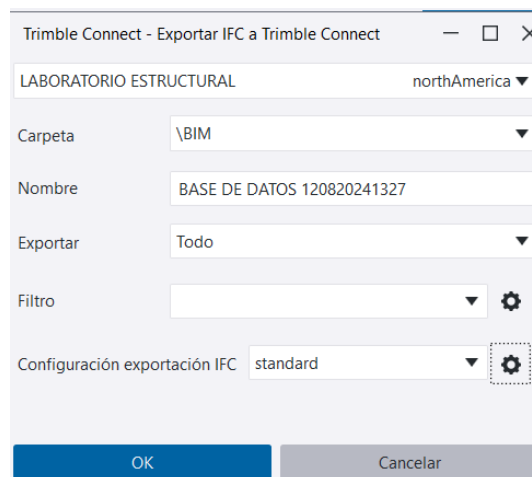
Teniendo como punto inicial el modelo del laboratorio en formato IFC, es necesario efectuar el traspaso de información a través del entorno común de datos (CDE) en un espacio digital en la nube, en donde dicha información sea respaldada y pueda ser compartida de manera eficiente con todos los profesionales involucrados en el proyecto.

Existe una variedad de plataformas que permiten el intercambio de datos a través de un CDE, todas de marcas y fabricantes diferentes, pero todos mantienen características en común asociadas con la posibilidad de almacenar y visualizar información gráfica y no gráfica, entre otros aspectos. El software de referencia usado en la presente investigación es la herramienta *Trimble Connect®*, la cual permite compartir y revisar modelos de manera efectiva asociados con los procesos y gestión del proyecto. Para

ello, se exporta el modelo IFC directamente desde el software *Tekla Structures*®, mediante un plugin que incluye este último para facilitar el proceso de exportación directa desde el programa nativo que genera los modelos.

El Entorno común de datos (CDE), se presenta gráficamente en *Trimble Connect*® de manera muy similar a como se trabaja en la nube, con un menú principal y una interfaz que contiene los modelos y/o archivos. Es posible visualizar información gráfica en 3D y no gráfica como archivos de documentos *Office*®.

Para compartir la información, en primer lugar, se debe crear una cuenta *Trimble Connect*® desde su página web y se genera un nuevo proyecto, el cual consiste en una carpeta que almacena toda la información necesaria, en este caso y para efectos de ejemplo se denota como “*BIM*”. En este paso es importante seleccionar el “*formato de archivo*” como IFC, pudiendo ser exportados solo objetos seleccionados o todos los objetos, para luego ser guardado como “*STANDARD*”. De inmediato en el mismo software se selecciona el exportador directo de IFC *Trimble Connect*®, el cual nos dirige a la interfaz que se muestra en la Imagen 9.



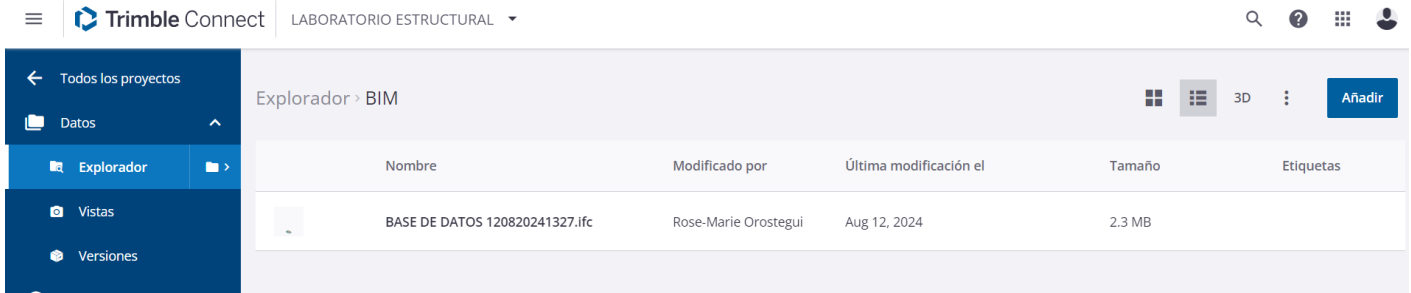
**Imagen 9: Interfaz exportar a IFC *Trimble Connect*® vía plugin.**  
**Fuente: Elaboración propia en *Tekla Structures*®**

En la interfaz anterior, es necesario elegir la carpeta “*BIM*” que se creó en un principio y es de suma importancia nombrar al archivo de acuerdo con la siguiente nomenclatura:

### **NOMBRE FECHAHORA**

Esto es, para designar la última actualización del modelo y así evitar errores de lectura del resto del equipo. Posteriormente, en la carpeta “*BIM*” creada en *Trimble Connect*®, aparece cargado el modelo

nombrado “*BASE DE DATOS 120820241327*” como se muestra en la Imagen 10. Acá, una vez seleccionado el modelo, es posible visualizar la estructura en conjunto o por parte del proyecto y la información detallada de cada elemento.



*Imagen 10: Interfaz exportar en Trimble Connect®,  
Fuente: Elaboración propia en Trimble Connect®,*

En esta interfaz, es posible compartir la información a una o más personas involucradas en el proyecto invitando a través de correo electrónico a personas que posean un Trimble ID. Los miembros invitados podrán acceder a la información necesaria y actualizada.

## 7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

- 1. Transformación digital:** El laboratorio está pasando de un sistema manual y desorganizado a uno digital y estructurado, lo que representa una mejora significativa en la gestión de información y procesos.
- 2. Optimización de recursos:** La implementación de modelos 3D y CDE permitirá un uso más eficiente del espacio físico y una mejor planificación de los ensayos, lo que puede resultar en ahorro de tiempo y recursos.
- 3. Mejora en la colaboración:** El CDE facilitará la comunicación y el intercambio de información entre todas las partes involucradas, lo que puede llevar a una mayor productividad y a la reducción de errores.
- 4. Resistencia al cambio:** Se identifica como un desafío potencial, pero la actitud positiva hacia los beneficios sugiere que, con una implementación adecuada y capacitación, se puede superar esta resistencia.
- 5. Impacto educativo:** La adopción de estas tecnologías no solo mejorará las operaciones del laboratorio, sino que también proporcionará a los estudiantes experiencia práctica con herramientas y metodologías modernas, mejorando su preparación para el mercado laboral.

- 6. Posicionamiento institucional:** La modernización del laboratorio puede mejorar la reputación de la universidad y atraer más estudiantes e investigadores interesados en trabajar con tecnologías avanzadas.

En resumen, los resultados sugieren que la implementación de metodologías BIM y CDE en el Laboratorio de Ingeniería de la Universidad Católica de la Santísima Concepción representa una oportunidad significativa para mejorar la eficiencia, la colaboración y la calidad de la investigación y la enseñanza. Aunque existen desafíos en la transición, los beneficios potenciales parecen superar los obstáculos, posicionando al laboratorio y a la universidad en la vanguardia de la educación e investigación en Ingeniería Civil.

## 8. CONCLUSIONES

Durante la fase de recopilación de información inherente a la investigación realizada, se encontró que el Laboratorio de Ingeniería de la Universidad Católica de la Santísima Concepción presenta algunas situaciones de "desorden" en cuanto a la administración de los procesos habituales. La documentación de los procesos actuales reveló que la gestión de información se realiza principalmente de manera manual, con datos anotados a lápiz en cuadernos y algunos protocolos registrados en archivos Excel. Esta metodología, aunque funcional en ciertos aspectos, conlleva riesgos de pérdida de información y errores humanos. Además, se identificó una falta de espacios definidos para el almacenamiento de probetas y la disposición de residuos, así como la ausencia de una coordinación formal entre las distintas áreas del laboratorio.

Al contar con información digital relacionada con los modelos de todas y cada una de las piezas que participan en los ensayos, como las probetas, la situación cambia significativamente. Es posible manipular de manera virtual los modelos constructivos, controlando sus características geométricas para disponer en un espacio virtual del laboratorio la ubicación de los elementos, su movilización y aspectos cruciales como la logística de transporte y la planificación del orden de los ensayos. La estrategia desarrollada se basa en la utilización de estos modelos 3D para optimizar el uso del espacio en el laboratorio y mejorar la eficiencia en el manejo de las probetas durante todo el proceso de ensayo. Esta aproximación permite realizar revisiones y análisis exhaustivos de la disposición de las probetas dentro del entorno del laboratorio, aportando mejoras significativas en la planificación del transporte de los elementos y en la toma de decisiones relacionadas con la distribución y el flujo de trabajo.

La incorporación de un Ambiente Común de Datos (CDE) permite que todas las personas involucradas en la gestión del proyecto puedan contar con la misma información en tiempo real. El uso de esta herramienta, típica en la metodología BIM, facilita la unificación de todas las bases de datos y la información relacionada con el laboratorio, permitiendo a todos los interesados acceder a la data necesaria de manera centralizada. Esto resulta en una colaboración mejorada entre los participantes, una planificación más eficiente mediante la realización de pruebas virtuales y simulaciones, y una toma de decisiones más informada sobre la disposición y uso del espacio del laboratorio. Además, la centralización de la información minimiza los errores de comunicación y las discrepancias en los datos, optimizando así los procesos de planificación y ejecución de ensayos.



Es importante destacar que la implementación de estas tecnologías y metodologías en el Laboratorio de Ingeniería Civil representan un cambio significativo en la forma de trabajar y gestionar los recursos. Durante las conversaciones con los profesores y personal del laboratorio, se evidenció un interés genuino por mejorar los procesos, pero también cierta resistencia ante los cambios propuestos. Sin embargo, la visualización de los beneficios potenciales, como la reducción de errores, la mejora en la eficiencia y la optimización del espacio, ha generado una actitud positiva hacia la adopción de estas nuevas prácticas.

En conclusión, la adopción de la metodología BIM y la implementación de un CDE en el Laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de la Santísima Concepción no solo mejorará la gestión de la información y la eficiencia operativa, sino que también posicionará al laboratorio a la vanguardia de las prácticas modernas en ingeniería civil. Este avance no solo beneficiará a los estudiantes y profesores en sus actividades académicas y de investigación, sino que también preparará mejor a los futuros profesionales para enfrentar los desafíos de una industria cada vez más digitalizada y colaborativa.

## 9. REFERENCIAS

- Montoya, María & Galiano-Garrigos, Antonio. (2017). Building Information Modelling in Operations of Maintenance at the University of Alicante. *International Journal of Sustainable Development and Planning*. Volume 13. Page range 1-11. 10.2495/SDP-V13-N1-1-11.
- Preidel, Cornelius & Borrmann, Andre & Mattern, Hannah & König, Markus & Schapke, Sven-Eric. (2018). *Common Data Environment*. 10.1007/978-3-319-92862-3\_15.
- Jaskula, Klaudia & Kifokeris, Dimosthenis & Papadonikolaki, Eleni & Rovas, Dimitrios. (2022). *Common Data Environments in construction: State-of-the-art and challenges for practical implementation*. *SSRN Electronic Journal*. 10.2139/ssrn.4249458.
- Chen, H.-M. & Wang, Y.-H., Un enfoque visualizado tridimensional para el mantenimiento y la gestión de instalaciones. En *Actas de ISARC09*, págs. 468–475, 2009
- Liu, R. & Issa, R., Visualización 3D de tuberías subterráneas en relación con los servicios públicos del edificio: integración de GIS y BIM para la gestión de instalaciones. *Computación en ingeniería civil*, págs. 341–348, 2012.
- Lin, Y.-C. & Su, Y.-C., Desarrollo de un sistema de gestión de mantenimiento de instalaciones visual integrado basado en BIM y móvil. *La revista Scientific World*, 2013.
- Fernández, J. A. P. (2020, May 20). *Ciclo de vida de un proyecto BIM*. Koala Architecture and Engineering. <https://koalaarchitecture.com/ciclo-de-vida-de-un-proyecto-bim/>
- Episodio 10: Efecto del BIM en las fases del ciclo de vida de un proyecto. (2016, April 27). *Espacio LEAN BIM*. <https://www.espacioleanbim.com/episodio-10-efecto-del-bim-las-fases-del-ciclo-vida-proyecto/>
- Ministerio de Obras Públicas - Dirección de Arquitectura. (s. f.). <https://arquitectura.mop.gob.cl/bim/Paginas/default>
- (N.d.-a). *Bimforum.Cl*. Retrieved March 27, 2024, from <https://www.bimforum.cl/wp-content/uploads/2017/07/Gu%C3%ADa-inicial-para-implementar-BIM-en-las-organizaciones-versi%C3%B3n-impresión.pdf>
- Mercer, A. (2019, enero 18). Growing evidence of the benefits of an integrated BIM+geospatial full lifecycle approach to construction. *buildingSMART International*. <https://www.buildingsmart.org/growing-evidence-of-the-benefits-of-an-integrated-bimgeospatial-full-lifecycle-approach-to-construction/>
- Retorno de la Inversión en BIM (ROI). (2019, junio 27). *CURVA BIM*. <https://www.curvabimgt.com/blog/retorno-de-la-inversi%C3%B3n-en-bim-roi>