



Facultad de Ingeniería

Escuela de Construcción Civil

**Validación de la plataforma H-BIM para el Patrimonio Construido**

**por**

**Mauricio Andrés Cabezas Leal**

Trabajo de título para optar al Título de Ingeniero Constructor.

**Prof. Guía: Andrés Jamet Aguilar**

Junio, 2025

## Dedicatoria

*Con cariño para mi madre,  
quien a pesar de las adversidades de la vida  
me ha sabido guiar por el camino correcto.*

*A mi querido hermano,  
por siempre estar.*

*Y más aún,  
por ser mi referente.*

*A mi amada Valentina,  
que con su cariño y apoyo incondicional  
me ha dado el segundo aliento  
para culminar este proceso.*

*A todos ustedes,  
muchísimas gracias.*

## Índice

|   |    |
|---|----|
| Dedicatoria .....   | 2  |
| Lista de figuras.....   | 6  |
| Lista de tablas.....  | 7  |
| Lista de abreviaturas y siglas .....                                  | 8  |
| Resumen.....  | 9  |
| 1. Antecedentes Generales .....                                       | 10 |
| 1.1. Introducción .....   | 10 |
| 1.2. Planteamiento del problema.....                                  | 13 |
| 1.3. Objetivos.....   | 15 |
| 1.3.1. General .....  | 15 |
| 1.3.2. Específicos .....  | 15 |
| 1.4. Alcances .....   | 15 |
| 2. Marco teórico.....   | 16 |
| 2.1. Building Information Modeling .....                              | 16 |
| 2.2. Norma ISO 19650-2: 2018 .....                                    | 17 |
| 2.3. Entorno de datos compartidos.....                                | 18 |
| 2.4. Estándar BIM para proyectos públicos.....                        | 19 |
| 2.4.1. Flujo de información .....                                     | 19 |
| 2.4.2. Solicitud de información .....                                 | 20 |
| 2.4.3. Plan de ejecución BIM.....                                     | 21 |
| 2.4.4. Usos BIM .....   | 22 |
| 2.4.5. Estado de Avance de la Información de los Modelos (EAIM) ..... | 23 |
| 2.4.6. Tipos de información .....                                     | 24 |
| 2.4.7. Niveles de información .....                                   | 25 |
| 2.5. Heritage Building Information Modeling.....                      | 26 |
| 2.5.1. Patrimonio construido.....                                     | 26 |
| 2.5.2. BIM aplicado al patrimonio construido.....                     | 27 |
| 2.6. Implementación de BIM en proyectos de patrimonio inmueble.....   | 29 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 2.6.1. | Componentes de la SDI y del PEB para proyectos de patrimonio inmueble ..... | 29 |
| 2.6.2. | Usos BIM .....  | 29 |
| 2.6.3. | Tipos de Información .....  | 30 |
| 2.7.   | Plataforma H-BIM para el Patrimonio Construido. ....                        | 31 |
| 2.7.1. | Funcionalidades de la Plataforma HBIM .....                                 | 32 |
| 2.7.2. | Tipos de proyectos .....  | 32 |
| 2.7.3. | Operatividad de la Plataforma H-BIM.....                                    | 33 |
| 2.8.   | Estrategias para implementar procesos de validación .....                   | 33 |
| 2.8.1. | La ingeniería de software .....   | 33 |
| 2.8.2. | Dominios de aplicación del software .....                                   | 34 |
| 2.8.3. | Características del software .....  | 34 |
| 2.8.4. | Ciclo de vida del software.....   | 35 |
| 2.8.5. | Concepto de validación y verificación de software.....                      | 38 |
| 2.8.6. | Pruebas de aceptación y del sistema.....                                    | 38 |
| 3.     | Metodología de investigación .....  | 44 |
| 3.1.   | Evaluación de funcionalidad de su interfaz .....                            | 44 |
| 3.2.   | Evaluación de herramienta de visualización .....                            | 45 |
| 3.3.   | Evaluación experiencia del usuario .....                                    | 46 |
| 3.3.1. | Evaluación a través de la Escala de Usabilidad de Sistemas.....             | 47 |
| 3.3.2. | Evaluación a través del modelo de calidad del producto .....                | 48 |
| 4.     | Resultados.....   | 50 |
| 4.1.   | Funcionalidad de su interfaz.....   | 50 |
| 4.1.1. | Evaluación funcionalidad de interfaz modulo Administrador Local .....       | 50 |
| 4.1.2. | Evaluación funcionalidad de interfaz modulo Solicitante .....               | 54 |
| 4.1.3. | Evaluación funcionalidad de interfaz modulo Proveedor.....                  | 58 |
| 4.2.   | Herramientas de visualización.....  | 63 |
| 4.3.   | Experiencia de usuario .....  | 66 |
| 4.3.1. | Evaluación a través de la Escala de Usabilidad de Sistemas.....             | 67 |
| 4.3.2. | Evaluación a través del modelo de calidad del producto .....                | 68 |

|      |                                       |    |
|------|---------------------------------------|----|
| 5.   | Conclusiones .....                    | 83 |
| 5.1. | Contribuciones .....                  | 87 |
| 5.2. | Líneas futuras de investigación ..... | 87 |
| 6.   | Referencias bibliográficas .....      | 88 |

## Lista de figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1.1 Modelo Claustro de la catedral de Pamplona en entorno Petrobim.....                                   | 11 |
| Figura 1.2 Modelo Domus Regia en entorno ARK-BIM.....  | 12 |
| Figura 2.1 Proceso de gestión de información de la norma ISO 19650-2: 2018 .....                                 | 17 |
| Figura 2.2 Metodología de trabajo HBIM.....  | 28 |
| Figura 2.3 Modelo de cascada. ....   | 36 |
| Figura 2.4 Modelo V.....   | 37 |
| Figura 4.1 Relleno campo "Descripción del proyecto" previo a guardar la creación de proyecto...                  | 51 |
| Figura 4.2 Alerta de campo "Descripción del proyecto" despues de intentar guardar la creación del proyecto. .... | 52 |
| Figura 4.3 Plataforma web Municipalidad de Viña del Mar. ....  | 53 |
| Figura 4.4 Ingreso de entregables en la SDI.....   | 56 |
| Figura 4.5 Navegación a través de la SDI .....   | 57 |
| Figura 4.6 Ingreso de información en "Recursos del proveedor". ....  | 59 |
| Figura 4.7 Ingreso mensaje de consulta para Solicitante.....   | 60 |
| Figura 4.8 Presentación de error en el mensaje de consulta.....  | 60 |
| Figura 4.9 Ingreso de "Entidades mínimas para los modelos".....  | 61 |
| Figura 4.10 Apartado evaluación "Experiencia del equipo". ....   | 61 |
| Figura 4.11 Grafico resultados pregunta N°1 .....  | 68 |
| Figura 4.12 Grafico resultados pregunta N°2 .....  | 69 |
| Figura 4.13 Grafico resultados pregunta N°3 .....  | 70 |
| Figura 4.14 Grafico resultados pregunta N°4 .....  | 72 |
| Figura 4.15 Grafico resultados pregunta N°5 .....  | 73 |
| Figura 4.16 Grafico resultados pregunta N°6 .....  | 74 |
| Figura 4.17 Grafico resultados pregunta N°7 .....  | 75 |
| Figura 4.18 Grafico resultados pregunta N°8 .....  | 76 |
| Figura 4.19 Grafico resultados pregunta N°10 .....   | 77 |
| Figura 4.20 Grafico resultados pregunta N°11 .....   | 78 |
| Figura 4.21 Grafico resultados pregunta N°12 .....   | 79 |
| Figura 4.22 Grafico resultados pregunta N°13 .....   | 80 |
| Figura 4.23 Grafico resultados pregunta N°14 .....   | 81 |
| Figura 4.24 Grafico resultados pregunta N°15 .....   | 82 |

## Lista de tablas

|   |    |
|---|----|
| Tabla 2.1 Estado de avance de información de los modelos. ....                                  | 24 |
| Tabla 2.2 Relación Tipos de Información con Usos BIM. ....                                      | 31 |
| Tabla 2.3 Escala de percentiles y grados de usabilidad. ....                                    | 40 |
| Tabla 3.1 Características deseables de la Interfaz Gráfica de Usuario.....                      | 45 |
| Tabla 3.2 Características básicas de una herramienta de visualización. ....                     | 46 |
| Tabla 3.3 Escala de Usabilidad de Sistemas.....   | 48 |
| Tabla 3.4 Encuesta en base al modelo de calidad del producto de la norma ISO 25010 .....        | 49 |
| Tabla 4.1 Aplicación de características deseables a la GUI del módulo Administrador Local ..... | 50 |
| Tabla 4.2 Aplicación de características deseables de la GUI al módulo Solicitante.....          | 55 |
| Tabla 4.3 Aplicación de características deseables de la GUI al módulo Proveedor.....            | 58 |
| Tabla 4.4 Capacidad de visualización del visor de modelos. ....                                 | 63 |
| Tabla 4.5 Herramientas de revisión del visor de modelos. ....                                   | 64 |
| Tabla 4.6 Funcionalidades colaborativas del visor de modelos.....                               | 65 |
| Tabla 4.7 Compatibilidad del visor de modelos. ....   | 65 |
| Tabla 4.8 Usabilidad del visor de modelos. ....   | 65 |
| Tabla 4.9 Resultados encuesta S.U.S. ....   | 67 |

## Lista de abreviaturas y siglas

|        |  |
|--------|--|
| BIM    | Building Information Modeling  |
| HBIM   | Heritage Building Information Modeling   |
| CORFO  | Corporación de Fomento de la Producción  |
| ANID   | Agencia Nacional de Investigación Y Desarrollo                                 |
| UNESCO | Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura |
| LOD    | Level of Detail  |
| MEI    | Manual de entrega de Información básica  |
| SDI    | Solicitud de Información   |
| PEB    | Plan de ejecución BIM  |
| TDI    | Tipo de Información  |
| NDI    | Nivel de Información   |
| CDE    | Entorno Común de Datos   |
| PEHB   | Plan de ejecución HBIM   |
| ISO    | Organización Internacional de Normalización                                    |
| SUS    | Escala de Usabilidad de Sistemas   |
| GUI    | Interfaz Gráfica de Usuario  |
| ISO    | Organización Internacional de Normalización                                    |
| IFC    | Industry Foundation Classes  |
| SO     | Sistema Operativo  |

## Resumen

La metodología BIM ha sido ampliamente adoptada en la industria de la construcción, especialmente en proyectos de edificaciones nuevas, gracias a su capacidad para optimizar recursos durante todas las etapas del ciclo de vida de un proyecto. No obstante, su aplicación en inmuebles patrimoniales ha sido limitada, a pesar del creciente interés académico y profesional en esta área. En respuesta a este contexto, surge el enfoque H-BIM (Heritage Building Information Modeling), orientado a la representación digital del patrimonio construido, el cual permite documentar y gestionar con precisión elementos arquitectónicos desde una perspectiva histórica, artística y constructiva. Entre sus principales beneficios se encuentran la centralización de información, la interoperabilidad entre actores, y la optimización de procesos de conservación, restauración y operación.

En este contexto, la Escuela de Construcción Civil de la Universidad de Valparaíso ha desarrollado la Plataforma H-BIM para el Patrimonio Construido, una herramienta tecnológica orientada a la gestión de la documentación requerida en los procesos de levantamiento, diseño y ejecución de proyectos de intervención en inmuebles patrimoniales. Esta plataforma digital se fundamenta en los lineamientos establecidos por el Estándar BIM para Proyectos Públicos de Chile, y se estructura como un Entorno Común de Datos (CDE). En este entorno, se incorporan funcionalidades específicas para el control y gestión del Plan de Ejecución BIM (PEB), facilitando el intercambio eficiente y estandarizado de información entre los distintos actores que participan en el desarrollo de este tipo de proyectos.

La problemática central de esta investigación radica en la ausencia de una validación formal de la plataforma que considere la totalidad de su desarrollo informático. Por ello, el objetivo principal del estudio es evaluar y validar su funcionalidad, experiencia de usuario y desempeño general, mediante la aplicación de metodologías estandarizadas tanto cuantitativas como cualitativas. A través de este proceso, se busca ratificar el aporte de la plataforma H-BIM como herramienta efectiva para la gestión digital de proyecto relacionados con el patrimonio construido.

Palabras claves: *BIM, H-BIM, Entorno Común de Datos, Plan de Ejecución BIM, Validación, Interfaz Gráfica de Usuario, Experiencia de Usuario.*

# 1. Antecedentes Generales

## 1.1. Introducción

La adopción de la metodología BIM en la industria de la construcción, con el paso de los años, se ha enfocado principalmente en edificios nuevos, debido a su capacidad para optimizar recursos durante todo su ciclo de vida: diseño, construcción y operación. Sin embargo, su aplicación en edificaciones patrimoniales ha sido limitada. A pesar de ello, existe un creciente interés en la investigación sobre esta temática, considerando los desafíos intrínsecos que presentan este tipo de proyectos como, la automatización en la captura de datos, la actualización y mantenimiento de la información histórica, y el modelado de objetos únicos para la conservación y restauración del patrimonio (Logothetis et al., 2015; Merchán et al., 2020; Volk et al., 2014).

La aplicación de esta metodología en edificios históricos se conoce como HBIM (Heritage Building Information Modeling), y se define como el modelado digital del patrimonio cultural, enfocado en la representación precisa de los elementos arquitectónicos conforme a sus tipologías artísticas, históricas y constructivas. Además, HBIM se destaca como una tecnología emergente que facilita la comprensión, documentación y reconstrucción virtual del patrimonio construido (López et al., 2018).

El uso e implementación de esta nueva metodología aporta diversas ventajas ya sea en el proceso de análisis como en el de intervención, conservación y gestión del bien cultural. Esto se materializa en la unificación de toda la información del edificio favoreciendo el registro y un acceso más ágil y eficiente de los datos. La interoperabilidad en tiempo real de los usuarios, optimización de los flujos de trabajo, mayor precisión presupuestaria son los principales beneficios que se obtienen al incorporar HBIM en el patrimonio construido (Armisen et al., 2018).

En la actualidad, un gran número de países poseen mandatos para implementar BIM en sus proyectos de construcción, entre ellos Gran Bretaña, Italia, Singapur, China y los países escandinavos son algunos de los que lideran la agenda BIM en el mundo (BIM Forum Chile, 2016). Sin embargo, en ninguno de ellos existe hoy en día una estrategia o estándar con respecto al cómo se debe aplicar esta metodología en proyectos de restauración y operación de edificios patrimoniales, aplicando BIM de la misma manera tanto a edificios nuevos como a los existentes (Lovell et al., 2023).

El grupo de trabajo Legend-HBIM de la asociación BuildingSMART ha sido pionero en desarrollar una guía específica para la correcta adopción de HBIM, titulada "BIM aplicado al patrimonio cultural". En esta guía se establecen los principales lineamientos para la captura de datos geométricos, el modelado 3D, las ventajas y beneficios, así como los diversos usos de los modelos BIM en el sector del patrimonio construido. En los últimos años, los casos de estudio relacionados

con este tema han cobrado gran relevancia entre quienes están interesados en la preservación del patrimonio. En Europa, existen varios ejemplos exitosos que garantizan la implementación de HBIM. El desarrollo de estos estudios se ha llevado a cabo utilizando plataformas virtuales como Petrobim, una herramienta tecnológica que permite, entre otras cosas, gestionar datos desde un archivo único, generar consultas vinculadas al modelo y estructurar la información del proyecto en fases de intervención. La disponibilidad de esta plataforma proporciona un acceso unificado a la información, acelerando significativamente los procesos de toma de decisiones. Un ejemplo notable es el Claustro de la Catedral de Pamplona, en España, donde se utilizó esta herramienta para su restauración (ver figura 1.1.) (Armisen et al., 2018)



Figura 1.1 Modelo Claustro de la catedral de Pamplona en entorno Petrobim

Fuente: (Armisen et al., 2018)

Es sabido que las plataformas y software son las herramientas BIM que proporcionan un adecuado intercambio de información. Las investigaciones recientes sobre herramientas tecnológicas de código abierto abren otras posibilidades para la implementación de HBIM. La adopción de soluciones de código abierto obedece principalmente a necesidades económicas debido al elevado costo de software de código cerrado como Revit, Archicad, Bim 360°, Naviswork, entre otros. ARK-BIM se identifica como una solución digital HBIM de código abierto basada en la nube. Esta plataforma entre sus funciones permite cargar y editar en tiempo real modelos digitales 3D, analizar recursos imágenes y bases de datos relacionadas con el modelo, también permite realizar consultas gráficas e interactivas. En definitiva, ARK-BIM ha demostrado ser una plataforma fiable para los activos patrimoniales y el ámbito arqueológico. Su implementación ha sido aplicada en el caso de estudio del Domus Regia en Italia (ver figura 1.2) (Diara, 2022).



Figura 1.2 Modelo Domus Regia en entorno ARK-BIM.

Fuente: (Diara, 2022)

Al igual como estos países europeos, que han experimentado con plataformas que permiten el intercambio de información y la interoperabilidad en edificios patrimoniales, Chile no se ha quedado atrás. Desde la Universidad de Valparaíso se ha desarrollado la "Plataforma H-BIM para el Patrimonio Construido", destinada a la gestión y preservación del patrimonio arquitectónico.

Esta plataforma es una herramienta tecnológica que contiene documentación base para los procesos de levantamiento, diseño y ejecución en proyectos de intervención de inmuebles patrimoniales. Del mismo modo, la plataforma permite la unificación de la información histórica y constructiva a través de modelos tridimensionales para su visualización y revisión. En la práctica, esta plataforma facilita la gestión de proyectos patrimoniales y promete reducir costos, acortar los plazos de ejecución permitiendo una comunicación directa entre solicitantes y los proveedores de información (Jamet A. & Tapia V., 2023).

Dado lo anterior, este estudio tiene como propósito profundizar en el conocimiento sobre las aplicaciones de HBIM en edificaciones patrimoniales, con un enfoque particular en la contribución a la validación de la plataforma HBIM para el Patrimonio Construido. A través de este proyecto, se busca no solo evaluar las capacidades técnicas de la plataforma, sino también identificar sus posibles limitaciones y áreas de oportunidad, con el fin de optimizar su uso en futuros proyectos de conservación y gestión del patrimonio arquitectónico.

El trabajo se llevará a cabo mediante un caso de estudio que simulará de manera detallada la implementación de la plataforma para el intercambio de información. Esto permitirá experimentar en un entorno académico controlado la fase de operación de un edificio patrimonial. De este modo, se espera obtener resultados que puedan ser aplicables a una amplia gama de proyectos similares,

fomentando así el uso de la plataforma HBIM como herramienta clave en la preservación del patrimonio cultural. Lo anterior, también se sustenta, en que actualmente, el uso de la metodología BIM solo es aplicado en las fases iniciales de los proyectos, ya sea en diseño y construcción respectivamente, quedando rezagada la etapa operacional de los edificios como lo dice la encuesta nacional BIM del año 2019.

## 1.2. Planteamiento del problema

Durante el año 2016, el gobierno de Chile crea Planbim, el cual es un programa a 10 años impulsado por CORFO en el marco del Programa Estratégico de Productividad y Construcción Sustentable, Construye 2025.

Con la finalidad de reducir costos y plazos en proyectos públicos y al mismo tiempo hacer más eficiente la operación de la infraestructura pública con la utilización de metodología BIM. Es por ello que Planbim ha desarrollado el “Estándar BIM para proyectos públicos” con el objetivo de proporcionar a las instituciones públicas y empresas privadas que exijan BIM, un documento que establezca de manera clara y transversal las reglas y directrices al implementar BIM en sus procesos de gestión de información para llevar a cabo los proyectos de construcción. Este documento se alinea con otros estándares internacionales en cuanto a su base tecnológica, características generales y su base conceptual, con la finalidad de recoger los requerimientos mínimos establecidos de manera internacional para el intercambio de información. El estándar se estructura a través de 5 anexos donde se incorporan y detallan Fichas de usos BIM, Matriz de Roles, Manual de entrega de información y Plantillas de ejecución BIM (PLAN BIM, 2019).

Aunque el documento presenta una base metodológica y conceptual sólida para proyectos de construcción en general, carece de criterios específicos que faciliten la implementación de BIM en proyectos pertenecientes a la categoría de Patrimonio Cultural. No obstante, Chile al igual que otros estándares internacionales, no es la excepción en esta temática, ya que actualmente no existe una normativa específica para HBIM a nivel internacional, ni tampoco una identificación exhaustiva de los requisitos de información necesarios para su aplicación (Lovell et al., 2023).

Dada la situación planteada es que desde la Escuela de Construcción Civil de la Universidad de Valparaíso mediante sus instituciones asociadas y en el contexto del proyecto ANID IT21|0011 – “Desarrollo de una Plataforma H-BIM para el Patrimonio Construido”, se propone la incorporación del Anexo VI. El propósito de este anexo es complementar al estándar nacional para que de esta forma las intervenciones en el patrimonio construido puedan ejecutarse bajo la metodología BIM incluyendo criterios específicos que facilitan su implementación en proyectos de diseño e

intervención que pertenecen a la categoría de Patrimonio Cultural Tangible Inmueble (Ortiz R. et al., 2023).

Según información oficial presentada a la entidad patrocinadora del proyecto, la plataforma en la actualidad ha alcanzado un desarrollo del 85% aproximadamente, por lo que existen prestaciones y detalles que aún no son consideradas desde el punto de vista informático. Considerando este antecedente, existe ya un caso de estudio experimental que ha permitido contribuir a la validación de la plataforma y sus utilidades de manera preliminar. En acuerdo con las instituciones asociadas al proyecto se estableció que el caso de estudio correspondería al proyecto de restauración del Castillo San José, ubicado en la comuna de Valparaíso (Jamet A & Tapia V, 2023).

A partir de esta situación, surge la problemática central de esta investigación. No existe actualmente ningún tipo de validación formal sobre el uso de la plataforma HBIM que considere el 100% de su desarrollo informático. Esta situación, abre la oportunidad para que, desde una perspectiva académica se pueda evaluar y ratificar la funcionalidad de su interfaz, así como sus herramientas de visualización, su rendimiento, y la experiencia del usuario. Todo ello se realizará a través de un caso de estudio concreto que permitirá una evaluación práctica que contribuya a la verificación integral del funcionamiento de la plataforma.

En este contexto, el caso de estudio permitirá llevar a cabo la implementación del Anexo VI, integrando en la plataforma HBIM todos los requisitos metodológicos que establece el Estándar BIM para Proyectos Públicos. De igual manera, se incluirá toda la información complementaria que introduce este nuevo Anexo, asegurando que la plataforma cumpla no solo con los aspectos técnicos exigidos por el estándar, sino también con los requisitos adicionales en términos de manejo y la gestión de información de los proyectos de intervención, operación y conservación patrimonial.

### 1.3. Objetivos

#### 1.3.1. General

- Validar el funcionamiento de la plataforma HBIM para el patrimonio construido.

#### 1.3.2. Específicos

- Evaluar funcionalidad de su interfaz
- Evaluar las herramientas de visualización
- Evaluar la experiencia del usuario

### 1.4. Alcances

- No se desarrollarán modelos geométricos 3D.
- El proceso de validación será mediante proyectos con Solicitud de Información.

## 2. Marco teórico

### 2.1. Building Information Modeling

Building Information Modeling (BIM) es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción. Su objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes. El uso de BIM va más allá de las fases de diseño, abarcando la ejecución del proyecto y extendiéndose a lo largo del ciclo de vida del edificio, permitiendo la gestión de este y reduciendo los costes de operación (Borkowski, 2023).

Un modelo BIM es una representación digital tridimensional (3D) basada en entidades, rica en datos, creada por un actor del proyecto utilizando una herramienta de software BIM. Las entidades, por su parte, son elementos virtuales que representan un objeto físico o abstracto de construcción, que puede ser o no paramétrico, tanto en dos dimensiones como en tres dimensiones (Diccionario BIM, 2024).

Existen distintas alternativas para crear modelos BIM, posibilitando tanto la creación del modelo tridimensional a partir de un diseño (si el edificio no está construido) o de un edificio existente. De este modo, se puede crear una base de datos asociada a dicho modelo que incorpore información relativa a los materiales, las estructuras y sus instalaciones. En general, todas estas herramientas han sido diseñadas y creadas con un enfoque dirigido a la construcción de nuevas edificaciones y a la intervención en arquitecturas contemporáneas (Armisen et al., 2018).

Según el portal CDT, la utilización de esta metodología de trabajo en el desarrollo de proyectos ligados a la Arquitectura, Ingeniería y Construcción genera grandes beneficios como, mejorar la colaboración y comunicación al permitir el intercambio de modelos digitales y acceso a información actualizada desde la nube y en tiempo real. También facilita la visualización antes de la ejecución del proyecto mediante simulaciones 3D que minimizan cambios costosos; identifica conflictos entre elementos del diseño antes de la construcción, reduciendo la repetición de trabajos; optimiza la estimación de costos y cronogramas mediante modelos detallados; incrementa la productividad con el uso de prefabricación y construcción modular, reduciendo desperdicios y costos; mejora la seguridad al identificar riesgos anticipadamente y planificar la logística del sitio; y garantiza una mejor gestión durante la vida útil del edificio, proporcionando datos precisos para el mantenimiento y operación a largo plazo (BIMnd, 2024).

## 2.2. Norma ISO 19650-2: 2018

Este documento diseñado por (BSI, 2019) establece la metodología de trabajo para la gestión de la información durante la fase de entrega del proyecto de construcción, denominado activo, vale decir, el producto edificación o infraestructura. Este proceso se realiza mediante el uso del Modelado de Información para la Construcción, el cual proporciona una estructura lineal coherente al flujo de información. A continuación se presentan sus elementos más importantes.

- a) Etapas del proceso de gestión de la información: la norma establece un proceso que abarca ocho etapas, las cuales inician desde el levantamiento de necesidad hasta el cierre del proyecto. A continuación, se presenta una ilustración que detalla el proceso completo.

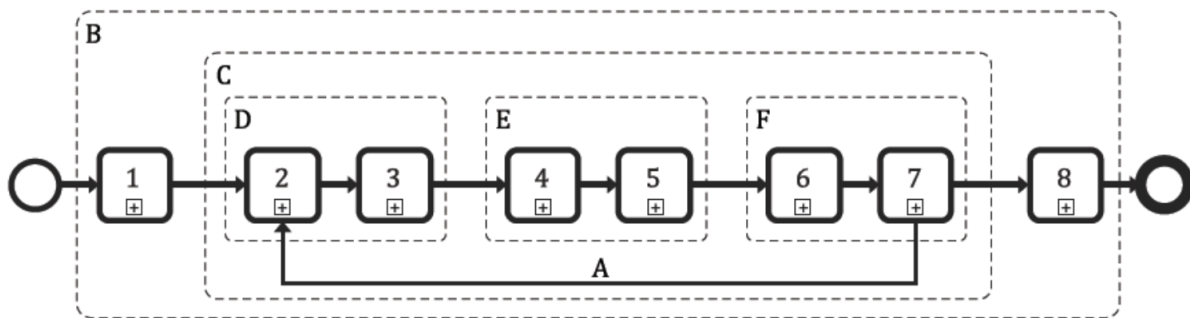


Figura 2.1 Proceso de gestión de información de la norma ISO 19650-2: 2018

Fuente: (BSI, 2019)

### Actividades

- |  |  |
|--|--|
| 1) Evaluación y necesidad                          | A) Modelo de información desarrollado por los equipos de entrega posteriores para cada contratación  |
| 2) Invitación a licitación                         | B) Actividades realizadas por proyecto   |
| 3) Respuesta a la licitación                       | C) Actividades realizadas por contratación   |
| 4) Contratación                                    | D) Actividades realizadas durante la etapa de contratación (de cada contratación)                    |
| 5) Movilización                                    | E) Actividades realizadas durante la etapa de planificación de la información (de cada contratación) |
| 6) Producción colaborativa de información          | F) Actividades realizadas durante la etapa de producción de información (de cada contratación)       |
| 7) Entrega del modelo de información               |  |
| 8) Cierre del proyecto (fin de la fase de entrega) |  |

- b) Definición de roles y responsabilidades: Se establecen claramente las funciones de las partes involucradas en el proyecto, como la parte contratante, las partes contratadas principales y los equipos de trabajo. Esta definición ayuda a clarificar las responsabilidades en la producción y gestión de la información.
- c) Requisitos de información: La norma introduce varios tipos de requisitos de información, incluyendo los Requisitos de Información de la Organización (OIR), del Proyecto (PIR), del

Activo (AIR) y de Intercambio de Información (EIR). Estos requisitos ayudan a definir qué información es necesaria, cuándo y en qué formato debe entregarse.

- d) Planes de ejecución y entrega de información: Se detallan documentos clave como el Plan de Ejecución BIM (BEP), el Plan Maestro de Desarrollo de la Información (MIDP) y el Plan de Desarrollo de Información de la Tarea (TIDP). Estos planes coordinan la producción y entrega de información a lo largo del proyecto.
- e) Entorno Común de Datos (CDE): La norma enfatiza la importancia de un CDE para almacenar y compartir información del proyecto de manera segura y eficiente. Se establecen requisitos para la identificación, clasificación y control de acceso a los contenedores de información dentro del CDE

### 2.3. Entorno de datos compartidos

El Entorno Común de Datos (CDE) es una plataforma digital clave para la correcta implementación de la metodología BIM, ya que centraliza la gestión de la información del proyecto y facilita la colaboración entre los distintos equipos involucrados. Esta herramienta permite recopilar, organizar y distribuir datos del modelo y documentación de forma estructurada, asegurando accesibilidad y trazabilidad para todos los participantes, sin importar la escala o complejidad del proyecto. El CDE garantiza un flujo de trabajo gestionado, auditable y coherente, donde la información se genera una sola vez y se reutiliza según sea necesario, siempre basada en versiones aprobadas. Además, mantiene la responsabilidad individual sobre los entregables, ya que cada colaborador conserva el control de la información que genera, permitiendo su uso compartido sin perder la trazabilidad ni el control de las modificaciones (Bouzas M, 2017; BSI, 2019)

Para (Bouzas M, 2017) un Entorno Común de Datos debe ofrecer las siguientes capacidades:

- Ingreso, consulta y recuperación de información del proyecto, incluyendo tanto archivos como comunicaciones entre las partes, ya sea correos electrónicos, historial de cambios, tareas, consultas, etc.
- Gestión de accesos personalizada, garantizando que cada interesado acceda solo a la información que le corresponda.
- Compartición de información mediante enlaces seguros y controlados.
- Control de versiones, que asegure el historial de cambios y el trabajo con la versión vigente de cada documento o modelo.
- Búsqueda eficiente de información mediante filtros, etiquetas u otros mecanismos de organización.
- Flujos de trabajo documentales, como procesos de revisión, aprobación y comentarios integrados.

- Visualización y anotación de archivos y modelos, sin necesidad de herramientas externas.
- Gestión de modelos federados, incluyendo la combinación de archivos IFC para su análisis y visualización, y la exportación estructurada de datos en formato COBie.
- Planificación del proyecto BIM, lo que incluye la definición de requerimientos de información del cliente, planes de ejecución BIM, protocolos, niveles de desarrollo (NDI) y una gestión estructurada de los datos.

#### 2.4. Estándar BIM para proyectos públicos

El estándar BIM para proyectos públicos es un documento elaborado para garantizar que la información compartida en el desarrollo de los proyectos públicos de edificación e infraestructura sea suficiente, consistente, de buena calidad e interoperable. Su propósito final es el aumento de la productividad y sustentabilidad en la industria de la construcción.

El proceso de ejecución del estándar esta focalizado en el intercambio de información entre el solicitante y los proveedores durante el desarrollo del proyecto. El estándar también considera el proceso de gestión de información entre los proveedores y las empresas que le prestan servicios para el desarrollo del proyecto a través del Plan de ejecución BIM

El estándar ha sido elaborado para ser utilizado tanto por instituciones públicas que regulan, licitan y mandatan proyectos a otras entidades, como a las empresas privadas que prestan servicios en el marco de dichos proyectos. Aunque este estándar ha sido desarrollado específicamente para todo el ciclo de vida de proyectos públicos, también puede servir como guía de referencia para proyectos privados independiente de su complejidad y envergadura.

El estándar, además de contener el marco teórico y conceptual de la metodología BIM para Chile. Contiene también cinco anexos:

- Anexo I: Fichas de Usos BIM.
- Anexo II: Matriz de Roles BIM.
- Anexo III: Manual Básico de Entrega de información (MEI)
- Anexo IV: Plantilla para Plan de Ejecución BIM de oferta.
- Anexo V: Plantilla para Plan de Ejecución BIM Definitivo.

##### 2.4.1. Flujo de información

El flujo de información a través del estándar BIM para proyectos públicos parte desde la definición de objetivos que responden directamente al propósito de utilizar BIM en un proyecto. Esto se materializa a través de un documento llamado Solicitud de Información (SDI), donde se define el por qué y para qué se debe utilizar BIM en el proyecto. El mandante a través de la SDI debe indicar

los entregables BIM y la información que debe estar contenida en ellos. Del mismo modo, el proveedor debe responder a través de un documento llamado Plan de Ejecución BIM (PEB) que está enfocado en definir como serán llevado a cabo los aspectos de modelado y gestión de la información.

Se entiende como entregables aquellos documentos e información necesaria para la obtención de modelos BIM, así como todos los productos resultantes del uso de herramientas y flujo de trabajo.

La solicitud de información BIM debe establecer claramente los entregables BIM, indicando para cada uno, sus formatos y soportes de entrega. Los entregables deben incluir como mínimo

- Plan de ejecución BIM
- Modelos BIM
- Documentos relacionados a los modelos.

Para especificar la información que debe ser intercambiada en los entregables a lo largo del proyecto se debe utilizar dentro de la solicitud cuatro conceptos:

- Usos BIM
- Estado de Avance de la Información de los Modelos (EAIM)
- Tipo de Información
- Niveles de información

#### 2.4.2. Solicitud de información

Este documento debe indicar de manera formal y explícita los entregables BIM y la información que debe estar contenida en ellos. Este documento es generado por el Solicitante y debe ser entregado a él o los Proveedores Oferentes que pueden ser externos, por ejemplo, consultores y/o contratistas en el marco de una licitación, o equipos internos encargados de ciertas tareas del proyecto.

La Solicitud de Información BIM puede actuar como complemento o anexo a una solicitud de información mayor (bases de licitación, términos de referencia, documentos de llamados de subsidios, etc.). Este documento debe contener una estructura definida considerando aspectos mínimos como:

- Objetivo general y específicos
- Usos, Tipos de información y Niveles de información BIM requeridos.
- Entregables
- Estrategia de colaboración
- Organización de los modelos.

### 2.4.3. Plan de ejecución BIM

Es un documento que debe generar cada proveedor en respuesta a una solicitud de información o SDI. Su objetivo es facilitar la gestión en la entrega de la información de un proyecto, transparentando los procedimientos, estándares, las herramientas tecnológicas y capacidades con las que el proveedor propone responder a los requerimientos del solicitante.

Si el proyecto se inicia con una licitación, se deben generar dos Plan de ejecución BIM:

- PEB de oferta: se debe presentar en la etapa de licitación por todos los proveedores oferentes.
- PEB definitivo: será realizado por el proveedor que se adjudique la licitación o proveedor adjudicado quien actualizará, detallará y complementará la información del PEB de oferta. Por el contrario, si el proyecto inicia con un PEB adjudicado definido, este deberá generar solo el PEB definitivo.

Un Plan de Ejecución BIM debe:

- Identificar las empresas que participarán en el proyecto
- Identificar los objetivos y usos de BIM definidos por el solicitante en la SDI y declarar que empresas y roles se harán cargo de cada uso.
- Indicar los modelos BIM que se generarán, la empresa que se hará responsable de cada modelo, la especialidad a la que corresponde y los formatos nativos que se utilizarán para su desarrollo.
- Definir las entregas del proyecto, su fecha, el estado de avance de la información de los modelos al que corresponden y los entregables requeridos en ellas.
- Declarar la estrategia de colaboración general que desarrollará el proveedor, y el procedimiento de gestión de la información.
- Debe definir el proceso de ejecución del modelado de información del proyecto y sus responsables.
- Debe definir los procedimientos de intercambio de información que se desarrollarán entre solicitante y los proveedores.
- Establecer la infraestructura tecnológica y las competencias que tiene el oferente para el desarrollo de un proyecto BIM.
- En el PEB definitivo se debe declarar la estructura de organización de la información de los modelos, es decir, las unidades de medida que se utilizarán, el sistema de coordenadas definido, la nomenclatura y codificación que se utilizará para los archivos y carpetas, los colores que identificarán las distintas disciplinas y sistemas, además del sistema de clasificación acordado.

#### 2.4.4. Usos BIM

Los Usos BIM 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 sirven para explicar las diferentes formas en que las partes interesadas del proyecto pueden utilizar BIM. A continuación se menciona cada uno de ellos:

- **Levantamiento de condiciones existentes:** Crear un modelo BIM basado en el estado actual de un sitio o edificación, utilizando técnicas como escaneo láser o topografía.
- **Estimación de cantidades y costos:** Extraer cantidades y costos de materiales y componentes del modelo BIM para proyectar y ajustar presupuestos.
- **Planificación de fases:** Usar modelos 4D para planificar la secuencia de construcción o las etapas de remodelación.
- **Cumplimiento del programa espacial:** Verificar si el diseño cumple con las áreas y regulaciones requeridas mediante el modelo BIM.
- **Análisis de ubicación:** Evaluar características del terreno con BIM y GIS para determinar la mejor localización del proyecto.
- **Coordinación 3D:** Identificar y resolver interferencias entre disciplinas usando modelos BIM.
- **Diseño de especialidades:** Crear modelos de cada disciplina del proyecto para centralizar información y planificar.
- **Revisión del diseño:** Comparar alternativas de diseño considerando aspectos como iluminación, materiales y confort.
- **Análisis estructural:** Evaluar y ajustar sistemas estructurales para cumplir normativas y optimizar eficiencia.
- **Análisis lumínico:** Simular iluminación natural y artificial para optimizar el diseño y rendimiento.
- **Análisis energético:** Evaluar criterios energéticos del proyecto, maximizando eficiencia desde el diseño.
- **Análisis mecánico:** Revisar y ajustar sistemas mecánicos del proyecto para cumplir con el diseño y normativa.
- **Otros análisis de ingeniería:** Aplicar metodologías avanzadas para optimizar sistemas específicos.
- **Evaluación de sustentabilidad:** Analizar criterios de sustentabilidad en todas las etapas del proyecto para maximizar eficiencia.
- **Validación normativa:** Verificar cumplimiento con códigos y regulaciones usando modelos BIM.

- **Planificación de obra:** Organizar actividades de construcción mediante el modelo BIM.
- **Diseño de sistemas constructivos:** Planificar sistemas complementarios para optimizar construcción.
- **Fabricación digital:** Usar información BIM para fabricar componentes con precisión y reducir desperdicios.
- **Control de obra:** Monitorear construcción para asegurar cumplimiento técnico y regulatorio.
- **Modelación as-built:** Crear un modelo que refleje las condiciones finales reales de una edificación.
- **Gestión de activos:** Vincular el modelo as-built a sistemas de mantenimiento y operación eficientes.
- **Análisis de sistemas:** Evaluar el desempeño de sistemas integrados como ventilación o energía.
- **Mantenimiento preventivo:** Planificar el mantenimiento para prolongar la vida útil de la estructura y sistemas.
- **Gestión de espacios:** Optimizar el uso y planeación de espacios en edificios existentes o en remodelación.
- **Planificación de emergencias:** Usar modelos BIM para gestionar respuestas rápidas y seguras ante emergencias.

#### 2.4.5. Estado de Avance de la Información de los Modelos (EAIM)

Son las distintas fases consecutivas de definición de los datos contenidos en los modelos BIM, y están vinculados directamente al progreso en el tiempo del proyecto. El estándar ha definido nueve EAIM, uno en etapa de Planificación, tres en Diseño, tres en Construcción y dos en Operación. Estos Estados delimitan los Niveles de Información (NDI) que deben contener los entregables detallados en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Estado de avance de información de los modelos.

|                              |   |   |
|------------------------------|---|---|
| Información de Planificación | DC<br>Diseño Conceptual                   | Fase inicial del proceso de diseño, en la cual a partir de las especificaciones, requisitos y necesidades del Solicitante, se establece el conjunto de tareas necesarias para obtener una solución al problema planteado.   |
| Información de Diseño        | DA<br>Diseño de Anteproyecto              | Fase temprana del proceso de diseño, en la que se establecen los criterios generales de un proyecto, considerando los requerimientos y restricciones del Solicitante, tales como normativos y legales.  |
|                              | DB<br>Diseño Básico                       | Fase en la que se preparan los criterios y especificaciones generales de los sistemas que considera el proyecto.  |
|                              | DD<br>Diseño de Detalle                   | Fase en la que se elabora la documentación específica de cada elemento del proyecto, mediante una descripción completa de la información necesaria para la fabricación y/o construcción de éstos.   |
| Información de Construcción  | CC<br>Coordinación de Construcción        | Fase en la que se planifica el conjunto de actividades a ejecutar de un trabajo de construcción, ordenándolo de la manera más eficiente posible y planificando todas las acciones para su ejecución.  |
|                              | CM<br>Construcción, Manufactura y Montaje | Fase de ejecución de las actividades planificadas en el terreno o fuera de él (off-site), que da inicio a las tareas de fabricación, tanto manuales como industrializadas.  |
|                              | AB<br>As-Built                            | Fase en la que se registra el proyecto tal como se ha construido realmente en el lugar, incluyendo los cambios de diseño ocurridos en el curso del trabajo. En esta fase se realiza la entrega de la información de la construcción, concluyendo el contrato de ésta.   |
| Información de Operación     | PM<br>Puesta en Marcha                    | Fase en la que se llevan a cabo las actividades de traspaso del activo al cliente, incluyendo también la información para el uso de ésta como por ejemplo, las garantías de los equipos instalados. Esta información sirve también para el desarrollo de eventuales proyectos de remodelación o ampliación. Esta fase considera las pruebas de funcionamiento del activo. |
|                              | GM<br>Gestión y Mantenimiento del Activo  | Fase en la que se ejecutan las tareas de mantenimiento de acuerdo al programa de servicios del activo. Esto incluye las actividades enumeradas en la estrategia de traspaso, la evaluación posterior a la ocupación y la revisión de desempeño del proyecto.  |

Fuente: (PLAN BIM, 2019).

#### 2.4.6. Tipos de información

Los tipos de información son quince grupos de datos que pueden estar contenido en las entidades de los modelos. Estos datos están organizados según la utilización que se le puede dar a la información durante el ciclo de vida del proyecto.

A continuación, se presentan los tipos de información:

- TDI A: Información general del proyecto.
- TDI B: Propiedades físicas y geométricas.
- TDI C: Propiedades geográficas y de localización espacial.
- TDI D: Requerimientos específicos de información para el fabricante y/o constructor.
- TDI E: Especificaciones técnicas.
- TDI F: Requerimientos y estimación de costos.
- TDI G: Requerimientos energéticos.
- TDI H: Estándar sostenible.
- TDI I: Condiciones del sitio y medioambientales.

- TDI J: Validación de cumplimiento de programa.
- TDI K: Cumplimiento normativo.
- TDI L: Requerimiento de fases, secuencia de tiempo y calendarización.
- TDI M: Logística y secuencia de construcción.
- TDI N: Entrega para la operación.
- TDI O: Gestión de activos.

#### 2.4.7. Niveles de información

Los Niveles de Información o NDI son los grados de profundidad que puede tener tanto la información geométrica como no geométrica contenida en las entidades de los modelos BIM, según el Estado de Avance de la Información de los Modelos en que se requiera. Esta información puede cambiar y/o aumentar a medida que el proyecto avanza. Los NDI están directamente relacionados con los TDI.

En el presente estándar, se diferencian seis niveles por los cuales puede pasar la información de las distintas entidades de los modelos. Es importante recalcar que es la información de las entidades la que pasa por distintos grados de información y por consecuencia la información de los modelos, y no viceversa. Es decir, no son los modelos los que se definen según un NDI, sino que los modelos albergan diferentes niveles de NDI, dependiendo del NDI de las entidades que contengan.

- NDI 1 Información inicial genera: Información inicial que puede ser estimativa, acerca de área, altura, volumen, localización y orientación de los elementos generados.
- NDI 2 Información básica aproximada: Información básica del tamaño, forma, localización, cantidad y orientación de los sistemas y elementos generales y su ensamblaje.
- NDI 3 Información detallada: Información detallada del tamaño, forma, localización, cantidad y orientación que sea relevante para el montaje de los elementos
- NDI 4 Información detallada y coordinada: Información detallada y coordinada respecto del tamaño, forma, localización, cantidad, orientación e interacción entre los sistemas de construcción y sus elementos de montaje específico.
- NDI 5 Información detallada de la fabricación y montaje: Información detallada de la fabricación y montaje, considerando el tamaño, localización, cantidad, orientación e interacción entre los elementos.
- NDI 6 Información detallada de lo construido y su puesta en marcha: Información detallada del tamaño, forma, localización, cantidad, orientación y de la puesta en marcha de los elementos construidos.

## 2.5. Heritage Building Information Modeling

### 2.5.1. Patrimonio construido

Para la UNESCO, el Patrimonio Mundial se divide en Patrimonio Natural, Cultural y Subacuático. En esta clasificación, el Patrimonio Cultural se divide en dos categorías, patrimonio cultural tangible e intangible (López et al., 2018). El concepto de patrimonio cultural hace referencia a la herencia cultural propia del pasado mantenida hasta la actualidad y transmitida hasta las generaciones presentes. Este proceso histórico de generación en generación está acompañado de constantes modificaciones dejando huellas del pasado y da cuenta de la naturaleza evolutiva del patrimonio cultural (Armisen et al., 2018).

Según (Armisen et al., 2018) el patrimonio construido es una producción particular del patrimonio cultural, por lo tanto, se compone de la relación de diferentes contextos a lo largo del tiempo que abarcan aspectos sociales, políticos y tecnológicos. En este sentido, es que este tipo de edificios poseen características únicas e irrepetibles las cuales se pueden clasificar bajo los siguientes puntos: naturaleza evolutiva, aspectos materiales y tecnológicos y patologías constructivas.

#### a) Naturaleza evolutiva

Los edificios históricos son el producto de una serie de transformaciones que han sucedido a lo largo de su historia. Por ello, no debemos concebirlo como un objeto fruto de un único impulso constructivo, sino como el resultado de una secuencia de acciones constructivas, destructivas y transformadoras.

#### b) Aspectos materiales y tecnológicos

El patrimonio construido se caracteriza por la utilización de materiales y técnicas constructivas particulares, en muchos casos propias de cada edificio. Esta característica es la que difiere de las construcciones actuales que se identifican por el empleo de materiales y técnicas estandarizados.

#### c) Patologías de las construcciones históricas

Las patologías del patrimonio construido se deben principalmente a las condiciones del ambiente, problemas en el proceso constructivo, o bien son producidas por su uso, causando alteraciones que afectan gravemente a estas edificaciones.

### 2.5.2. BIM aplicado al patrimonio construido

Para los edificios de carácter patrimonial, HBIM ha sido reconocida como una metodología estratégica para modelar elementos arquitectónicos y gestionar un gran número de datos e información relacionada con estas estructuras. HBIM contiene numerosas ventajas, las cuales abarcan la documentación de la condición actual del edificio, la evaluación de las intervenciones, la estimación de los costos y la supervisión de las actividades (Volk et al., 2014).

Un punto importante que beneficia la utilización de esta metodología es que permite mejorar la cooperación de las partes involucradas, promoviendo que estas cuenten con la información en el momento adecuado y de esta forma poder tomar decisiones en cuanto a proyectos de intervención, conservación, diagnóstico y gestión de las etapas del diseño arquitectónico (Brumana et al., 2018).

Según una revisión exhaustiva de la literatura por (López et al., 2018) el flujo de trabajo HBIM consta de una metodología bien definida graficada en la figura 2.1. El primer paso se centra en la recopilación de información. Esto implica reunir datos gráficos, no gráficos y tipológicos sobre la edificación. Los datos gráficos se obtienen mediante tecnologías avanzadas como el escaneo láser 3D y la fotogrametría, que generan nubes de puntos detalladas representando las superficies visibles. Por otro lado, los datos semánticos y tipológicos se extraen del análisis técnico del edificio y de documentos históricos. Esta información permite identificar materiales, reglas constructivas tradicionales y transformaciones pasadas que han afectado al edificio. Al mismo tiempo, la incorporación de información histórica permite integrar detalles que están relacionados con la materialidad, procesos constructivos y estado de conservación. El segundo paso es el filtrado y procesamiento de datos, un proceso que organiza la información histórica recopilada y la integra en plataformas BIM. Durante este proceso, las nubes de puntos obtenidas son procesadas y filtradas, lo que facilita su manipulación. A continuación, pueden ser modeladas paramétricamente mediante dos enfoques principales: uno automático y otro manual. El método manual es el más utilizado y permite segmentar y delimitar las nubes de puntos directamente en el entorno BIM proporcionando mayor precisión en modelos complejos. Por otro lado, el método automático utiliza algoritmos y complementos de software para generar objetos paramétricos a partir de nubes de puntos, aunque esta técnica está limitada a geometrías simples. El tercer paso implica el modelado paramétrico 3D, que parte de las nubes de puntos y los datos semánticos integrados previamente. En este paso, los elementos se segmentan y modelan siguiendo reglas y patrones históricos, utilizando bibliotecas BIM existentes y objetos diseñados externamente. Los modelos resultantes se agrupan en bibliotecas H-BIM, que permiten gestionar edificios pertenecientes a un mismo periodo histórico. Estas bibliotecas no solo facilitan la documentación técnica y la generación de modelos 3D, sino que también son fundamentales para realizar análisis históricos, simulaciones energéticas, y cálculos de costos y tiempos.

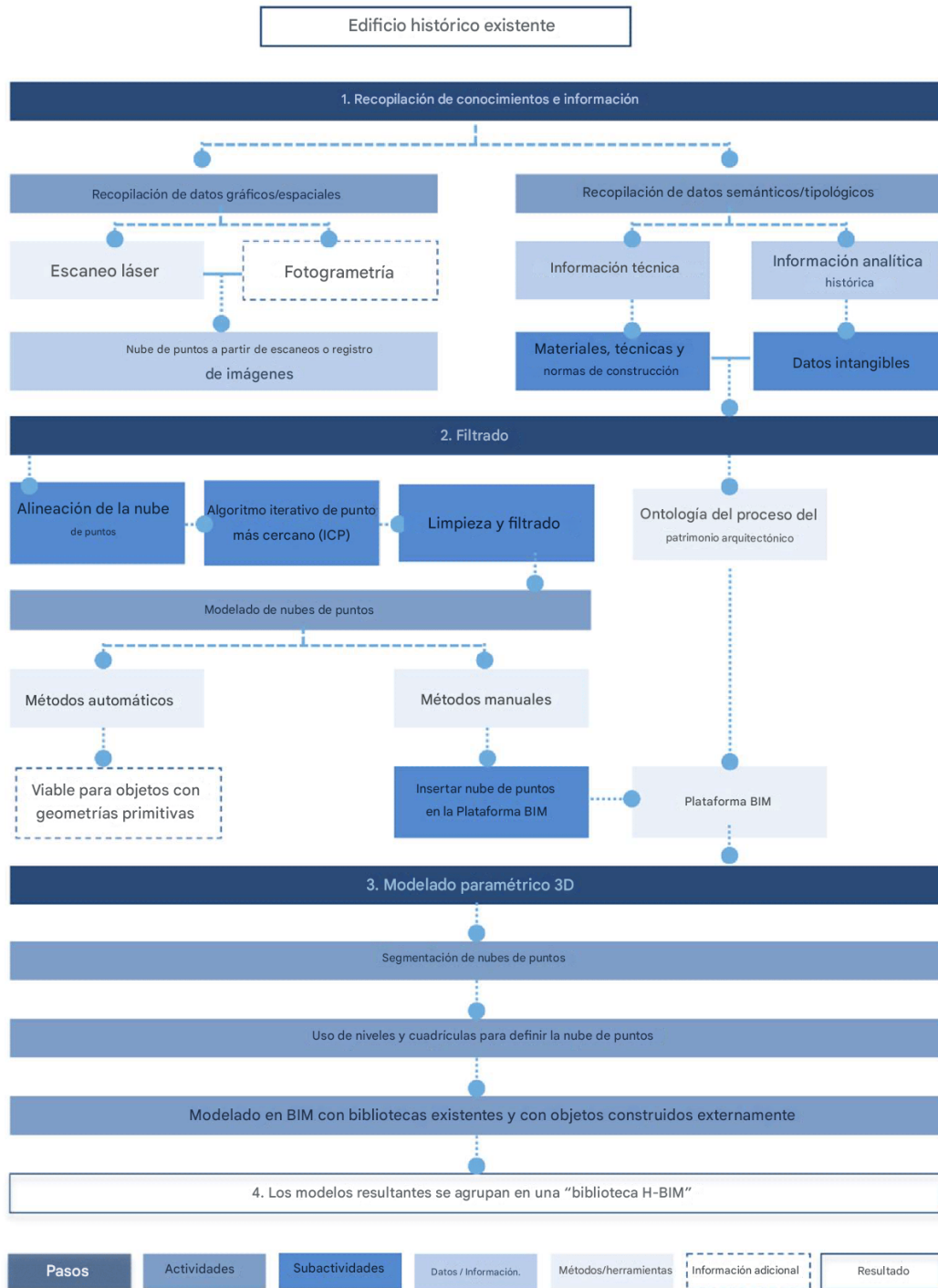


Figura 2.2 Metodología de trabajo HBIM.

Fuente: (López et al., 2018)

## 2.6. Implementación de BIM en proyectos de patrimonio inmueble

El Anexo VI es un documento elaborado a partir del proyecto “Desarrollo de una plataforma H-BIM para el patrimonio construido”. El objetivo de este documento es complementar el estándar BIM nacional integrando criterios específicos para el diseño e intervención de proyectos que involucren inmuebles de carácter patrimonial.

### 2.6.1. Componentes de la SDI y del PEB para proyectos de patrimonio inmueble

#### 2.4.1. Modelo As Built del inmueble existente

Para la realización de un proyecto de intervención patrimonial es imprescindible conocer las características materiales, físicas, históricas evolutivas y tecnológicas del inmueble. Por lo cual, es necesario realizar un modelo digital que represente las condiciones actuales del edificio, este modelo es denominado “As Built del inmueble existente”. Para su desarrollo, el anexo VI establece siete tipos de levantamiento de información. Para todas las entidades se debe considerar como mínimo un Nivel de información equivalente a un NDI 3.

### 2.6.2. Usos BIM

Para proyectos de patrimonio inmueble se consideran los veinticinco usos definidos en el Estándar BIM para Proyectos Públicos. Para el caso del Uso N°1 “Levantamiento de condiciones existentes” se deben considerar los recursos, equipos y experiencia agrupados en los siguientes tipos de levantamientos:

- a) Levantamiento de arquitectura o infraestructura y de sitio: es el proceso de desarrollo de uno o más modelos BIM considerando las condiciones geométricas y físicas del inmueble. Se considera también las condiciones topográficas de su entorno. Para su desarrollo se pueden utilizar técnicas de levantamiento topográfico complementadas con el uso de técnicas de escaneo láser o levantamiento fotogramétrico. Se debe considerar además el levantamiento del sitio pudiendo incorporar coordenadas en sistema UTM.
- b) Levantamiento paisajístico y de especies existentes: proceso de desarrollo de uno o más modelos BIM considerando las áreas verdes, especies vegetales nativas y/o exóticas, el trazado espacial y los elementos que forman parte del paisaje inmediato al inmueble tales como bancas, piletas, entre otros.
- c) Levantamiento arqueológico y mecánica de suelos: proceso de desarrollo de uno o más modelos BIM, considerando la información relativa a la caracterización arqueológica del subsuelo y del sitio donde se encuentra emplazado el inmueble. El o los modelos deben considerar, además, la información relacionada a los tipos de suelo de fundación y sus

características tanto físicas como mecánicas. Para su desarrollo se pueden realizar calicatas, prospecciones y considerar, para el análisis, el uso de Técnicas No Destructivas (TNDs).

- d) Levantamiento estructural: proceso de desarrollo de uno o más modelos BIM, considerando la información relativa al sistema estructural existente. Se requiere que el modelo contenga información específica del sistema de fundaciones, tipo de uniones, tipos de materiales y sus propiedades físicas y mecánicas.
- e) Levantamiento de instalación de sistemas Mecánicos, eléctricos y de Plomería (MEP): proceso de desarrollo de uno o más modelos BIM, considerando las actuales instalaciones y/o trazados según las distintas especialidades, tales como: electricidad, alumbrado y fuerza, corrientes débiles, iluminación, agua potable y alcantarillado, aguas lluvia, gas y combustibles; otras redes o instalaciones con que cuente actualmente el edificio o terreno. Se requiere información relativa al estado de conservación de estas instalaciones.
- f) Levantamiento crítico: proceso de desarrollo de uno o más modelos BIM, considerando los aspectos materiales y constructivos del inmueble. Lo anterior debe ser desarrollado desde el estudio de los factores técnicos, productivos y sociales del edificio. Este proceso incorpora el estudio histórico y la arqueología de la arquitectura, teniendo en cuenta los factores de tiempo y espacio en función de la composición material y de los elementos constructivos. También se contempla la integración de información relativa al estado de conservación de los elementos, incluyendo el registro de las deformaciones y los daños producidos por los factores antrópicos, físicos, mecánicos, químicos y biológicos.
- g) Levantamiento de bienes muebles: proceso de desarrollo de uno o más modelos BIM, considerando los bienes muebles presentes y adosados al inmueble. Lo anterior tomando en cuenta su ubicación espacial y el estado de conservación.

### 2.6.3. Tipos de Información

Los proyectos patrimoniales deben considerar los siguientes TDI específicos:

**TDI P: Información histórica y de arqueología de la arquitectura**

Información histórica y de arqueología de la arquitectura contenidas en las entidades tales como: fases históricas, tipo y número de unidad estratigráfica, tipología constructiva, entre otros. Esta información ha sido incorporada, como propuesta, en la Matriz de Información de Entidades.

**TDI Q: Información relativa al estado de conservación**

Información relativa al estado de conservación contenida en las entidades tales como: tipo de material, tipo de deterioro, ubicación y extensión del deterioro, módulo de elasticidad, tipos de ensayos realizados, estado de conservación, entre otros. Esta información ha sido incorporada, como propuesta, en la Matriz de Información de Entidades.

La siguiente tabla 2.1 muestra la relación existente entre los Usos BIM y los TDI P y Q para implementar proyectos de intervención patrimonial en el Estándar Nacional.

Tabla 2.2 Relación Tipos de Información con Usos BIM.

| Tipos de Información (TDI)   | Usos BIM                                   |                                      |                           |  |                          |                    |                             |                        |                         |                       |                         |                       |                                  |                                   |                          |                            |                                      |                         |                      |                         |                        |                          |                              |                                       |  |
|--|--|--------------------------------------|---------------------------|--|--------------------------|--------------------|-----------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------------|---------------------------------------|--|
|  | 1. Levantamiento de condiciones existentes | 2. Estimación de cantidades y costos | 3. Planificación de fases | 4. Análisis del cumplimiento programa espacial | 5. Análisis de ubicación | 6. Coordinación 3D | 7. Diseño de especialidades | 8. Revisión del diseño | 9. Análisis estructural | 10. Análisis lumínico | 11. Análisis energético | 12. Análisis mecánico | 13. Otros análisis de ingeniería | 14. Evaluación de sustentabilidad | 15. Validación normativa | 16. Planificación de obras | 17. Diseño de sistemas constructivos | 18. Fabricación digital | 19. Control de obras | 20. Modelación as-built | 21. Gestión de activos | 22. Análisis de sistemas | 23. mantenimiento preventivo | 24. Gestión y seguimiento de espacios | 25. Planificación y gestión de emergencias |
| TDI_P<br>Información histórica y de arqueología de la arquitectura | •  | •                                    | •                         | •  | •                        |                    | •                           | •                      |                         |                       |                         |                       |                                  |                                   | •                        |                            |                                      | •                       |                      | •                       | •                      |                          |                              |                                       |  |
| TDI_Q<br>Información relativa al estado de conservación            | •  | •                                    | •                         | •  | •                        |                    | •                           | •                      | •                       | •                     | •                       | •                     | •                                | •                                 | •                        | •                          | •                                    | •                       | •                    | •                       | •                      | •                        | •                            | •                                     | •  |

Fuente: (Ortiz R. et al., 2023)

## 2.7. Plataforma H-BIM para el Patrimonio Construido.

La “Plataforma H-BIM para el patrimonio construido” es una herramienta tecnológica diseñada para gestionar la documentación necesaria en los procesos de levantamiento, diseño y ejecución de proyectos de intervención de inmuebles patrimoniales (Jamet A. & Tapia V., 2023).

El objetivo principal de la plataforma es que permite el control de gestión del Plan de ejecución HBIM, el cual responde a las solicitudes específicas de información HBIM. Este proceso facilita la organización y entrega adecuada de los datos del proyecto, promoviendo un flujo de información claro y estructurado (Jamet A. & Tapia V., 2023).

La plataforma proporciona un espacio denominado Entorno de Datos compartidos (CDE) la cual permite tener una fuente única de información para recopilar, gestionar y difundir documentos y modelos entre los actores del proyecto de forma estandarizada (PLAN BIM, 2019).

Este espacio integrado permite el intercambio de información gráfica, no gráfica y de documentación. El CDE cuenta con las siguientes características:

- Repositorio de datos
- Administración de derechos de acceso a personas
- Administración de versiones de los proyectos
- Administración de Estados de Planificación de los documentos o modelos

- Filtrado de la información.

La plataforma H-BIM, basada en un CDE, es una única fuente de información, disminuyendo los tiempos y costos de los proyectos, la propiedad de la información permanecerá con el administrador, la colaboración es independiente de la ubicación geográfica y la información permanece actualizada, segura, archivada, y protegida.

#### 2.7.1. Funcionalidades de la Plataforma HBIM

La plataforma en la actualidad cuenta con diversas funciones, las cuales se clasifican a continuación:

- a) Plataforma colaborativa: permite un trabajo colaborativo a través de un espacio virtual, en tiempo real, centralizando las funcionalidades ligadas al desarrollo de un proyecto patrimonial. Esto brinda un aumento de los flujos de trabajo, disminuyendo costos, tiempos de entrega y revisión de la información.
- b) Gestión de documentos: permite organizar y compartir documentación, entre solicitante y proveedor, en distintos formatos (IFC, PDF, JPG, DWG, entre otros). Esto permite administrar la documentación en tiempo real y garantizar que, tanto el solicitante como el proveedor, tengan acceso a la información. Además, ayuda a mantener el control de los documentos, eliminando el riesgo de trabajar con información incorrecta, evitando duplicidades y sincronizando la comunicación.
- c) Control y gestión de calidad: la plataforma permite la gestión de la calidad facilitando, controlando y automatizando las revisiones de los modelos, documentos y de toda información relacionada al proyecto. Lo anterior en base a las normativas y estándares establecidos. Para ello la plataforma dispone de herramientas que ayudan a la revisión, control y aprobación de documentos, modelos e información, en las distintas etapas del proyecto.
- d) Repositorio de proyectos: la plataforma permite almacenar y alojar archivos y documentación relevante de un proyecto, permitiendo el acceso de la información para futuros proyectos de diseño, intervención o mantenimiento de un inmueble patrimonial.

#### 2.7.2. Tipos de proyectos

La plataforma dispone de tres módulos que permiten gestionar proyectos con Solicitud de Información, sin Solicitud de Información pero con proveedor y proyectos sin Solicitud de Información.

- a) Proyecto con SDI: se desarrollará a partir del ingreso de una Solicitud de Información (SDI) ingresada por el Solicitante y respondida por un Plan de Ejecución BIM (PEB) a través del Proveedor.

- b) Proyecto sin SDI con proveedor: se desarrollará sin una Solicitud de Información (SDI). Los usuarios que participan en este tipo de proyecto son un solicitante y un proveedor.
- c) Proyecto sin SDI: se desarrollará sin una Solicitud de Información (SDI). Los usuarios que participan en este tipo de proyecto son solicitantes.

### 2.7.3. Operatividad de la Plataforma H-BIM

La plataforma cuenta con cuatro tipos de módulos o usuarios, los cuales se diferencian entre sí por las distintas funciones que tienen en la plataforma.

- a) Módulo administrador: el usuario administrador es el encargado de administrar la Plataforma HBIM y tiene la facultad de crear administradores locales para las cuatro instituciones beneficiarias (Ministerio de Obras Públicas, Ministerio de las Culturas, las Artes y el Patrimonio, Corporación Museo del Salitre y la Ilustre Municipalidad de Valparaíso). El administrador tiene acceso a todos los proyectos desarrollados por los administradores locales, proyectos eliminados y al repositorio de proyectos.
- b) Módulo administrador local: es el representante de la institución beneficiaria en la plataforma; Ministerio de Obras Públicas, Ministerio de las Culturas, las Artes y el Patrimonio, Corporación Museo del Salitre y la Ilustre Municipalidad de Valparaíso. El administrador local crea proyectos, además de usuarios solicitantes y proveedores,
- c) Módulo solicitante: es el usuario que recibe la información de trabajos, bienes o servicios desde el proveedor: El solicitante crea SDI, visualiza PEB, revisa PEB y también revisa entregables. Además de tener acceso a repositorio de proyectos y el listado de los eliminados.
- d) Módulo proveedor: es el usuario que entrega información referente a trabajos, bienes o servicios. El proveedor visualiza SDI, ingresa PEB definitivo y tiene acceso rápido a los modelos y documentos relacionados con el proyecto vinculado.

## 2.8. Estrategias para implementar procesos de validación

### 2.8.1. La ingeniería de software

La ingeniería de software es una disciplina encargada de aplicar principios de la ingeniería en la creación de software. Su objetivo principal es desarrollar software de alta calidad, eficiente y confiable, mediante la aplicación de procesos sistemáticos y metodologías bien definidas. Para lograr esto, es esencial comprender y satisfacer adecuadamente los requerimientos del software. Los requerimientos son la base de todo proyecto de software, ya que describen las funcionalidades y características que el software debe tener para satisfacer las necesidades de los usuarios o clientes finales. Para gestionar adecuadamente los requerimientos, es necesario realizar un modelado del software que permita visualizar de manera clara y precisa cómo funcionará el software

y cómo interactuará con el usuario. El modelado del software es esencial para el éxito del proyecto, ya que permite detectar posibles errores o deficiencias en la etapa de diseño, evitando costosos errores en la implementación y pruebas (Celi-Párraga et al., 2023).

### 2.8.2. Dominios de aplicación del software

Según (Pradel et al., 2013) se denomina software aquello que no es físico en un computador, en donde se incluyen programas informáticos que indican la secuencia de instrucciones que debe ejecutar durante su funcionamiento. El ámbito de acción de un software es amplio, sobre todo en la actualidad, dado que existen diferentes áreas de aplicación, tales como:

- a) Software de sistemas: programas que entregan servicios a otros programas, como sistemas operativos, por ejemplo.
- b) Software de aplicación: resuelven una necesidad específica, normalmente de una organización como la gestión de ventas.
- c) Softwares científicos y de ingeniería: programas con algoritmos complejos enfocados al cálculo y la simulación.
- d) Software de inteligencia artificial: pertenecen a una categoría de sistemas expertos enfocados al campo de la salud y reconocimiento del habla, entre otros.
- e) Aplicación web: Las aplicaciones web, son elaboradas a medida, tienen una serie de características que las hacen diferentes del resto de software. Se caracterizan por unificar fuentes de datos y diferentes servicios en entornos altamente distribuidos.

### 2.8.3. Características del software

Para (Celi-Párraga et al., 2023) el software debe contener diferentes características en torno a los requerimientos del usuario que solicita su diseño. Entre estas se pueden encontrar:

- a) Mantenimiento: Debe tener la capacidad de evolucionar y adaptarse a las nuevas necesidades de los usuarios clientes.
- b) Confiabilidad y seguridad: esta característica en particular abarca requerimientos como fiabilidad, seguridad y protección. Eventualmente, si ocurre una falla de sistema no debe generar ningún perjuicio económico ni físico.
- c) Eficiencia: El software no debe generar pérdidas de los recursos del sistema. En este sentido, se incluyen la capacidad de respuesta, tiempo de procesamiento, utilización de memoria, entre otras más.
- d) Aceptabilidad: el software necesita ser comprensible, utilizable y compatible para el usuario que fue diseñado.

#### 2.8.4. Ciclo de vida del software

Según (Sommerville, 2011) existen múltiples y diferentes procesos de modelamiento de software, entendiendo este como la secuencia de actividades para la elaboración de un producto software. Sin embargo, muchos de estos procesos concluyen en cuatro tareas principales y fundamentales simplificadas en el siguiente ciclo de vida.

- Especificación del software: se define la funcionalidad del software como las restricciones de su operación.
- Diseño e implementación del software: proceso de desarrollo y diseño del software para cumplir con las especificaciones.
- Validación del software: proceso en el cual se somete a pruebas y control de calidad para asegurarse que cumple con los requerimientos del cliente.
- Evolución del software: el software debe evolucionar para satisfacer las cambiantes necesidades del cliente.

Si bien existen múltiples modelos, como relatan (Aguileta & Gómez, 2018) uno de los más populares y ampliamente conocidos en el mundo académico e industrial es el “modelo de cascada”. Sin embargo, su adopción, ha generado múltiples críticas debido esencialmente a la falta de involucramiento del cliente en las distintas etapas del desarrollo y su dificultad de adaptación y evolución.

##### a) Modelo de cascada

Original de la década de los 70, por lo cual su metodología está diseñada para cuando los requisitos se comprenden bien y existe baja probabilidad de que cambien. Considera las siguientes etapas establecidas en la Figura 2.2.

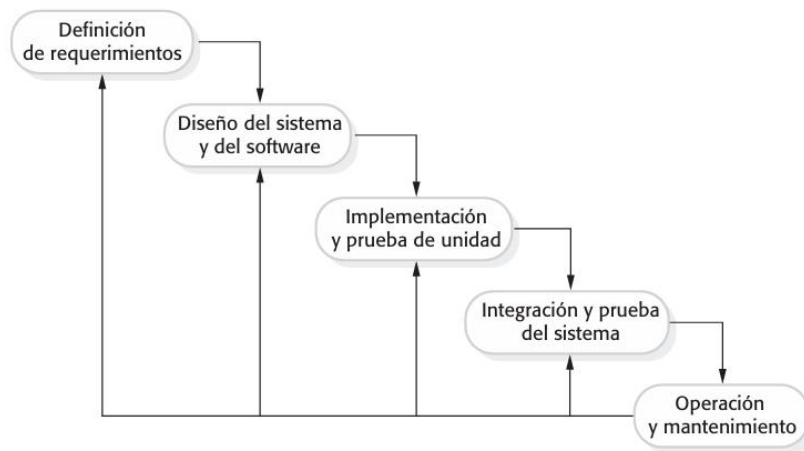


Figura 2.3 Modelo de cascada.

Fuente: (Sommerville, 2011)

- Definición de requisitos: en esta etapa se llevan a cabo entrevistas a los usuarios, con el fin de establecer los servicios, restricciones y metas del producto software a desarrollar.
- Diseño: En esta etapa, los requisitos sirven de base para el establecimiento de una arquitectura del producto software. El diseño de software implica identificar y describir las abstracciones necesarias para el producto software y así como sus relaciones.
- Implementación y pruebas: En esta etapa, el diseño se implementa como un conjunto de programas o unidades de programa. Las pruebas unitarias consisten en verificar que cada unidad satisfaga su especificación.
- Integración y pruebas de sistema: Durante esta etapa, las unidades de programa o programas son integradas y probadas como un sistema completo para asegurar el cumplimiento de los requisitos software. Una vez probado, el producto software se entrega al cliente.
- Operación y mantenimiento: es usual que esta etapa sea la más larga del ciclo de vida. El producto es instalado y puesto en operación. El mantenimiento consiste en: corregir defectos que no fueron detectados en etapas previas del ciclo de vida; mejorar la implementación del producto, o extender nuevas funcionalidades a partir del descubrimiento de nuevos requisitos.

#### b) Modelo V

Este modelo es una adaptación al modelo de cascada, en el que se hace énfasis en la verificación y validación del producto. Inicia con las necesidades del usuario en su parte izquierda y finaliza con un sistema validado por el usuario en su extremo derecho. La secuencia de actividades

inicia y desciende como el modelo de cascada, mientras que la integración y verificación asciende sucesivamente pasando por los diferentes niveles verificando, los conjuntos, unidades, componentes, subsistemas y finalmente el producto software completo, demostrados en la Figura 2.3 (Aguileta & Gómez, 2018).

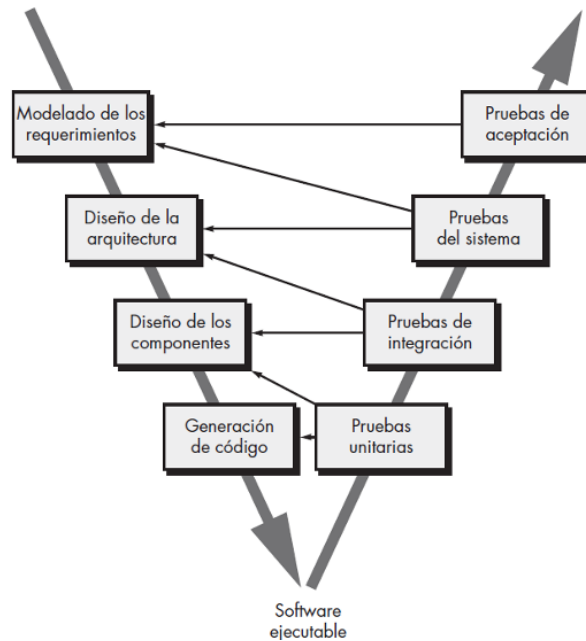


Figura 2.4 Modelo V.

Fuente: (Aguileta & Gómez, 2018)

- Pruebas de integración: las personas que desarrollan el sistema ponen a prueba los componentes que constituyen el sistema. Cada componente se prueba de manera independiente, es decir, sin otros componentes del sistema. Éstos pueden ser simples entidades, como funciones o clases de objeto, o agrupamientos coherentes de dichas entidades.
- Pruebas del sistema: los componentes del sistema se integran para crear un sistema completo. Este proceso tiene la finalidad de descubrir errores que resulten de interacciones no anticipadas entre componentes y problemas de interfaz de componente, así como de mostrar que el sistema cubre sus requerimientos funcionales y no funcionales, y poner a prueba las propiedades emergentes del sistema. Para sistemas grandes, esto puede ser un proceso de múltiples etapas, donde los componentes se conjuntan para formar subsistemas que se ponen a prueba de manera individual, antes de que dichos subsistemas se integren para establecer el sistema final.

- Pruebas de aceptación: Ésta es la etapa final en el proceso de pruebas, antes de que el sistema se acepte para uso operacional. El sistema se pone a prueba con datos suministrados por el cliente del sistema, en vez de datos de prueba simulados. Las pruebas de aceptación revelan los errores y las omisiones en la definición de requerimientos del sistema, ya que los datos reales ejercitan el sistema en diferentes formas a partir de los datos de prueba. Asimismo, las pruebas de aceptación revelan problemas de requerimientos, donde las instalaciones del sistema en realidad no cumplan las necesidades del usuario o cuando sea inaceptable el rendimiento del sistema.

#### 2.8.5. Concepto de validación y verificación de software

En el subcapítulo anterior, queda demostrada de forma académica y científica el proceso completo de fabricación de un producto software. En este sentido, el modelo en V propone una metodología de trabajo precisa para validar software y plataformas web desde la perspectiva del usuario. A todo este proceso, desde la parte derecha del modelo V, se le denomina “Control de calidad del software” donde los conceptos de validación y verificación son los responsables de entregar al usuario los requerimientos iniciales por los cuales fue construido este producto.

Para (Brecht et al., 2020) la validación muestra si el producto hace lo que se supone que debe hacer en el entorno operativo previsto respondiendo a la siguiente pregunta ¿se ha fabricado el producto adecuado? Es por ello que hace una distinción entre validación y verificación explicada de la siguiente manera:

- Validación: proceso que garantiza que el producto o sistema satisface las necesidades de las partes interesadas, por lo cual, proporciona la idea de aceptación e idoneidad a los clientes. Este proceso se desarrolla en las etapas finales del desarrollo del proyecto por lo tanto se puede considerar como una comparación continua y sistemática del estado actual del producto software. En otras palabras, es un proceso externo de verificación.
- Verificación: a menudo ambos conceptos, verificación y validación se interpretan de la misma forma. Sin embargo, la verificación cumple las expectativas de un proceso interno de diseño del producto considerando los requisitos y especificaciones técnicas acordadas.

#### 2.8.6. Pruebas de aceptación y del sistema

Como se describió en el subcapítulo 2.6.4. el modelo V contiene distintas actividades por las cuales se ha planificado el proceso de elaboración de un software. Es por eso, que la última actividad son las pruebas de aceptación. Estas pruebas, son sometidas directamente a los usuarios finales para finalmente validar el producto final. En este sentido, los antecedentes recopilados en la literatura relativa a esta temática han demostrado variadas formas y métodos de validación de sus sistemas, por lo cual, en cierta forma queda a disposición de los autores o mandantes del proyecto

que camino a elegir deben tomar sus prototipos de software. En cierta medida, se debe a la variedad de aplicaciones prácticas y temáticas como negocios, startup, inteligencia artificial, entre otras plataformas y software.

#### 2.8.6.1. Escala de Usabilidad de Sistemas

Dado lo anterior, existe la S.U.S. o también la Escala de Usabilidad de Sistemas por su nombre en inglés System Usability Scale, concebida por John Brooke en el año 1985. Esta escala estandarizada proporcionando información valiosa sobre la experiencia del usuario respecto a la usabilidad de un sistema. Al mismo tiempo permite medir y evaluar la percepción de usabilidad de un sistema, es decir, su idoneidad para el propósito, por parte de los usuarios, a quienes debemos conocer, así como las tareas que estos usuarios realizarán, las características del entorno físico, organizacional y social en el que se utilizará dicho sistema o producto software (Brooke, 1985).

Entonces S.U.S. es una escala de usabilidad simple, que contiene diez preguntas y propone una solución global para la evolución de usabilidad de un sistema. La escala contiene cinco puntos de evaluación relacionadas con cada pregunta:

- 1. Totalmente en desacuerdo.
- 2. En desacuerdo.
- 3. Neutro.
- 4. De acuerdo.
- 5. Totalmente de acuerdo.

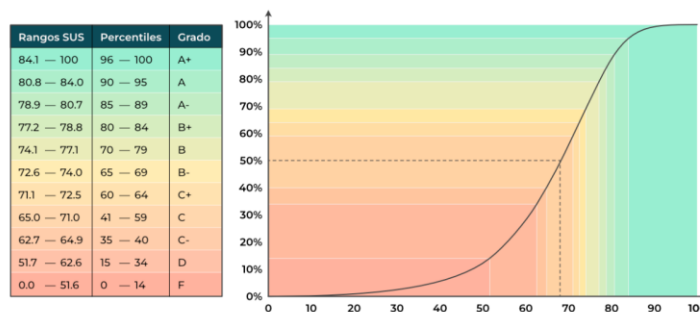
Las preguntas de la escala de SUS se presentan a continuación:

- Creo que me gustaría usar este sistema con frecuencia.
- Encontré el sistema innecesariamente complejo.
- Pensé que el sistema era fácil de usar.
- Creo que necesitaría el apoyo de un técnico para poder usar este sistema.
- Encontré que las diversas funciones del sistema estaban bien integradas
- Pensé que había demasiada inconsistencia en este sistema.
- Imagino que la mayoría de las personas aprenderían a usar este sistema muy rápidamente.
- Encontré el sistema muy incómodo de usar.
- Me sentí muy seguro(a) usando el sistema.
- Necesité aprender muchas cosas antes de poder empezar a usar este sistema.

Existen distintas formas de interpretar los resultados de la escala SUS, sin embargo, (Lewis & Sauro, 2009) proponen que los datos deben ser interpretados a partir de la escala de percentiles y grados de usabilidad de la siguiente manera.

- Para calcular la puntuación SUS, se debe sumar la puntuación de cada elemento, que varía entre 0 y 4 puntos (1 menos que la escala mostrada).
- Para los ítems 1, 3, 5, 7 y 9, la contribución de cada uno de ellos resulta de restar 1 al valor indicado por el usuario (1 a 5).
- Para los ítems 2, 4, 6, 8 y 10, la contribución de cada uno de ellos resulta de restarle a 5 el valor indicado por el usuario.
- La suma de los 10 valores obtenidos será multiplicada por 2,5 para obtener el valor total de SUS. El rango de este valor estará comprendido entre 0 y 100.
- Con el valor del percentil se establece el grado de usabilidad de la plataforma web en base a la siguiente tabla.

Tabla 2.3 Escala de percentiles y grados de usabilidad.



Fuente: (Lewis & Sauro, 2009)

Los once rangos de usabilidad son los mostrados en la tabla del gráfico anterior, clasificados entre A+ y F, de acuerdo con el siguiente detalle:

- A+: lo mejor imaginable
- A: excelente
- C: aceptable
- D: Regular
- F: baja usabilidad

Del mismo modo (Lewis & Sauro, 2009) agregan que:

- Aunque los resultados finales van de 0 a 100, estos no son porcentajes, deben ser normalizados a través de los percentiles y grados vistos anteriormente.
- La escala S.U.S. ha demostrado ser confiable, ofreciendo resultados consistentes con la percepción real de los usuarios. Aun con muestras muy pequeñas se logran obtener resultados confiables.

- En este aspecto, debemos considerar que muestras muy pequeños pueden generar resultados imprecisos para grupos de usuarios desconocidos. Deben agregarse, en estos casos, intervalos de confianza para comprender la variabilidad de sus resultados.
- Se ha demostrado que S.U.S. distingue, con eficacia, entre sistemas usables y no usables.
- SUS no diagnostica. Los puntajes S.U.S. se relacionan con lo que sucede durante las pruebas de usabilidad.

#### 2.8.6.2. Interfaz Gráfica de Usuario y sus características deseables

Para (Albornoz et al., 2015) la interfaz gráfica de usuario o bien la GUI, es donde comienza la interacción ser humano y computador. Corresponde a la parte visible de cualquier producto software. En la literatura se define como el conjunto de formas y métodos que posibilitan la interacción de un sistema con los usuarios, utilizando elementos gráficos así como también imágenes. Las formas graficas están relacionadas con botones, íconos, ventanas, fuentes, etc. Estas representan funciones, acciones e información.

Al momento de diseñar y programar una interfaz gráfica (GUI), es importante considerar una serie de cualidades que van más allá del simple funcionamiento técnico. Estas características no solo influyen en el rendimiento de la interfaz, sino también en su apariencia y en cómo se presentan sus elementos visuales. Para poder evaluar con precisión en qué medida se cumplen estas cualidades, es útil desglosarlas en niveles más específicos, es decir, primero en sub características y, finalmente, en características atómicas. Estas últimas permiten una medición más concreta y detallada de cada aspecto clave (Albornoz et al., 2015). Algunas de ellas son:

- a) Ayuda: ante todo la GUI debe brindar ayuda y asistencia. Características atómicas: claridad en los mensajes de ayuda, existencia de ayuda, existencia de ayuda en línea y existencia de un asistente.
- b) Robustez: la GUI debe responder ante diversas situaciones inesperadas o destructivas. Sub características: manejo de errores, que se refiere al comportamiento de la GUI ante información errónea, incluyendo la recuperación de estados anteriores, la prevención de errores y la corrección de errores; y alertas, que consisten en advertencias ante acciones destructivas, con la característica atómica de aviso de acciones destructivas.
- c) Funcional: la GUI debe permitir realizar más de una tarea al mismo tiempo (como imprimir y buscar un archivo), ofrecer atajos (por ejemplo, Ctrl+C para copiar), responder de inmediato al accionar del usuario y permitir actualizaciones. Características atómicas: multitarea, uso de atajos, respuesta ante sobrecarga y actualizaciones.
- d) Efectividad: la interfaz es efectiva si el usuario puede concretar las tareas que necesita realizar, sintiendo conformidad al utilizarla. Característica atómica: facilidad para encontrar tareas.

- e) Consistencia: todo elemento (imagen, ícono, sonido, etc.) siempre debe representar lo mismo. Debe existir coherencia entre los componentes de la GUI y el mundo real, y los mensajes deben aparecer siempre con el mismo formato. Características atómicas: cada elemento representa lo mismo, cada elemento es representativo del dominio que representa, cada imagen se asocia a palabras clave del proceso y los mensajes siempre se muestran de forma uniforme.
- f) Flexibilidad: la GUI es flexible si permite al usuario personalizar sus componentes. Características atómicas: elección de idioma y configuración personalizada.
- g) Portabilidad (gráfica): la interfaz siempre debe verse igual en cualquier sistema operativo. Característica atómica: igual apariencia en distintos sistemas operativos.
- h) Estética: se refiere a que la GUI posea un diseño visualmente agradable. Debe ser sencilla y facilitar el trabajo sin distraer. Sub características: fuente (la letra debe ser legible, con la característica atómica de legibilidad en tipo y tamaño); colores (resaltar lo importante sin sobrecargar la visión, usando entre 4 y 7 colores, preferentemente tonos claros y reservando los fuertes para información importante), con características atómicas como colores utilizados, combinación armoniosa y predominio de tonos claros; y otros elementos (como imágenes, tablas, sonidos, etc.), que deben integrarse sin sobrecargar ni distraer, con las características atómicas de evitar información sobrecargada y uso adecuado de elementos extras para mostrar información.
- i) Organización: una interfaz debe estar bien organizada; las opciones del menú principal deben tener un orden y las opciones dentro de cada una deben estar relacionadas (por ejemplo: en “Edición”, incluir copiar, cortar, pegar, etc.). Características atómicas: cantidad de opciones del menú principal y promedio de cantidad de opciones por cada opción del menú principal.
- j) Vocabulario (claridad): se refiere a que el usuario pueda comprender los términos que se emplean en la GUI. Características atómicas: uso de términos técnicos, vulgares, sofisticados y desconocidos.

#### 2.8.6.3. Modelo de calidad del producto según norma ISO 25010

El modelo de calidad se convierte en un elemento clave para estructurar y guiar la evaluación de un producto software, en este caso, de la plataforma H-BIM. A través de este modelo, es posible identificar y definir las características que se deben considerar para valorar su desempeño y funcionalidad de manera integral (*ISO 25010*, 2011)

Cuando se habla de calidad en un software, se refiere al grado en que este cumple con las necesidades y expectativas de quienes lo utilizan. Es decir, qué tan bien responde a los requisitos planteados por sus usuarios, aportando así un valor real en su implementación. Estos requisitos, que pueden incluir aspectos como la funcionalidad, el rendimiento, la seguridad o la facilidad de mantenimiento, son precisamente los que se organizan y representan dentro del modelo de calidad (*ISO 25010*, 2011; Mex-Alvarez et al., 2019) Este modelo nos permite clasificar y analizar la calidad

del producto a través de diferentes características y sub características, facilitando una evaluación más completa y estructurada. A continuación se describen las características que componen este modelo de calidad:

- **Adecuación funcional:** evalúa si el software entrega las funciones necesarias y correctas para cumplir con los objetivos del usuario. Incluye aspectos como la completitud, corrección y pertinencia de las funciones.
- **Eficiencia de desempeño:** mide qué tan bien realiza el sistema sus funciones, considerando el tiempo de respuesta y el uso de recursos como CPU, memoria o almacenamiento.
- **Compatibilidad:** determina la capacidad del software para operar correctamente junto con otros sistemas
- **Fiabilidad:** evalúa la capacidad del sistema para funcionar correctamente durante un período de tiempo determinado, sin fallos. Incluye aspectos como disponibilidad, tolerancia a fallos y capacidad de recuperación ante errores.
- **Seguridad:** mide el nivel de protección de la información ante accesos no autorizados o ataques maliciosos. Considera sub características como confidencialidad, integridad, autenticidad y trazabilidad de las acciones realizadas.
- **Mantenibilidad:** determina qué tan fácil es modificar, corregir o mejorar el software sin introducir nuevos errores. Incluye el análisis y capacidad de prueba.
- **Portabilidad y adaptabilidad:** evalúa qué tan fácilmente el software puede instalarse, configurarse o adaptarse a distintos entornos y plataformas. Se analiza la escalabilidad, la instalación y la posibilidad de reemplazar componentes.
- **Protección y seguridad operativa:** analiza si el software puede prevenir condiciones de riesgo para las personas, el entorno o la infraestructura, mediante advertencias, restricciones o modos seguros de operación.

### 3. Metodología de investigación

Se propone una metodología con la finalidad de cumplir con los objetivos de este trabajo, y de esta manera realizar una validación completa de la plataforma H-BIM, la cual consiste en: evaluar la funcionalidad de su interfaz, evaluar su herramienta de visualización de modelos H-BIM, evaluar la experiencia del usuario y por último validar y comprobar las utilidades que presta la plataforma H-BIM.

La metodología de investigación se aplica al caso de estudio del Castillo San José, el cual ya posee un modelo geométrico 3D y corresponde al primer proceso de validación de esta plataforma, solicitado por la Asociación de Investigación y Desarrollo, entidad patrocinante del proyecto.

En primer lugar se evaluaron aquellos aspectos relacionados con la interfaz de usuario de la plataforma, analizando si es que cumple con las características mínimas consultadas en la literatura, como: botones de ayuda, robustez, funcionalidad, efectividad, consistencia, flexibilidad, portabilidad, estética y vocabulario.

Luego se analizarán aquellos aspectos relacionados con el visualizador de modelos 3D de la plataforma. Generando y evaluando sus planos de corte, función de aislación de elementos, alternación de planos de visión, visualización de propiedades de las entidades y la aplicación de distintos filtros según el manual MEI.

Consecuentemente, se procederá a evaluar la experiencia del usuario, la cual está fundamentada principalmente en instrumentos de medición estandarizados y ampliamente conocidos en la literatura, y de esta manera obtener resultados objetivos con respecto a la experiencia del usuario.

Y por último, con todos los aspectos mencionados anteriormente poder evaluar y comprobar las utilidades que presta la plataforma H-BIM con énfasis al cumplimiento de las diferentes normativas nacionales e internacionales con respecto a BIM para el desarrollo de proyectos de intervención patrimonial.

#### 3.1. Evaluación de funcionalidad de su interfaz

Se realizará una evaluación de las características principales y deseables que debe cumplir la interfaz gráfica de usuario, organizada en una tabla que incluirá una casilla para indicar si cada característica se cumple, no se cumple o no aplica. Esta evaluación se llevará a cabo mediante la generación de un proyecto con Solicitud de Información, ya que el proceso de gestión de información

en la plataforma, a través de este tipo de proyectos, permite la participación activa de todos los perfiles de usuario: Administrador Local, Solicitante y Proveedor.

Por esta razón, la metodología se aplicará a cada una de las interfaces correspondientes a los distintos módulos involucrados en el desarrollo del proyecto, es decir: Administrador Local, Solicitante y Proveedor. Para realizar la evaluación, se ha elaborado la tabla 3.1 de puntuación, adjunta a continuación, en la que se asignan valores según el nivel de cumplimiento de cada característica: si la característica se cumple, se otorga 1 punto; si requiere mejoras, se asigna 0,5 puntos; y si no aplica, no se le asigna puntaje.

Tabla 3.1 Características deseables de la Interfaz Gráfica de Usuario

| Item   | Característica evaluada  | Cumple<br>(1 punto) | Debe mejorar<br>(0,5 punto) | No cumple<br>(0 puntos) |
|--|--|---------------------|-----------------------------|-------------------------|
| a  | Ayuda: la GUI debe brindar ayuda y asistencia.   |                     |                             |                         |
| b  | Robustez: la GUI debe responder ante diversas situaciones inesperadas o destructivas   |                     |                             |                         |
| c  | Funcional: la GUI debe permitir realizar más de una tarea al mismo tiempo (imprimir y buscar un archivo); ofrecer atajos, responder de inmediato al accionar del usuario, actualizar, etc.   |                     |                             |                         |
| d  | Efectividad: la Interfaz es efectiva si el usuario puede concretar las tareas que necesita realizar, sintiendo conformidad al utilizarla   |                     |                             |                         |
| e  | Consistencia: todo elemento: imagen, ícono, sonido, etc. Siempre representa lo mismo. Debe existir coherencia del significado de los componentes de la GUI, con el mundo real. Los mensajes deben aparecer siempre con el mismo formato. |                     |                             |                         |
| f  | Flexibilidad: la GUI es flexible si permite al usuario personalizar sus componentes.   |                     |                             |                         |
| g  | Portabilidad (Gráfica): la interfaz siempre debe verse igual en cualquier S.O.   |                     |                             |                         |
| h  | Estética: se refiere a que la GUI posea un diseño visualmente agradable. Debe ser sencilla, facilitar el trabajo sin distraer  |                     |                             |                         |
| i  | Organización: una interfaz debe estar bien organizada, las opciones del menú principal deben tener un orden y las opciones dentro de ellas deben estar relacionadas.   |                     |                             |                         |
| j  | Vocabulario (claridad): se refiere a que el usuario pueda comprender los términos que se emplean en la GUI.  |                     |                             |                         |
| Sub totales                                    |  |                     |                             |                         |
| <b>Total experiencia de usuario con la GUI</b> |  |                     |                             |                         |

Fuente: elaboración propia en base (Albornoz et al., 2015)

### 3.2. Evaluación de herramienta de visualización

Se llevará a cabo una evaluación de la herramienta de visualización integrada en la plataforma H-BIM, utilizando un instrumento que contempla dimensiones clave asociadas a este tipo de herramientas: rendimiento, calidad visual, colaboración, interoperabilidad y usabilidad. El objetivo principal de esta evaluación será analizar de manera cualitativa las capacidades y características funcionales del visualizador de proyectos que ofrece la plataforma. Por ello, se ha

desarrollado la Tabla 3.2, presentada a continuación, en la cual se valoran cada una de las características evaluadas en una escala que va desde "Muy deficiente" hasta "Excelente".

Tabla 3.2 Características básicas de una herramienta de visualización.

| Item | Descripción   | Muy deficiente | Deficiente | Aceptable | Bueno | Excelente |
|------|---|----------------|------------|-----------|-------|-----------|
| 1    | Capacidad de visualización                                      |                |            |           |       |           |
| 1.1  | Calidad grafica del modelo 3D (texturas, iluminación, realismo) |                |            |           |       |           |
| 1.2  | Fluidez de navegación (panoramica, zoom, orbita) en modelos     |                |            |           |       |           |
| 1.3  | Herramientas de visualización (secciones, filtros, capas)       |                |            |           |       |           |
| 1.4  | Visualización multiplataforma (web y movil)                     |                |            |           |       |           |
| 2    | Revisión de modelos geometricos 3D                              |                |            |           |       |           |
| 2.1  | Herramientas de detección de interferencias (clash detection)   |                |            |           |       |           |
| 2.2  | Medición y anotación directa en el modelo                       |                |            |           |       |           |
| 2.3  | Comparación entre versiones del modelo                          |                |            |           |       |           |
| 2.4  | Generación de reportes de revisión                              |                |            |           |       |           |
| 2.5  | Tiempo de carga de modelos grandes                              |                |            |           |       |           |
| 3    | Funcionalidades Colaborativas                                   |                |            |           |       |           |
| 3.2  | Herramientas de comunicación (comentarios, chat, tareas)        |                |            |           |       |           |
| 3.3  | Control de versiones y registro de cambios                      |                |            |           |       |           |
| 3.4  | Gestión de usuarios y permisos de acceso                        |                |            |           |       |           |
| 4    | Compatibilidad  |                |            |           |       |           |
| 4.1  | Soporte para formatos (IFC, RVT, PLN, etc)                      |                |            |           |       |           |
| 5    | Usabilidad y experiencia de usuario                             |                |            |           |       |           |
| 5.1  | Interfaz intuitiva y amigable                                   |                |            |           |       |           |
| 5.2  | Documentación, tutoriales y soporte disponible                  |                |            |           |       |           |

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3. Evaluación experiencia del usuario.

A continuación, se presenta la metodología utilizada para la recolección de datos, la cual se basa en la aplicación de dos encuestas diseñadas para evaluar la experiencia de usuario mediante mecanismos estandarizados. Estas herramientas corresponden, por una parte, a la Escala de Usabilidad de Sistemas (SUS) y, por otra, a una encuesta elaborada a partir del modelo de calidad del producto definido por la norma ISO/IEC 25010.

Las encuestas serán aplicadas a un grupo de participantes conformado por estudiantes, docentes y profesionales del área de la construcción, tales como arquitectos e ingenieros en construcción, que cumplieran con una serie de criterios específicos establecidos para asegurar la validez de los resultados. Dichos criterios son los siguientes:

- a. Los participantes deben contar con conocimientos previos en metodología BIM, adquiridos a través de formación académica (por ejemplo, cátedras universitarias) o experiencia laboral o investigativa en el área.
- b. Haber tenido experiencia previa utilizando la plataforma H-BIM

- c. En el caso de los participantes sin experiencia previa en el uso de la plataforma, se les proporcionó el manual de uso junto con una inducción guiada, en la que se explicó detalladamente el funcionamiento y los objetivos de la plataforma.

La aplicación de estos criterios de selección busca garantizar la obtención de resultados más confiables, ya que permite considerar tanto las opiniones de usuarios con mayor trayectoria en el uso de la plataforma como las percepciones de nuevos usuarios que han tenido un primer acercamiento guiado. Esto permite analizar la experiencia de uso desde una perspectiva más amplia y representativa.

### 3.3.1. Evaluación a través de la Escala de Usabilidad de Sistemas

La Escala de Usabilidad de Sistemas (SUS) será aplicada a los usuarios de la plataforma definidos previamente, con el objetivo de evaluar su percepción respecto a la facilidad de uso del sistema. En la Tabla 3.3 se presenta el formato tipo de la encuesta, el cual está compuesto por una serie de afirmaciones estandarizadas que deben ser valoradas por los participantes.

La herramienta utilizada para la elaboración del instrumento de recolección de datos será Google Forms, de la compañía Google, la cual facilita su creación de manera sencilla y profesional. Además, los datos recopilados se registran automáticamente, lo que permite un manejo eficiente de la información. Asimismo, la plataforma ofrece la posibilidad de enviar el formulario por correo electrónico o compartir el enlace del cuestionario, asegurando que solo los usuarios seleccionados puedan completarlo.

Tabla 3.3 Escala de Usabilidad de Sistemas

|  | Exity totalmente<br>en desacuerdo |   |   |   | Exity totalmente<br>de acuerdo |
|--|-----------------------------------|---|---|---|--------------------------------|
| 1. Creo que me gustaría<br>Utilice este sistema con frecuencia                                 | 1                                 | 2 | 3 | 4 | 5                              |
| 2. Encontré el sistema innecesariamente<br>complejo  | 1                                 | 2 | 3 | 4 | 5                              |
| 3. Pensé que el sistema era fácil.<br>Para usar  | 1                                 | 2 | 3 | 4 | 5                              |
| 4. Creo que necesitaría el<br>apoyo de una persona técnica para<br>poder utilizar este sistema | 1                                 | 2 | 3 | 4 | 5                              |
| 5. Encontré las distintas funciones en<br>Este sistema estaba bien integrado                   | 1                                 | 2 | 3 | 4 | 5                              |
| 6. Pensé que había demasiado<br>Inconsistencia en este sistema                                 | 1                                 | 2 | 3 | 4 | 5                              |
| 7. Me imagino que la mayoría de la gente<br>aprendería a utilizar este sistema<br>rapidísimo   | 1                                 | 2 | 3 | 4 | 5                              |
| 8. El sistema me pareció muy<br>complicado de usar   | 1                                 | 2 | 3 | 4 | 5                              |
| 9. Me sentí muy seguro al usar el<br>sistema   | 1                                 | 2 | 3 | 4 | 5                              |
| 10. Necesitaba aprender mucho<br>cosas antes de que pudiera empezar<br>con este sistema        | 1                                 | 2 | 3 | 4 | 5                              |

Fuente: (Brooke, 1985).

### 3.3.2. Evaluación a través del modelo de calidad del producto

Se llevará a cabo una evaluación de la experiencia del usuario utilizando el modelo de calidad del producto de la norma internacional ISO 25010, la cual clasifica las propiedades de calidad del producto en diversas características. Dentro de estas, se encuentra la "Facilidad de uso" o Usabilidad, que está compuesta por seis sub características: adecuación reconocible, capacidad de aprendizaje, operabilidad, protección contra errores, estética de la interfaz de usuario y accesibilidad.

En este contexto, el desarrollo del instrumento de evaluación ha sido diseñado para analizar la funcionalidad de la plataforma H-BIM, considerando dichas características. Así:

- Adecuación reconocible, capacidad de aprendizaje y protección contra errores del usuario buscan evaluar el nivel de comprensión respecto a cómo se ejecutan las funciones dentro de la plataforma.

- El indicador de accesibilidad tiene como objetivo valorar si las funcionalidades de la plataforma pueden ser fácilmente utilizadas por el usuario final, considerando posibles limitaciones.
- Operabilidad permite medir qué tan sencillo es para los usuarios operar la plataforma, incluyendo la posibilidad de corregir errores de forma intuitiva.
- Finalmente, la estética de la interfaz apunta a evaluar si la apariencia visual de la plataforma resulta agradable para los usuarios.

Como parte del proceso de evaluación, se diseñó una encuesta fundamentada en el modelo de calidad del producto, la cual se muestra en la Tabla 3.4. Esta herramienta se desarrollará con el apoyo de la aplicación “Google Forms”, una plataforma que ofrece una interfaz intuitiva y profesional, ideal para la creación de formularios personalizados.

El uso de Google Forms no solo facilita el diseño del instrumento, sino que también optimiza la gestión de los datos, ya que las respuestas se almacenan automáticamente. Esto permite mantener un registro ordenado y accesible para su posterior análisis. Además, gracias a las opciones de distribución que ofrece la plataforma, fue posible compartir el cuestionario mediante enlaces o correos electrónicos, asegurando que solo los usuarios seleccionados tuvieran acceso para completarlo.

Tabla 3.4 Encuesta en base al modelo de calidad del producto de la norma ISO 25010

| Indicador                            | Item | Pregunta  | Métrica en el instrumento |              |                 |               |               |
|--------------------------------------|------|---|---------------------------|--------------|-----------------|---------------|---------------|
|                                      |      |   | Totalmente de acuerdo     | De acuerdo   | Neutro          | En desacuerdo | Totalmente en |
| Adecuación reconocible               | 1    | ¿Las funciones de la plataforma son claras y sencillas?   | Totalmente de acuerdo     | De acuerdo   | Neutro          | En desacuerdo | Totalmente en |
|                                      | 2    | ¿Cómo considera el acceso a las funciones de la plataforma?   | Muy fácil                 | Fácil        | Neutro          | Difícil       | Muy Difícil   |
|                                      | 3    | ¿Considera necesario agregar una sección de ayuda en la plataforma?                                 | Si                        | No           | Justificación:  |               |               |
| Capacidad de aprendizaje             | 4    | ¿Logra completar tareas de manera simple? (Si la respuesta es "si", Justifique su respuesta)        | Si                        | No           | Justificación:  |               |               |
|                                      | 5    | ¿Entiende manera clara las funciones que ofrece?  | Siempre                   | Casi siempre | Ocasional mente | Casi nunca    | Nunca         |
| Operabilidad                         | 6    | ¿Al utilizar la plataforma se presenta algún tipo de error?   | Siempre                   | Casi siempre | Ocasional mente | Casi nunca    | Nunca         |
|                                      | 7    | ¿Considera necesario agregar una sección de ayuda en la plataforma?                                 | Siempre                   | Casi siempre | Ocasional mente | Casi nunca    | Nunca         |
|                                      | 8    | ¿Puede recordar con facilidad los mensajes o alertas de la plataforma que considere importante?     | Siempre                   | Casi siempre | Ocasional mente | Casi nunca    | Nunca         |
| Protección contra errores de usuario | 9    | ¿Tiene usted conocimiento sobre que tipo de datos debe ingresar en cada apartado de la plataforma?  | Siempre                   | Casi siempre | Ocasional mente | Casi nunca    | Nunca         |
| Estética de la interfaz              | 10   | ¿Es visualmente agradable utilizar la plataforma?   | Si                        | No           |                 |               |               |
|                                      | 11   | ¿Recomendaría el uso de la plataforma?  | Si                        | No           |                 |               |               |
| Accesibilidad                        | 12   | ¿Le toma demasiado tiempo realizar alguna actividad en la plataforma?                               | Siempre                   | Casi siempre | Ocasional mente | Casi nunca    | Nunca         |
|                                      | 13   | ¿Con que frecuencia confunde los botones o etiquetas de la plataforma?                              | Siempre                   | Casi siempre | Ocasional mente | Casi nunca    | Nunca         |
|                                      | 14   | ¿Es complicado leer los elementos escritos en la plataforma con los tamaños elegidos para el texto? | Siempre                   | Casi siempre | Ocasional mente | Casi nunca    | Nunca         |

Fuente: elaboración propia en base a (Mex-Alvarez et al., 2019)

## 4. Resultados

### 4.1. Funcionalidad de su interfaz

Luego de aplicar la evaluación de las características deseables de interfaz gráfica de usuario a los tres módulos principales que componen la plataforma, Administrador Local, Solicitante y Proveedor. Se ha llegado a los siguientes resultados:

#### 4.1.1. Evaluación funcionalidad de interfaz modulo Administrador Local

A continuación se presentan los resultados obtenidos del módulo Administrador local en la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Aplicación de características deseables a la GUI del módulo Administrador Local

| Item   | Característica evaluada modulo Administrador Local  | Cumple<br>(1 punto) | Debe mejorar<br>(0,5 punto) | No cumple<br>(0 puntos) |
|--|---|---------------------|-----------------------------|-------------------------|
| a  | Ayuda: la GUI debe brindar ayuda y asistencia.  |                     |                             | x                       |
| b  | Robustez: la GUI debe responder ante diversas situaciones inesperadas o destructivas  |                     | x                           |                         |
| c  | Funcional: la GUI debe permitir realizar más de una tarea al mismo tiempo (imprimir y buscar un archivo); ofrecer atajos (Ctrl+c=copiar), responder de inmediato al accionar del usuario, actualizar, etc.                                | x                   |                             |                         |
| d  | Efectividad: la Interfaz es efectiva si el usuario puede concretar las tareas que necesita realizar, sintiendo conformidad al utilizarla  | x                   |                             |                         |
| e  | Consistencia: todo elemento (imagen, ícono, sonido, etc.) siempre representa lo mismo. Debe existir coherencia del significado de los componentes de la GUI, con el mundo real. Los mensajes deben aparecer siempre con el mismo formato. | x                   |                             |                         |
| f  | Flexibilidad: la GUI es flexible si permite al usuario personalizar sus componentes.  |                     |                             | x                       |
| g  | Portabilidad (Gráfica): la interfaz siempre debe verse igual en cualquier S.O.  | x                   |                             |                         |
| h  | Estética: se refiere a que la GUI posea un diseño visualmente agradable. Debe ser sencilla, facilitar el trabajo sin distraer   | x                   |                             |                         |
| i  | Organización: una interfaz debe estar bien organizada, las opciones del menú principal deben tener un orden y las opciones dentro de ellas deben estar relacionadas (Edición: copiar, cortar, pegar, etc).                                | x                   |                             |                         |
| j  | Vocabulario (claridad): se refiere a que el usuario pueda comprender los términos que se emplean en la GUI.   | x                   |                             |                         |
| Sub totales                                    |   | 7                   | 0,5                         | 0                       |
| <b>Total experiencia de usuario con la GUI</b> |   | <b>7,5</b>          |                             |                         |

Fuente: elaboración propia

- a) **Ayuda:** desde una perspectiva general, la interfaz gráfica de usuario (GUI) ha sido evaluada con la calificación de “no cumple”, debido a la ausencia total de mecanismos de asistencia integrados. La creación de proyectos dentro de la interfaz debe llevarse a cabo de manera completamente intuitiva, sin contar con orientación explícita por parte del sistema. Este resultado se fundamenta en el análisis de las características atómicas deseables en una GUI orientada a la usabilidad. La plataforma no incorpora elementos de ayuda contextual, tales

como recorridos guiados, descripciones funcionales, ni indicaciones dinámicas que faciliten la comprensión del entorno. Asimismo, no dispone de recursos de asistencia en línea, ni de herramientas interactivas como asistentes virtuales que permitan al usuario realizar consultas, recibir soporte o reportar incidencias.

- b) **Robustez:** Desde una perspectiva general, la GUI muestra cierta capacidad de respuesta ante situaciones inesperadas, particularmente en lo que respecta al manejo de errores. En este sentido, implementa mecanismos preventivos en el llenado de campos, lo cual contribuye a la reducción de errores por parte del usuario. No obstante, se identifican deficiencias específicas relacionadas con los campos de “Descripción del proyecto” y “Código BIP”.

En el caso del campo destinado a la descripción del proyecto, la interfaz impone una restricción de 100 caracteres. Sin embargo, no proporciona una funcionalidad que permita visualizar en tiempo real la cantidad de caracteres ingresados. Esta omisión obliga al usuario a realizar un conteo manual o utilizar herramientas externas, lo cual representa una carga cognitiva innecesaria y afecta la eficiencia en la interacción. Lo anterior puede ser visualizado en la figura 4.1 donde previamente no aparece ningún mensaje indicativo de la cantidad de caracteres.

The screenshot shows a form with the following fields and values:

- Región:** Región de Valparaíso
- Comuna:** Valparaíso
- Coordenadas Georreferenciadas:** -33.0458844501096, -71.6131660011623
- Código BIP:** 72102802
- Nro ID Licitación:** 1173933-2-LR25
- Hipervínculo Licitación:** <https://www.mercadopublico.cl/Procurement/Modules/RFB/>
- Tipo de contrato:** Suma Alzada
- Descripción del proyecto:** (Empty text area)

Figura 4.1 Relleno campo "Descripción del proyecto" previo a guardar la creación de proyecto.

Fuente: elaboración propia

Luego de haber ingresado y rellenado todas las casillas, se puede observar en la figura 4.2 que al momento de guardar el proyecto la plataforma alerta que la casilla de “Descripción del proyecto” posee un error relacionado con el número de caracteres ingresados en la casilla. Sin embargo, como se explicó anteriormente, la plataforma no tiene ningún mecanismo que permita visualizar en tiempo real la cantidad y número de caracteres ingresados.

|  |   |
|--|---|
| Región   | Comuna  |
| Región de Valparaíso   | Valparaíso  |
| Coordenadas Georreferenciadas ⓘ  |   |
| -33.0458844501096, -71.6131660011623   |   |
| Código BIP   |   |
| 72102802   |   |
| Nro ID Licitación  | Hipervínculo Licitación   |
| 1173933-2-LR25   | <a href="https://www.mercadopublico.cl/Procurement/Modules/RFB/">https://www.mercadopublico.cl/Procurement/Modules/RFB/</a> |
| Tipo de contrato   |   |
| Suma Alzada  |   |
| Descripción del proyecto   |   |
| <p>El presente proyecto tiene como objetivo la conservación, restauración y puesta en valor del Castillo San José, un inmueble patrimonial de gran relevancia histórica y cultural para la comunidad local y el país. La intervención busca detener el deterioro estructural y superficial del edificio, preservando su autenticidad arquitectónica y asegurando su integridad física mediante obras de consolidación, restauración de materiales originales y adecuación funcional para su uso como espacio cultural y turístico.</p> <p><small>No debe superar los 100 caracteres.</small></p> |   |

Figura 4.2 Alerta de campo "Descripción del proyecto" después de intentar guardar la creación del proyecto.

Fuente: elaboración propia

Respecto al campo de ingreso del código BIP, se observa una limitación adicional: la interfaz no permite el uso del carácter guion ("-"), a pesar de que dicho carácter es común en la estructura de estos códigos. Además, la plataforma no ofrece alternativas o indicaciones que permitan al usuario compensar esta restricción, lo que puede generar confusión, errores de validación y frustración en la experiencia de uso.

- c) **Funcional:** De acuerdo con la experiencia de uso, la interfaz gráfica de usuario incorpora funciones prácticas que contribuyen positivamente a la eficiencia operativa. Entre estas, se destaca la funcionalidad de búsqueda dentro del listado de proyectos, la cual permite al usuario localizar elementos de manera rápida y efectiva. Asimismo, la plataforma soporta operaciones comunes en entornos web, como la capacidad de copiar y pegar texto proveniente de fuentes externas, lo que facilita la interacción y el ingreso de datos.

Adicionalmente, se observa que la GUI responde de forma inmediata a las acciones del usuario. Esta capacidad de respuesta oportuna mejora la experiencia de usuario y refuerza la percepción de control durante la navegación y ejecución de tareas dentro del sistema.

- d) **Efectividad:** La interfaz gráfica de usuario permite, en todo momento, la localización y ejecución de tareas de forma intuitiva, favoreciendo una interacción fluida y orientada al usuario. En particular, facilita la creación de nuevos proyectos, el acceso al repositorio de proyectos existentes, la visualización del listado de usuarios y la incorporación de nuevos usuarios dentro de la plataforma.

- e) **Consistencia:** En este sentido, la interfaz gráfica de usuario (GUI) mantiene una consistencia adecuada en cuanto a la disposición y comportamiento de botones, casillas y demás elementos interactivos a lo largo de toda la plataforma. Esta coherencia contribuye a una experiencia de uso predecible y estable, facilitando la familiarización con la estructura funcional de la interfaz.
- f) **Flexibilidad:** Durante la interacción con la interfaz, se ha evidenciado que no se ofrece al usuario la posibilidad de personalizar sus componentes visuales o funcionales. Específicamente, la GUI no permite modificar aspectos como la paleta de colores de la interfaz, el idioma de visualización u otros parámetros que podrían mejorar la accesibilidad y la adaptabilidad a las preferencias individuales del usuario.

La ausencia de opciones de personalización limita la flexibilidad de la plataforma y puede afectar negativamente la experiencia de uso, especialmente para personas con necesidades específicas de accesibilidad visual o lingüística. A modo de ejemplo se presenta en la figura 4.3 la plataforma web de la Ilustre Municipalidad de Viña del Mar, la cual contiene este tipo de característica.

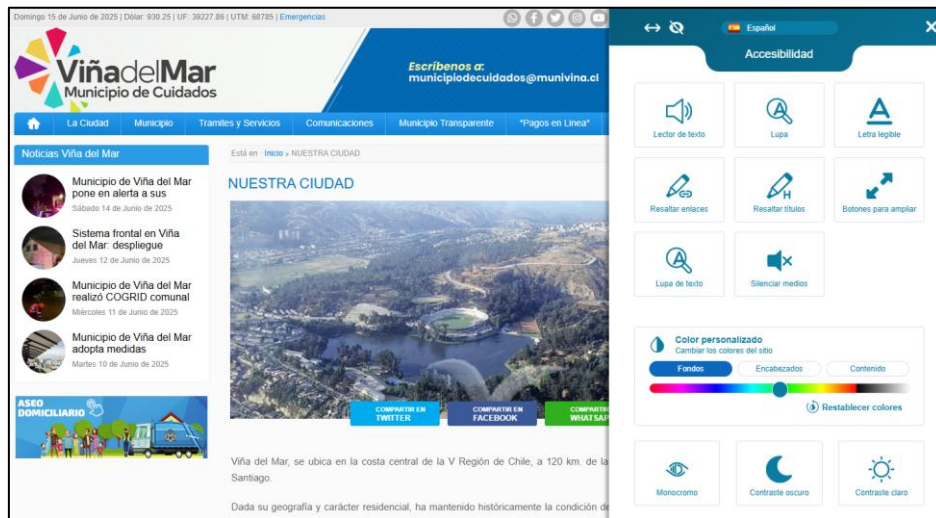


Figura 4.3 Plataforma web Municipalidad de Viña del Mar.

Fuente: Municipalidad de viña del Mar.

La plataforma del ejemplo anterior presenta de manera clara aquellas características visuales y cognitivas que pueden ser modificables para que se adapten de mejor manera a los requerimientos del usuario. Modificando colores, tamaño de fuente, lector de texto, etc.

- g) **Portabilidad:** Con base en la experiencia de uso, se constata que la interfaz gráfica de usuario (GUI) mantiene un comportamiento consistente y una presentación uniforme en distintos tipos de dispositivos, incluyendo teléfonos móviles, computadores de escritorio y tabletas. Esta

adaptabilidad garantiza una experiencia de usuario coherente, independientemente del entorno de acceso.

Asimismo, la plataforma demuestra compatibilidad con los principales navegadores web del mercado, tales como Google Chrome, Mozilla Firefox, Microsoft Edge y Safari. Esta interoperabilidad asegura el correcto funcionamiento de la interfaz sin presentar errores de visualización o pérdida de funcionalidad, lo cual es fundamental para garantizar la accesibilidad multiplataforma y el cumplimiento de buenas prácticas en desarrollo web responsivo.

- h) **Estética:** En lo que respecta a esta característica, la interfaz gráfica de usuario (GUI) cumple con los principios fundamentales asociados a las características atómicas de la estética. Específicamente, se observa una adecuada selección tipográfica que favorece la legibilidad del contenido, tanto en términos de tamaño como de contraste y espaciado.

La coherencia visual entre los elementos, el uso adecuado del color y la jerarquía textual contribuyen a una presentación limpia y ordenada, lo que facilita la lectura y reduce la carga cognitiva del usuario. En consecuencia, se puede afirmar que la GUI satisface los criterios básicos de estética funcional, alineándose con buenas prácticas de diseño centrado en el usuario.

- i) **Organización:** La interfaz gráfica de usuario (GUI) presenta un nivel adecuado de organización, disponiendo sus funcionalidades de manera clara, precisa y concisa. La distribución de los elementos en pantalla responde a una lógica estructural coherente, lo que permite al usuario identificar rápidamente las acciones disponibles y acceder a ellas sin dificultad.

La agrupación funcional de componentes, el uso de secciones claramente delimitadas y la jerarquización visual de los elementos contribuyen a una navegación intuitiva y eficiente. En consecuencia, la GUI cumple con esta característica atómica, garantizando una experiencia de uso ordenada y orientada a la ejecución efectiva de tareas.

- j) **Vocabulario:** La interfaz gráfica de usuario (GUI) emplea un vocabulario de carácter técnico, alineado con los términos y conceptos propios del dominio BIM (Building Information Modeling). La terminología utilizada es coherente con el nivel de especialización esperado por parte de los usuarios objetivo, quienes presumiblemente poseen conocimientos previos en esta metodología.

Este uso preciso del lenguaje técnico contribuye a la claridad comunicativa dentro del contexto de aplicación, evitando ambigüedades y facilitando la interpretación de las funcionalidades por parte de profesionales del área. Por lo tanto, se concluye que la GUI cumple satisfactoriamente con esta característica atómica.

#### 4.1.2. Evaluación funcionalidad de interfaz modulo Solicitante

A continuación se presentan los resultados obtenidos del módulo Solicitante en la tabla 4.2.

Tabla 4.2 Aplicación de características deseables de la GUI al módulo Solicitante.

| Item   | Característica evaluada modulo Solicitante  | Cumple (1 punto) | Debe mejorar (0,5 puntos) | No cumple (0 puntos) |
|--|---|------------------|---------------------------|----------------------|
| a  | Ayuda: la GUI debe brindar ayuda y asistencia.  |                  |                           | x                    |
| b  | Robustez: la GUI debe responder ante diversas situaciones inesperadas o destructivas  |                  | x                         |                      |
| c  | Funcional: la GUI debe permitir realizar más de una tarea al mismo tiempo (imprimir y buscar un archivo); ofrecer atajos (Ctrl+c=copiar), responder de inmediato al accionar del usuario, actualizar, etc.                                | x                |                           |                      |
| d  | Efectividad: la Interfaz es efectiva si el usuario puede concretar las tareas que necesita realizar, sintiendo conformidad al utilizarla  | x                |                           |                      |
| e  | Consistencia: todo elemento (imagen, ícono, sonido, etc.) siempre representa lo mismo. Debe existir coherencia del significado de los componentes de la GUI, con el mundo real. Los mensajes deben aparecer siempre con el mismo formato. | x                |                           |                      |
| f  | Flexibilidad: la GUI es flexible si permite al usuario personalizar sus componentes.  |                  |                           | x                    |
| g  | Portabilidad (Gráfica): la interfaz siempre debe verse igual en cualquier S.O.  | x                |                           |                      |
| h  | Estética: se refiere a que la GUI posea un diseño visualmente agradable. Debe ser sencilla, facilitar el trabajo sin distraer   | x                |                           |                      |
| i  | Organización: una interfaz debe estar bien organizada, las opciones del menú principal deben tener un orden y las opciones dentro de ellas deben estar relacionadas (Edición: copiar, cortar, pegar, etc).                                | x                |                           |                      |
| j  | Vocabulario (claridad): se refiere a que el usuario pueda comprender los términos que se emplean en la GUI.   | x                |                           |                      |
| Sub totales                                    |   | 7                | 0,5                       | 0                    |
| <b>Total experiencia de usuario con la GUI</b> |   | <b>7,5</b>       |                           |                      |

Fuente: elaboración propia

- a) **Ayuda:** al igual que en el módulo de Administrador Local, el módulo de Solicitante no cuenta con ningún tipo de ayuda o guía que facilite el uso de la plataforma en la generación de la Solicitud de Información (SDI). Por lo tanto, no cumple con esta característica atómica.
- b) **Robustez:** la plataforma permite clasificar y relacionar los usos definidos con los niveles y tipos de información, lo cual contribuye a prevenir errores durante el ingreso de datos. Sin embargo, en la etapa final de la SDI, cuando se deben ingresar los entregables del proyecto, estos no pueden ser editados una vez agregados. Aunque la plataforma indica que pueden ser revisados, al hacer clic en el botón correspondiente, la información se reinicia y no se muestra nada en pantalla.
- Otro aspecto crítico es que, al finalizar el ingreso de datos, existe un botón de “Guardar” que cierra la interfaz de SDI. No obstante, la plataforma no advierte que esta acción cerrará la interfaz sin permitir posteriores ediciones, lo que convierte esta operación en destructiva, al no ofrecer la posibilidad de recuperar la información previamente ingresada. A continuación se presenta en la figura 4.4 lo explicado anteriormente.

**Entregables BIM**

Indique los entregables señalando para cada uno de ellos la fecha, formatos y soportes de entrega.

| Entrega | Fecha                           | Opciones                                     |                                  |
|---------|---------------------------------|--|----------------------------------|
| 1       | dd-mm-aaaa <input type="text"/> | <input type="button" value="Ingresar Info"/> | <input type="button" value="+"/> |

**Entrega 1**

Se deben completar los campos de al menos una tabla

**Documentos**

Indique el documento a solicitar seleccionando para ello el EAIM al cual pertenece.

| Tipo de Documento    | EAIM                            | Formato              |                                  |
|----------------------|---------------------------------|----------------------|----------------------------------|
| <input type="text"/> | Seleccione <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="button" value="+"/> |

**Modelos**

Indique el Modelo a solicitar según el EAIM al cual pertenece.

| Modelo                          | EAIM                            | Formato              |                                  |
|---------------------------------|---------------------------------|----------------------|----------------------------------|
| Seleccione <input type="text"/> | Seleccione <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="button" value="+"/> |

Figura 4.4 Ingreso de entregables en la SDI.

Fuente: elaboración propia

- c) **Funcional:** la interfaz del módulo de Solicitante es sencilla, por lo que no permite un análisis profundo respecto a características atómicas como la ejecución de múltiples tareas simultáneas, la respuesta ante sobrecarga o la gestión de actualizaciones. Sin embargo, sí permite ciertas funcionalidades útiles, como copiar texto desde fuentes externas.
- d) **Efectividad:** la interfaz permite realizar las tareas de manera efectiva, facilitando considerablemente la aplicación del estándar BIM en proyectos públicos. Sin embargo, la plataforma no indica explícitamente que, al finalizar el ingreso de información en cada sección (por ejemplo, Objetivos y Usos BIM, Modelos BIM, etc.), es obligatorio presionar el botón “Siguiente”. Si este paso no se realiza, la información de las secciones siguientes no será visible, lo que puede generar confusión en usuarios que no estén al tanto de esta condición.

Figura 4.5 Navegación a través de la SDI

Fuente: elaboración propia

- e) **Consistencia:** en este aspecto, la interfaz gráfica de usuario (GUI) mantiene una consistencia adecuada en cuanto a la disposición y comportamiento de botones, campos y demás elementos interactivos a lo largo de toda la plataforma. Esta coherencia favorece una experiencia de uso predecible y estable, facilitando la familiarización con su estructura funcional.
- f) **Flexibilidad:** durante la interacción con la interfaz, se ha evidenciado que no se ofrece la posibilidad de personalizar componentes visuales o funcionales. En particular, la GUI no permite modificar aspectos como el tamaño de fuente, la paleta de colores, el idioma o parámetros relacionados con la accesibilidad, lo que limita la adaptabilidad a las preferencias individuales del usuario.
- g) **Portabilidad:** de acuerdo con la experiencia de uso, la interfaz gráfica mantiene un comportamiento coherente y una presentación uniforme en distintos dispositivos, como teléfonos móviles, computadoras de escritorio y tabletas. Esta adaptabilidad garantiza una experiencia de usuario consistente, independientemente del medio de acceso.
- h) **Estética:** en relación con esta característica, la interfaz cumple con los principios fundamentales de estética definidos en las características atómicas. Se observa una adecuada selección tipográfica que favorece la legibilidad, tanto por el tamaño como por el contraste y espaciado. La coherencia visual entre elementos, el uso equilibrado del color y la jerarquía textual contribuyen a una presentación limpia y ordenada, facilitando la lectura y reduciendo la carga cognitiva del usuario.

- i) **Organización:** la GUI presenta un nivel adecuado de organización, disponiendo sus funciones de manera clara, precisa y concisa. La distribución de los elementos responde a una lógica estructural coherente, lo que permite al usuario identificar y acceder rápidamente a las acciones disponibles. Además, a medida que se ingresa información, aparecen opciones adicionales directamente relacionadas, como la asociación entre los Usos BIM y los Tipos de Información (TDI).
- j) **Vocabulario:** la interfaz utiliza un vocabulario técnico alineado con los términos y conceptos propios del entorno BIM. Cada vez que se emplea una abreviatura relacionada con el estándar BIM para proyectos públicos, la plataforma despliega automáticamente su definición, lo que favorece una mejor comprensión por parte del usuario, especialmente considerando la complejidad y amplitud del marco conceptual que compone esta metodología de trabajo.

#### 4.1.3. Evaluación funcionalidad de interfaz modulo Proveedor.

A continuación, los resultados obtenidos del módulo Proveedor presentes en la tabla 4.3.

Tabla 4.3 Aplicación de características deseables de la GUI al módulo Proveedor

| Item   | Característica evaluada módulo Proveedor  | Cumple<br>(1 punto) | Debe mejorar<br>(0,5 punto) | No cumple<br>(0 puntos) |
|--|---|---------------------|-----------------------------|-------------------------|
| a  | Ayuda: la GUI debe brindar ayuda y asistencia.  |                     |                             | x                       |
| b  | Robustez: la GUI debe responder ante diversas situaciones inesperadas o destructivas  | x                   |                             |                         |
| c  | Funcional: la GUI debe permitir realizar más de una tarea al mismo tiempo (imprimir y buscar un archivo); ofrecer atajos (Ctrl+c=copiar), responder de inmediato al accionar del usuario, actualizar, etc.                                | x                   |                             |                         |
| d  | Efectividad: la Interfaz es efectiva si el usuario puede concretar las tareas que necesita realizar, sintiendo conformidad al utilizarla  |                     | x                           |                         |
| e  | Consistencia: todo elemento (imagen, ícono, sonido, etc.) siempre representa lo mismo. Debe existir coherencia del significado de los componentes de la GUI, con el mundo real. Los mensajes deben aparecer siempre con el mismo formato. |                     | x                           |                         |
| f  | Flexibilidad: la GUI es flexible si permite al usuario personalizar sus componentes.  |                     |                             | x                       |
| g  | Portabilidad (Gráfica): la interfaz siempre debe verse igual en cualquier S.O.  | x                   |                             |                         |
| h  | Estética: se refiere a que la GUI posea un diseño visualmente agradable. Debe ser sencilla, facilitar el trabajo sin distraer   | x                   |                             |                         |
| i  | Organización: una interfaz debe estar bien organizada, las opciones del menú principal deben tener un orden y las opciones dentro de ellas deben estar relacionadas (Edición: copiar, cortar, pegar, etc).                                | x                   |                             |                         |
| j  | Vocabulario (claridad): se refiere a que el usuario pueda comprender los términos que se emplean en la GUI.   |                     | x                           |                         |
| Sub totales                                    |   | 5                   | 1,5                         | 0                       |
| <b>Total experiencia de usuario con la GUI</b> |   | <b>6,5</b>          |                             |                         |

Fuente: elaboración propia

- a) **Ayuda:** al igual que en los módulos de Administrador Local y Solicitante, el módulo Proveedor no cuenta con ningún tipo de ayuda o guía que facilite el uso de la plataforma en el llenado del Plan de Ejecución BIM. Por lo tanto, no cumple con esta característica atómica.
- b) **Robustez:** la plataforma permite identificar los campos obligatorios que no han sido completados, impidiendo el avance si estos no han sido rellenados. A diferencia de los módulos anteriores, esta interfaz sí emite mensajes de alerta en caso de errores o campos incompletos. Esto ocurre, por ejemplo, en la sección "Recurso de los equipos" presente en la figura 4.6 que se presenta a continuación.

**USO BIM 1.2: Levantamiento paisajístico y de especies existentes**  
 Es el proceso de desarrollo de uno o más modelos HBIM, considerando las áreas verdes, especies vegetales nativas y/o introducidas en el lugar, el trazado espacial y los elementos que forman parte del paisaje inmediato al inmueble.

**Recursos del proveedor**  
 Indique en la tabla el recurso disponible para el proyecto para producir los datos entregables en cada etapa del plan de trabajo. Indicar recurso por profesión y años de experiencia. Los recursos del proveedor para el proyecto deben indicarse completando la tabla a continuación. Los recursos se asignarán a los roles BIM como se define en la Matriz de Roles HBIM.

| Recursos   | Cuenta con el recurso   | Disciplina   | Especificación de Software o Hardware                  | Versión  | Evidencia |
|--|---|--|--|--|-----------|
| Equipo LIDAR y/o fotogramétrico                              | <input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO<br>Es requerido.<br>Es requerido. | <input type="text"/><br>Es requerido.<br>Es requerido. | <input type="text"/><br>Es requerido.<br>Es requerido. | <input type="text"/><br>Es requerido.<br>Es requerido. | Cargar    |
| Software de procesamiento y visualización de nubes de puntos | <input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO<br>Es requerido.<br>Es requerido. | <input type="text"/><br>Es requerido.<br>Es requerido. | <input type="text"/><br>Es requerido.<br>Es requerido. | <input type="text"/><br>Es requerido.<br>Es requerido. | Cargar    |
| Equipos de topografía  | <input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO<br>Es requerido.<br>Es requerido. | <input type="text"/><br>Es requerido.<br>Es requerido. | <input type="text"/><br>Es requerido.<br>Es requerido. | <input type="text"/><br>Es requerido.<br>Es requerido. | Cargar    |
| Hardware apto para procesar modelos BIM                      | <input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO<br>Es requerido.<br>Es requerido. | <input type="text"/><br>Es requerido.<br>Es requerido. | <input type="text"/><br>Es requerido.<br>Es requerido. | <input type="text"/><br>Es requerido.<br>Es requerido. | Cargar    |
| Software de modelado BIM                                     | <input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO<br>Es requerido.<br>Es requerido. | <input type="text"/><br>Es requerido.<br>Es requerido. | <input type="text"/><br>Es requerido.<br>Es requerido. | <input type="text"/><br>Es requerido.<br>Es requerido. | Cargar    |
| Infraestructura TI necesaria                                 | <input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO<br>Es requerido.<br>Es requerido. | <input type="text"/><br>Es requerido.<br>Es requerido. | <input type="text"/><br>Es requerido.<br>Es requerido. | <input type="text"/><br>Es requerido.<br>Es requerido. | Cargar    |

Figura 4.6 Ingreso de información en "Recursos del proveedor".

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar, la plataforma identifica de forma inmediata los recursos no declarados, lo cual es positivo, ya que estos campos debiesen completarse siempre. No obstante, se detecta un error de tipeo relacionado con la duplicación del mensaje que aparece en cada recurso.

- c) **Funcional:** la interfaz del módulo Proveedor presenta una mayor complejidad en comparación con las demás, pero en términos funcionales responde adecuadamente y sin demoras a las acciones que se le solicitan.

Por otro lado, al igual que en el módulo Solicitante, no se puede analizar completamente en función de características atómicas como la ejecución de múltiples tareas simultáneas, la respuesta ante sobrecarga o el manejo de actualizaciones. Sin embargo, permite ciertas acciones útiles, como copiar textos desde fuentes externas.

- d) **Efectividad:** la interfaz permite realizar las tareas de forma efectiva, facilitando considerablemente la implementación del estándar BIM en proyectos públicos. No obstante, se detecta una limitación importante: existe un botón en la esquina superior derecha, como se presenta en la figura 4.7 destinado al envío de mensajes al Solicitante, pero esta función no está habilitada. Al intentar enviar un mensaje, la plataforma muestra un error y no permite completar la acción, lo cual se presenta en la figura 4.8.

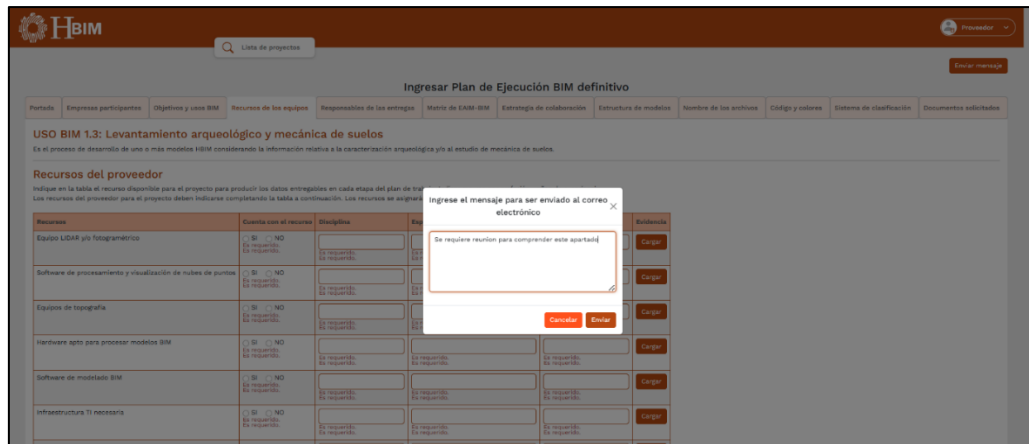


Figura 4.7 Ingreso mensaje de consulta para Solicitante.

Fuente: elaboración propia

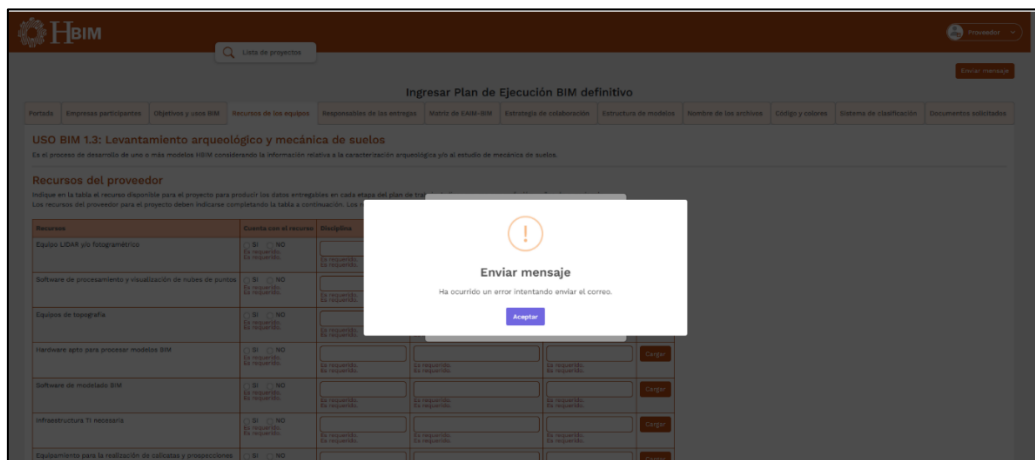


Figura 4.8 Presentación de error en el mensaje de consulta.

Fuente: elaboración propia

e) **Consistencia:** la interfaz gráfica de usuario (GUI) mantiene una adecuada consistencia en la disposición y el comportamiento de botones, campos y demás elementos interactivos a lo largo de toda la plataforma. Esta coherencia contribuye a una experiencia de uso predecible y estable, lo que facilita la familiarización con su estructura funcional. No obstante, al momento de completar la SDI, en el apartado correspondiente a las entidades mínimas para los modelos, se presenta un asterisco cuya función no se encuentra definida. Este detalle puede observarse en la figura 4.9 que se muestra a continuación.

| Ingresar SDI-BIM Proyecto   |                      |  |                                   |                                    |   |                          |                                      |                          |                          |                           |                                 |   |                          |                                      |                                  |                                      |   |  |                                |  |  |   |                                      |   |  |                                |  |  |   |                   |  |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|---|----------------------|--|-----------------------------------|------------------------------------|---|--------------------------|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------------|---|--------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|---|--|--------------------------------|--|--|---|--------------------------------------|---|--|--------------------------------|--|--|---|-------------------|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Información General   | Objetivos y Usos BIM | Modelos BIM según Estado de Avance de Información de los Modelos | Entidades mínimas para Modelo BIM | Tipo de Información según Usos BIM | Niveles de Información según EAIM             | Entregables              |                                      |                          |                          |                           |                                 |   |                          |                                      |                                  |                                      |   |  |                                |  |  |   |                                      |   |  |                                |  |  |   |                   |  |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
| <p><b>Entidades mínimas para cada tipo de modelo BIM</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Modelos BIM</th> <th>Entidades</th> <th>Ejes (RCS/3D)</th> <th>Terreno (RCS/2D)</th> <th>Elementos Cívicos (RCS/Element)</th> <th>Elementos Geográficos (RCS/geography/Element)</th> <th>Fundaciones (RCS/Eng)</th> <th>Zonas / Espacios (RCSpace - RCSzone)</th> <th>Columnas (RCSColumn)</th> <th>Vigas (RCSbeam)</th> <th>Luces / Waller (RCSlight)</th> <th>Muros (RCSWall)</th> <th>Muros-Cerchas (RCSstructure)</th> <th>Ventanas (RCSWindow)</th> <th>Puertas (RCSDoor)</th> <th>Cabeceras / Techumbres (RCSRoof)</th> <th>Cielos Fijos / Acabados (RCSceiling)</th> <th>Sistemas de Circulación / Escaleras / Rampas (RCSstair - RCSramp)</th> <th>Equipos e Instalaciones (RCSequipment - RCSinst)</th> <th>Muebles (RCSfurniture/Element)</th> <th>Estructuras Especiales (RCSspecialstructure)</th> <th>Equipamiento y Talleres MEP (RCSequipment - RCSworkshop)</th> <th>Distribución y Talleres MEP (RCSdistribution/Element)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Coordinación (**)</td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table> |                      |  |                                   |                                    |   |                          | Modelos BIM                          | Entidades                | Ejes (RCS/3D)            | Terreno (RCS/2D)          | Elementos Cívicos (RCS/Element) | Elementos Geográficos (RCS/geography/Element) | Fundaciones (RCS/Eng)    | Zonas / Espacios (RCSpace - RCSzone) | Columnas (RCSColumn)             | Vigas (RCSbeam)                      | Luces / Waller (RCSlight)   | Muros (RCSWall)                                  | Muros-Cerchas (RCSstructure)   | Ventanas (RCSWindow)                         | Puertas (RCSDoor)  | Cabeceras / Techumbres (RCSRoof)                      | Cielos Fijos / Acabados (RCSceiling) | Sistemas de Circulación / Escaleras / Rampas (RCSstair - RCSramp) | Equipos e Instalaciones (RCSequipment - RCSinst) | Muebles (RCSfurniture/Element) | Estructuras Especiales (RCSspecialstructure) | Equipamiento y Talleres MEP (RCSequipment - RCSworkshop) | Distribución y Talleres MEP (RCSdistribution/Element) | Coordinación (**) |  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Modelos BIM   | Entidades            | Ejes (RCS/3D)  | Terreno (RCS/2D)                  | Elementos Cívicos (RCS/Element)    | Elementos Geográficos (RCS/geography/Element) | Fundaciones (RCS/Eng)    | Zonas / Espacios (RCSpace - RCSzone) | Columnas (RCSColumn)     | Vigas (RCSbeam)          | Luces / Waller (RCSlight) | Muros (RCSWall)                 | Muros-Cerchas (RCSstructure)                  | Ventanas (RCSWindow)     | Puertas (RCSDoor)                    | Cabeceras / Techumbres (RCSRoof) | Cielos Fijos / Acabados (RCSceiling) | Sistemas de Circulación / Escaleras / Rampas (RCSstair - RCSramp) | Equipos e Instalaciones (RCSequipment - RCSinst) | Muebles (RCSfurniture/Element) | Estructuras Especiales (RCSspecialstructure) | Equipamiento y Talleres MEP (RCSequipment - RCSworkshop) | Distribución y Talleres MEP (RCSdistribution/Element) |                                      |   |  |                                |  |  |   |                   |  |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
| Coordinación (**)   |                      | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/>          | <input type="checkbox"/>           | <input type="checkbox"/>                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/>                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>             | <input type="checkbox"/>         | <input type="checkbox"/>             | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/>                         | <input type="checkbox"/>       | <input type="checkbox"/>                     | <input type="checkbox"/>                                 | <input type="checkbox"/>                              |                                      |   |  |                                |  |  |   |                   |  |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |

Figura 4.9 Ingreso de "Entidades mínimas para los modelos".

Fuente: elaboración propia

Además, se ha identificado un problema en la matriz de Capacidades y Experiencia, ya que la metodología empleada para evaluar la capacidad del equipo de trabajo genera un resumen incorrecto. Por ejemplo, si se seleccionan cuatro casillas con nivel de conocimiento “Bajo” y una con nivel “Medio”, el resultado esperado en el resumen del equipo debería ser “Bajo”. Por el contrario, si la mayoría de las selecciones son “Alto” y solo una corresponde a “Medio”, se esperaría que el resumen del equipo refleje un nivel “Alto”. Esta inconsistencia se evidencia en la Figura 4.2, específicamente en la primera y segunda fila.

| Experiencia   |                  |                 |                   |                     |                |                   |
|---|------------------|-----------------|-------------------|---------------------|----------------|-------------------|
| Indique el nivel de Experiencia o conocimiento previo en: |                  |                 |                   |                     |                |                   |
|   | Dirección en BIM | Revisión en BIM | Modelación en BIM | Coordinación en BIM | Gestión en BIM | Resumen de equipo |
| Arquitectura y construcción                               | Medio            | Bajo            | Bajo              | Bajo                | Bajo           | Medio             |
| Sistemas y métodos constructivos tradicionales            | Alto             | Alto            | Alto              | Alto                | Medio          | Medio             |
| Topografía o geomensura                                   | Bajo             | Bajo            | Medio             | Medio               | Bajo           | Medio             |
| Estándares y normativas aplicables                        | Bajo             | Bajo            | Bajo              | Bajo                | Bajo           | Bajo              |

Figura 4.10 Apartado evaluación "Experiencia del equipo".

Fuente: elaboración propia

- f) **Flexibilidad:** durante la interacción con la interfaz, se ha observado que no se ofrece al usuario la posibilidad de personalizar componentes visuales o funcionales. Específicamente, la GUI no permite modificar aspectos como la paleta de colores, el idioma de visualización u otros parámetros que podrían mejorar la accesibilidad y adaptabilidad a las preferencias individuales del usuario.
- g) **Portabilidad:** según la experiencia de uso, la interfaz gráfica de usuario mantiene un comportamiento coherente y una presentación uniforme en distintos dispositivos, como teléfonos móviles, computadores de escritorio y tabletas. Esta adaptabilidad asegura una experiencia de usuario consistente, independientemente del entorno de acceso.
- h) **Estética:** en cuanto a esta característica, la interfaz gráfica de usuario cumple con los principios fundamentales de estética establecidos en las características atómicas. Se observa una adecuada selección tipográfica que favorece la legibilidad del contenido, tanto en tamaño como en contraste y espaciado. La coherencia visual entre elementos, el uso apropiado del color y la jerarquía textual contribuyen a una presentación limpia y ordenada, facilitando la lectura y reduciendo la carga cognitiva. En consecuencia, se puede afirmar que la GUI cumple con los criterios básicos de estética funcional, alineándose con las buenas prácticas del diseño centrado en el usuario.
- i) **Organización:** La interfaz gráfica de usuario (GUI) presenta un nivel adecuado de organización, disponiendo sus funcionalidades de manera clara, precisa y concisa. Además, su estructura responde de forma lógica en cuanto al llenado de las casillas disponibles en la pantalla. Al igual que en el módulo de Solicitante, este módulo advierte que no es posible avanzar a la siguiente casilla sin haber completado correctamente la anterior, asegurando así una estructura lógica y secuencial en el proceso.
- j) **Vocabulario:** La interfaz gráfica de usuario (GUI), en términos generales, emplea un vocabulario técnico coherente con los términos y conceptos propios del entorno BIM. No obstante, durante el llenado de la casilla “Empresas participantes”, la plataforma solicita ingresar una abreviatura correspondiente a la especialidad, la cual no se encuentra explicada en ningún apartado de la interfaz. Esta omisión obliga al usuario a consultar el Estándar BIM para comprender el significado de dichas siglas, lo que puede dificultar el proceso y generar ambigüedad, especialmente para quienes no estén completamente familiarizados con la nomenclatura empleada.

#### 4.2. Herramientas de visualización

Se presentan a continuación un análisis con las diferentes características que contiene la herramienta de revisión de modelos.

Tabla 4.4 Capacidad de visualización del visor de modelos.

| Item | Descripción   | Muy deficiente | Deficiente | Aceptable | Bueno | Excelente |
|------|---|----------------|------------|-----------|-------|-----------|
| 1    | Capacidad de visualización                                      |                |            |           |       |           |
| 1.1  | Calidad gráfica del modelo 3D (texturas, iluminación, realismo) |                |            |           | x     |           |
| 1.2  | Fluidez de navegación (panoramica, zoom, orbita) en modelos     |                |            |           |       | x         |
| 1.3  | Herramientas de visualización (secciones, filtros, capas)       |                |            |           |       | x         |
| 1.4  | Visualización multiplataforma (web y movil)                     | x              |            |           |       |           |

Fuente: elaboración propia

- Calidad gráfica:** el visor de modelos 3D proporciona una calidad gráfica adecuada para los fines previstos. Si bien no presenta texturas ni una representación visual realista con alta definición estética, esta limitación se debe, en gran medida, al formato admitido por la herramienta: IFC 2x3. Este formato fue diseñado para garantizar la interoperabilidad entre múltiples plataformas, lo que implica una capacidad geométrica y visual limitada en comparación con otros formatos más avanzados.
- Fluidez de navegación:** esta característica se considera excelente, ya que la navegación dentro del visor es fluida, amigable e intuitiva. Su configuración es similar a la de otros softwares de visualización 3D ampliamente utilizados en el mercado, lo cual contribuye positivamente a la usabilidad y a una rápida curva de aprendizaje por parte del usuario.
- Herramientas de visualización:** el visor incorpora una amplia gama de herramientas que permiten realizar revisiones detalladas de los modelos sin necesidad de recurrir a software externo. Esto incrementa la autonomía de la plataforma y mejora su eficiencia en tareas de análisis visual y coordinación.
- Visualización multiplataforma:** el visor está habilitado para funcionar en diversos navegadores web y sistemas operativos. No obstante, su funcionamiento está limitado a entornos de escritorio, ya que en las pruebas realizadas no fue posible visualizar ni navegar correctamente en el modelo mediante dispositivos móviles como teléfonos celulares o tabletas.

Tabla 4.5 Herramientas de revisión del visor de modelos.

| Item | Descripción   | Muy deficiente | Deficiente | Aceptable | Bueno | Excelente |
|------|---|----------------|------------|-----------|-------|-----------|
| 2    | Revisión de modelos geométricos 3D                            |                |            |           |       |           |
| 2.1  | Herramientas de detección de interferencias (clash detection) |                |            |           |       | x         |
| 2.2  | Medición y anotación directa en el modelo                     |                |            |           | x     |           |
| 2.3  | Comparación entre versiones del modelo                        |                |            | x         |       |           |
| 2.4  | Generación de reportes de revisión                            |                |            |           | x     |           |
| 2.5  | Tiempo de carga de modelos grandes                            |                |            |           |       | x         |

Fuente: elaboración propia

- Detección de interferencias:** El visor incorpora una herramienta de detección de interferencias altamente eficaz, la cual permite identificar colisiones entre elementos del modelo con precisión. Además, esta función puede utilizarse de manera simultánea con otras herramientas del visor, como la generación de planos de corte, lo que incrementa su funcionalidad durante el proceso de revisión.
- Medición y anotación:** Es posible realizar mediciones directamente sobre el modelo 3D. No obstante, se detectó un error en la escala de las cotas, ya que los valores se expresan en milímetros, cuando debiesen mostrarse en metros, de acuerdo con los estándares utilizados en proyectos de infraestructura pública. Esta inconsistencia puede generar confusiones o errores si no se corrige o interpreta adecuadamente.
- Comparación entre versiones:** Aunque la plataforma no dispone de una funcionalidad automatizada para la comparación de versiones, como sí ocurre en otros softwares especializados, es posible visualizar distintas versiones del modelo. Esto se logra mediante la carga de múltiples entregas en la plataforma, lo que permite identificar visualmente los avances o modificaciones entre versiones directamente en el entorno del visor.
- Generación de reportes:** A pesar de contar con herramientas similares a las de otros visores del mercado, el sistema no permite generar reportes automáticos de revisión. Sin embargo, incluye una funcionalidad de gestión de “incidencias”, que puede ser utilizada manualmente y en coordinación con otras herramientas externas. Si bien este método puede implicar un mayor esfuerzo operativo, permite cumplir con los objetivos de documentación y seguimiento de observaciones de manera satisfactoria.
- Tiempo de carga:** La carga de modelos en el visor es rápida, presentando tiempos de espera mínimos, generalmente de solo algunos segundos. Es importante destacar que este rendimiento está sujeto a la velocidad de conexión del proveedor de internet utilizado en el dispositivo en cuestión, lo cual puede influir significativamente en la experiencia del usuario.

Tabla 4.6 Funcionalidades colaborativas del visor de modelos.

| Item | Descripción  | Muy deficiente | Deficiente | Aceptable | Bueno | Excelente |
|------|--|----------------|------------|-----------|-------|-----------|
| 3    | Funcionalidades Colaborativas                            |                |            |           |       |           |
| 3.2  | Herramientas de comunicación (comentarios, chat, tareas) |                |            |           | x     |           |
| 3.3  | Control de versiones y registro de cambios               |                |            | x         |       |           |
| 3.4  | Gestión de usuarios y permisos de acceso                 |                |            |           |       | x         |

Fuente: elaboración propia

- **Herramientas de comunicación:** Al igual que en el apartado de generación de reportes, la plataforma permite ingresar comentarios y asignar tareas, aunque estas no se encuentran completamente integradas en el entorno del visor. Esto reduce parcialmente la eficiencia del proceso colaborativo, ya que obliga a utilizar herramientas externas para complementar la comunicación. No obstante, esta funcionalidad cumple con su propósito fundamental: permitir la emisión de observaciones o revisiones, aunque de forma indirecta.
- **Gestión de usuarios:** El acceso al visor de modelos está restringido exclusivamente a los módulos habilitados, mediante autenticación por correo electrónico y contraseña. Este mecanismo de control de acceso garantiza un nivel adecuado de seguridad y confidencialidad de la información del proyecto, resguardando así la integridad de los datos compartidos dentro de la plataforma.

Tabla 4.7 Compatibilidad del visor de modelos.

| Item | Descripción                                | Muy deficiente | Deficiente | Aceptable | Bueno | Excelente |
|------|--|----------------|------------|-----------|-------|-----------|
| 4    | Compatibilidad                             |                |            |           |       |           |
| 4.1  | Soporte para formatos (IFC, RVT, PLN, etc) |                |            | x         |       |           |

Fuente: elaboración propia

- **Soporte de formatos:** El visor no es compatible con formatos nativos de software de modelado como RVT de Revit por ejemplo. No obstante, permite la visualización de archivos en formato IFC 2x3, el cual corresponde al estándar abierto más ampliamente utilizado para la revisión y coordinación de modelos en entornos colaborativos. Aunque este formato presenta limitaciones en cuanto a representación geométrica y atributos visuales avanzados, resulta adecuado para los fines de revisión y validación dentro de la plataforma.

Tabla 4.8 Usabilidad del visor de modelos.

| Item | Descripción                                    | Muy deficiente | Deficiente | Aceptable | Bueno | Excelente |
|------|--|----------------|------------|-----------|-------|-----------|
| 5    | Usabilidad y experiencia de usuario            |                |            |           |       |           |
| 5.1  | Interfaz intuitiva y amigable                  |                |            |           | x     |           |
| 5.2  | Documentación, tutoriales y soporte disponible |                |            | x         |       |           |

Fuente: elaboración propia

- **Interfaz intuitiva:** La interfaz del visor de modelos es intuitiva y presenta una estructura de navegación similar a la de múltiples softwares disponibles en el mercado, lo que facilita su uso y no representa una barrera significativa para la revisión de modelos.
- **Documentación y tutoriales:** El visor incluye una descripción breve sobre su funcionamiento. Sin embargo, esta guía resulta limitada y podría generar dificultades para usuarios que no estén familiarizados con herramientas de revisión de modelos, lo que reduce su accesibilidad para perfiles menos técnicos.

#### 4.3. Experiencia de usuario

Los resultados obtenidos en relación con la experiencia de usuario se basaron en una muestra compuesta por diez participantes, dentro de los cuales se incluyeron ingenieros constructores, arquitectos, académicos y estudiantes de Ingeniería en Construcción. Esta diversidad de perfiles profesionales y académicos permitió obtener una visión más amplia y representativa respecto al funcionamiento y percepción general de la plataforma H-BIM, considerando distintos niveles de experiencia, conocimiento técnico y cercanía con la metodología BIM.

El enfoque muestral buscó equilibrar tanto a usuarios con experiencia previa en el uso de la plataforma como a participantes que accedían por primera vez, lo que permitió evaluar no solo la eficiencia funcional de la herramienta, sino también su capacidad de adaptarse a distintos niveles de familiaridad y formación técnica.

A continuación, se presentan los resultados consolidados en las tablas siguientes, los cuales reflejan la evaluación realizada por los participantes en torno a los principales aspectos de la plataforma. Esta información constituye un insumo clave para el proceso de validación, ya que permite identificar fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora en el diseño y desarrollo de futuras versiones de la herramienta.

## 4.3.1. Evaluación a través de la Escala de Usabilidad de Sistemas

Tabla 4.9 Resultados encuesta S.U.S.

| Participante | Pregunta 1<br>Creo que me gustaría volver a utilizar la plataforma | Pregunta 2<br>La plataforma me pareció innecesariamente complejo | Pregunta 3<br>Me pareció fácil de usar | Pregunta 4<br>Creo que necesitaría la ayuda de un técnico para poder utilizar esta plataforma | Pregunta 5<br>Me pareció que las distintas funciones de la plataforma estaban bien integradas | Pregunta 6<br>Me pareció que esta plataforma era demasiado incoherente | Pregunta 7<br>Me imagino que la mayoría de la gente aprendería a utilizar esta plataforma muy rápidamente | Pregunta 8<br>La plataforma me pareció muy engorrosa de utilizar | Pregunta 9<br>Me he sentido muy cómodo utilizando la plataforma | Pregunta 10<br>Tengo que aprender muchas cosas antes de empezar a utilizar esta plataforma | Puntaje SUS |
|--------------|--|--|--|---|---|--|---|--|---|--|-------------|
| 1            | 3  | 3  | 2                                      | 2   | 2   | 3  | 2   | 4  | 2   | 4  | 37,5        |
| 2            | 4  | 2  | 3                                      | 3   | 4   | 3  | 5   | 2  | 4   | 5  | 62,5        |
| 3            | 4  | 2  | 3                                      | 2   | 4   | 3  | 5   | 2  | 4   | 4  | 67,5        |
| 4            | 5  | 1  | 5                                      | 1   | 5   | 1  | 5   | 1  | 5   | 1  | 100         |
| 5            | 4  | 3  | 2                                      | 4   | 4   | 2  | 5   | 3  | 4   | 4  | 57,5        |
| 6            | 3  | 3  | 4                                      | 5   | 4   | 2  | 3   | 2  | 4   | 5  | 52,5        |
| 7            | 4  | 3  | 3                                      | 2   | 5   | 4  | 3   | 2  | 5   | 3  | 65          |
| 8            | 2  | 4  | 3                                      | 4   | 3   | 2  | 4   | 3  | 5   | 5  | 47,5        |
| 9            | 4  | 5  | 5                                      | 2   | 5   | 1  | 5   | 1  | 5   | 4  | 77,5        |
| 10           | 5  | 2  | 4                                      | 4   | 4   | 2  | 5   | 5  | 5   | 5  | 62,5        |
|              |  |  |  |   |   |  |   |  |   | Promedio SUS   | 63,1        |

Fuente: elaboración propia

De acuerdo con los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la Escala de Usabilidad de Sistemas, la Plataforma H-BIM alcanzó un puntaje promedio de 63,1 puntos, considerando el total de evaluaciones realizadas por los usuarios. Este valor se sitúa por debajo del umbral de referencia internacional de 68 puntos, establecido por Lewis y Sauro (2009), lo cual indica que la percepción de usabilidad de la plataforma, aunque funcional, no alcanza los niveles comúnmente aceptados como "buenos" en términos de experiencia del usuario.

Desde una perspectiva cualitativa, el resultado se encuentra dentro de la categoría "Marginal Alto", lo que implica que la plataforma se percibe como moderadamente usable, pero con deficiencias notables. Esta clasificación sugiere que el sistema cumple con funciones básicas y permite la ejecución de tareas, pero carece de fluidez, claridad o confort suficiente como para considerarse altamente usable. Es decir, los usuarios logran interactuar con el sistema, pero posiblemente enfrentan dificultades como falta de orientación, complejidad innecesaria o barreras de comprensión.

Este puntaje actúa como una señal de alerta temprana, indicando que, si bien el sistema no fracasa en términos de usabilidad, existen áreas clave que deben optimizarse como la navegación, la presentación de la información, o el diseño de la interfaz para mejorar la experiencia general. La mejora de estos aspectos no solo contribuiría a elevar el puntaje SUS en futuras evaluaciones, sino también a fortalecer la satisfacción del usuario, la eficiencia operativa y la adopción sostenida del sistema.

En resumen, el resultado obtenido posiciona a la plataforma en un nivel aceptable pero mejorable, y ofrece una base cuantitativa útil para orientar intervenciones puntuales que conduzcan a una experiencia de usuario más positiva y alineada con los estándares actuales de calidad en software.

#### 4.3.2. Evaluación a través del modelo de calidad del producto

A continuación, se presentan los resultados obtenidos junto con su respectivo análisis, derivados de la encuesta aplicada a los usuarios. Esta instancia tuvo como objetivo evaluar la usabilidad del sistema en función del modelo de calidad del producto definido por la norma ISO 25010. Los datos recolectados permiten establecer una valoración detallada de cada sub característica de usabilidad considerada en el modelo, proporcionando una visión fundamentada sobre el desempeño del sistema desde la experiencia del usuario.

Para este análisis, se utilizó como instrumento de recolección la plataforma Google Forms, la cual permitió capturar de manera eficiente las respuestas de los participantes. Posteriormente, los registros fueron descargados en una hoja de cálculo, donde se organizaron y categorizaron de acuerdo con cada una de las sub características de usabilidad definidas en la norma. Los resultados de estas sub características se presentan en los siguientes subcapítulos.

##### 4.3.2.1. Resultados característica Adecuación Reconocible

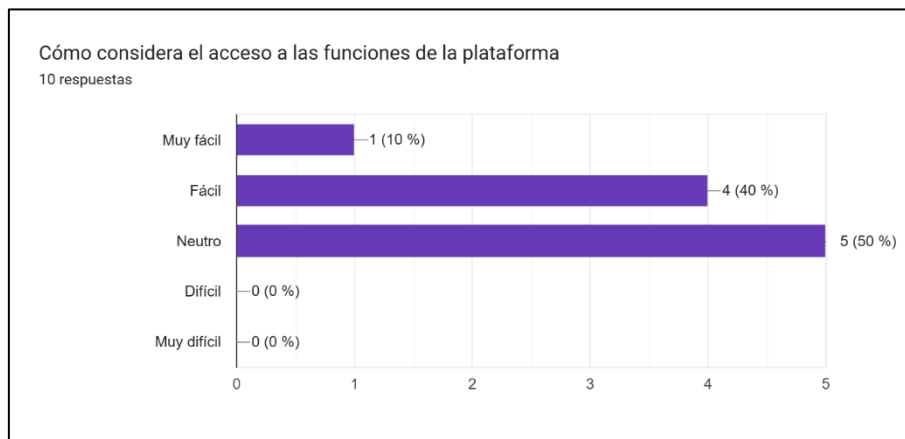


Figura 4.11 Gráfico resultados pregunta N°1

Fuente: elaboración propia

En relación con la percepción de los usuarios sobre el acceso a las funciones de la plataforma, los resultados de la figura 4.11 indican que un 90% de los participantes evaluó esta característica de manera positiva o neutral. Específicamente, un 10% calificó el acceso como "muy fácil", mientras que un 40% lo consideró "fácil", lo que evidencia una valoración favorable hacia la navegabilidad general de la interfaz. Por otro lado, el 50% restante adoptó una postura neutral, lo cual sugiere que, si bien no identificaron dificultades evidentes, tampoco experimentaron un acceso especialmente intuitivo o fluido.

Es importante destacar que no se registraron respuestas en las categorías "difícil" o "muy difícil", lo cual refuerza la idea de que la plataforma no presenta obstáculos significativos en términos de accesibilidad funcional. Sin embargo, la alta proporción de respuestas neutras podría evidenciar una

oportunidad de mejora en términos de claridad y usabilidad inicial, especialmente para usuarios menos familiarizados con entornos digitales complejos.

En este sentido, sería recomendable implementar mejoras en la experiencia de usuario tales como asistentes de navegación, tutoriales interactivos o indicaciones contextuales que faciliten el reconocimiento y acceso rápido a las principales herramientas de la plataforma.

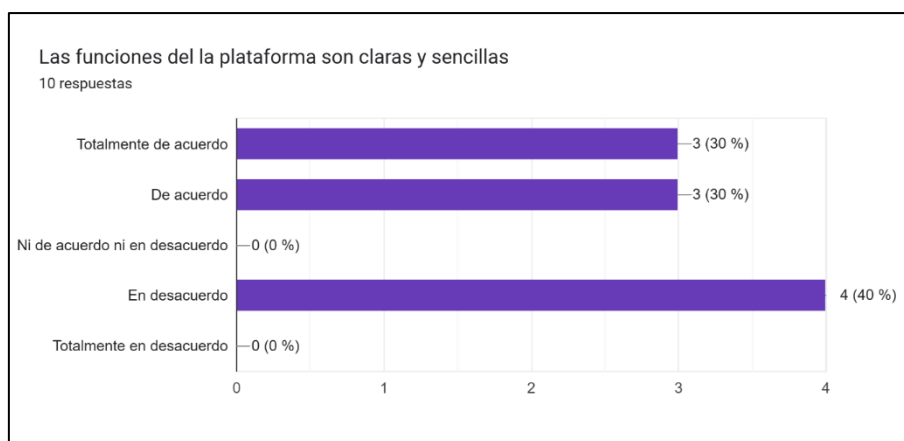


Figura 4.12 Grafico resultados pregunta N°2

Fuente: elaboración propia

En relación con la percepción de los usuarios sobre la claridad y sencillez de las funciones de la plataforma, los resultados de la figura 4.12 muestran una distribución mixta de opiniones. Un 60% de los participantes respondió de manera positiva: un 30% manifestó estar "totalmente de acuerdo" y otro 30% "de acuerdo" con que las funciones son claras y sencillas, lo que refleja una evaluación favorable parcial en cuanto a la comprensibilidad, entendida como la capacidad del software para ser entendido por el usuario.

Sin embargo, un 40% de los participantes indicó estar "en desacuerdo", lo cual representa una proporción significativa de usuarios que perciben dificultades para entender el propósito o la manera de uso de las funciones ofrecidas por la plataforma. Cabe destacar que no se registraron respuestas neutrales ni desacuerdos extremos, lo que puede interpretarse como una división clara entre usuarios que comprenden el sistema y quienes encuentran barreras de comprensión.

Este resultado sugiere que, aunque una mayoría simple encuentra la plataforma accesible en términos cognitivos, la experiencia no es homogénea, y existe un grupo relevante que podría estar enfrentando retos vinculados con la estructura, el lenguaje o la presentación visual de las funciones.

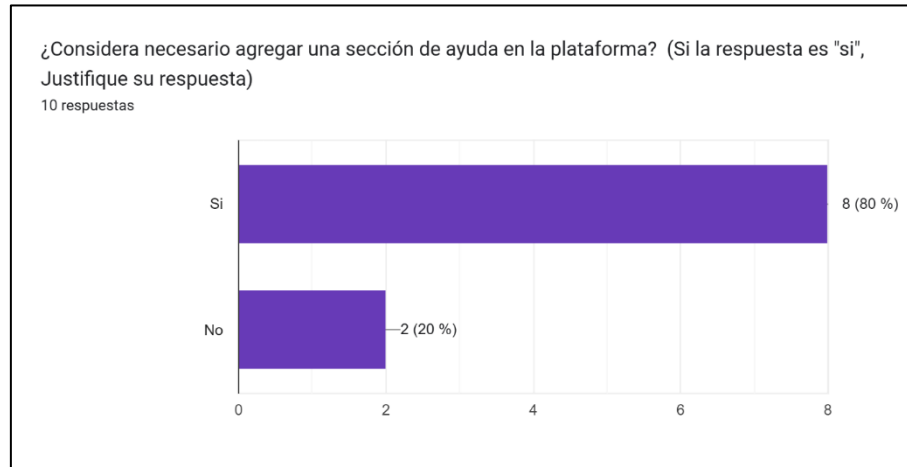


Figura 4.13 Grafico resultados pregunta N°3

Fuente: elaboración propia

En cuanto a la percepción sobre la necesidad de incluir una sección de ayuda en la plataforma, los resultados de la figura 4.13 determinan que el 80% de los participantes consideró necesario agregar esta funcionalidad, mientras que solo un 20% respondió negativamente.

Este resultado refuerza los hallazgos previos relacionados con la comprensibilidad del sistema. La amplia mayoría que solicita asistencia adicional indica que los usuarios requieren apoyo para entender y operar las funcionalidades del sistema de forma autónoma. Esto puede estar vinculado a la falta de claridad en algunos elementos de la interfaz, en los flujos de navegación o en la estructura funcional general.

Desde el marco de la norma ISO/IEC 25010, esta necesidad expresa de soporte sugiere limitaciones en la operabilidad y comprensibilidad actuales, dado que una plataforma con alta calidad en estas sub características debería facilitar el uso sin necesidad de ayuda externa significativa.

A continuación, se presentan las opiniones realizadas por los encuestados respecto a la pregunta formulada:

- *Muchas veces hay palabras que, si uno no conoce la metodología BIM, se pierde.*
- *Sí, ya que en algunos pasos, si bien se mantiene el proceso que lleva el BIM, como la creación de la SDI o bien la respuesta con el PEB, no se da mayor apoyo de información al usuario que no tiene un nivel de conocimiento en BIM.*
- *Sí, podría integrarse una pestaña con preguntas frecuentes y sus respuestas.*

- *Sección de ayuda en cada pregunta, mostrando el significado de cada concepto e ícono del formulario.*
- *Volver atrás resulta confuso. Las opciones para ser contestadas en múltiples categorías deberían resumir el objetivo de cada una, de forma que no sea necesario recurrir al manual estándar BIM para completarlas correctamente, ya que existen acrónimos, términos y niveles de información específicos para cada nivel de avance, entre otras categorías. Además, si la plataforma entrega la opción de ajustarse a proyectos de diseño o ejecución, ¿por qué existen usos BIM, perfiles, roles, etc., asociados a etapas de operación? Eso puede confundir la selección orientada únicamente a proyectos de construcción y diseño.*
- *Completamente, ya que no posee ni tutoriales ni ejemplos que indiquen cómo rellenar los campos.*
- *Sí, ya que el ingreso de BIM y H-BIM es de reciente uso, lo que genera cierta confusión en los más inexpertos.*
- *Capacidad de aprendizaje.*

#### 4.3.2.2. Resultados característica Capacidad de aprendizaje

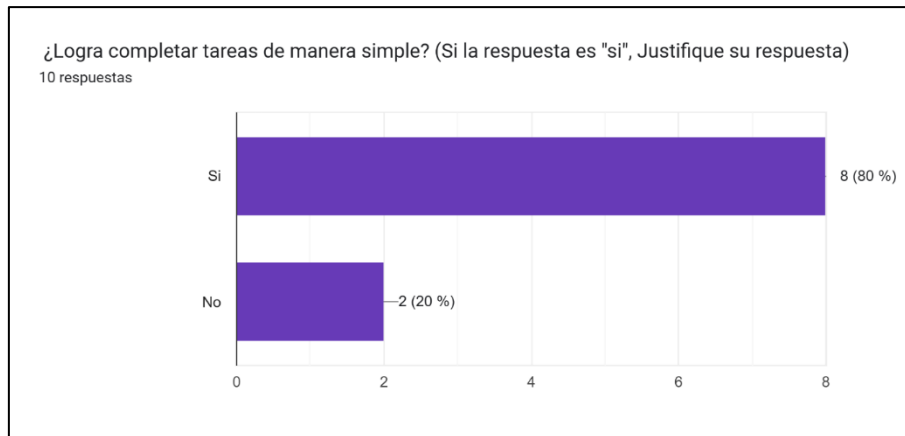


Figura 4.14 Grafico resultados pregunta N°4

Fuente: elaboración propia

En cuanto a la capacidad de los usuarios para completar tareas de manera simple dentro de la plataforma, los resultados de la figura 4.14 determinan que el 80% respondió afirmativamente, lo que indica que una gran mayoría logra alcanzar sus objetivos dentro del sistema sin mayores complicaciones. Este dato refleja una percepción positiva respecto a la efectividad, entendida en la norma ISO/IEC 25010 como la capacidad del software para permitir que los usuarios logren resultados específicos con precisión y completitud.

Por otro lado, un 20% señaló que no logra completar tareas de forma simple, lo cual, aunque minoritario, sugiere la existencia de ciertas barreras de usabilidad para un segmento de usuarios. Esta respuesta coincide con los resultados anteriores que advertían sobre dificultades en la claridad y orientación de las funciones.

A continuación, se presentan las opiniones realizadas por los encuestados respecto a la pregunta formulada:

- *La plataforma es intuitiva.*
- *Sus funciones son intuitivas.*
- *Sí, ya que sigue el PEB estándar.*
- *Tiene buena interfaz.*
- *Si se conoce el estándar BIM, se pueden relacionar y reconocer algunos conceptos.*
- *Para una persona orientada en el sistema, estudiar la interfaz un par de veces resultaría ideal para contestar cada documento de forma rápida. La primera vez puede ser algo confuso, pero el sistema es sencillo.*

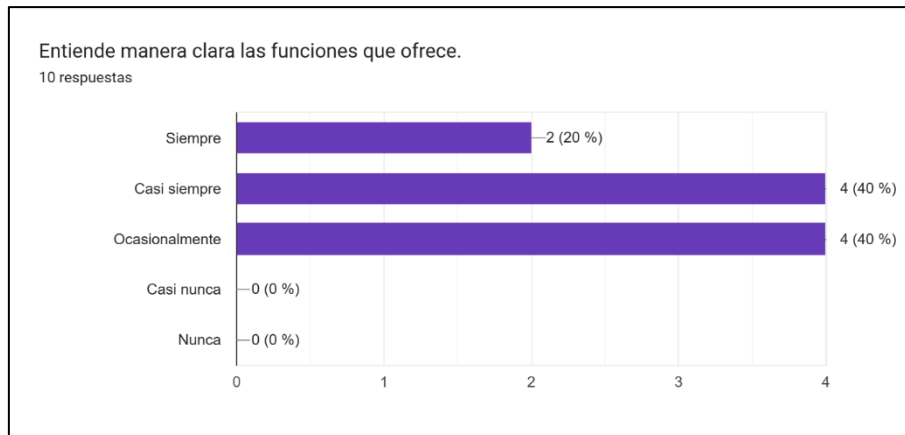


Figura 4.15 Grafico resultados pregunta N°5

Fuente: elaboración propia

Respecto a la claridad con la que los usuarios entienden las funciones que ofrece la plataforma, los resultados de la figura 4.15 muestran una percepción dividida y moderadamente positiva. El 20% de los encuestados indicó que siempre entiende claramente las funciones, mientras que un 40% expresó que lo hace “casi siempre”. Sin embargo, otro 40% manifestó que solo “ocasionalmente” comprende las funciones, lo cual revela una brecha importante en la experiencia cognitiva del usuario.

Si bien no se registran respuestas en las categorías “casi nunca” o “nunca”, el hecho de que casi la mitad de los usuarios no logren un entendimiento constante sugiere que existen elementos de diseño, terminología o estructuración que podrían estar obstaculizando una comprensión plena e inmediata.

#### 4.3.2.3. Resultados característica Operabilidad

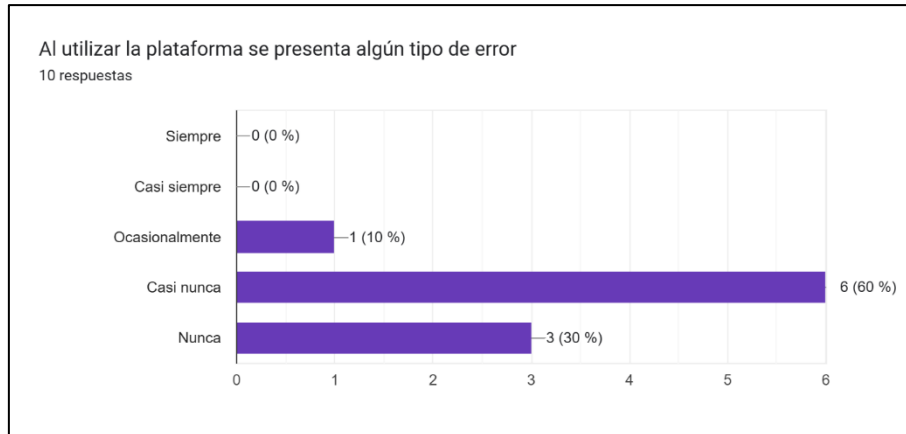


Figura 4.16 Grafico resultados pregunta N°6

Fuente: elaboración propia

En cuanto a la estabilidad de funcionamiento de la plataforma, los resultados de la figura 4.16 reflejan una evaluación ampliamente favorable. Un 60% de los usuarios indicó que “casi nunca” experimenta errores al utilizar la plataforma, y otro 30% afirmó que “nunca” los ha experimentado, lo cual representa un 90% de respuestas altamente positivas.

Solo un 10% reportó errores “ocasionalmente”, y no se registraron respuestas en las categorías “siempre” o “casi siempre”, lo que sugiere que los fallos, cuando ocurren, son esporádicos y no sistemáticos.

Estos resultados evidencian que la plataforma posee un buen nivel de madurez, entendida en la norma ISO 25010 como el grado en que el software evita fallos como resultado de defectos. La alta fiabilidad es un indicador de robustez técnica, consistencia en el desempeño y control adecuado de errores en tiempo de ejecución.

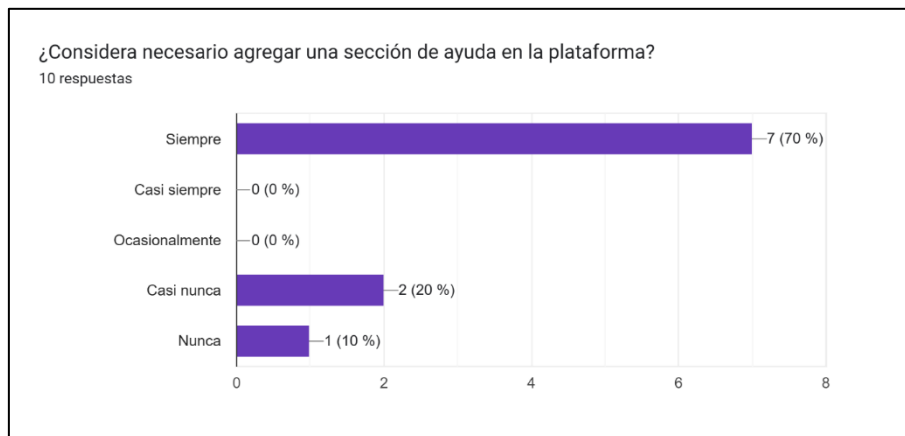


Figura 4.17 Gráfico resultados pregunta N°7

Fuente: elaboración propia

Los resultados de la figura 4.17 muestran una respuesta contundente: el 70% de los encuestados respondió “siempre”, indicando una demanda clara y persistente por recursos de apoyo dentro del sistema. Solo un 20% seleccionó “casi nunca”, y un 10% dijo “nunca”, sin registros en las opciones intermedias.

Este resultado confirma que, para la mayoría de los usuarios, la plataforma no ofrece un nivel suficiente de orientación o claridad en sus funciones, generando la necesidad de contar con un sistema de ayuda permanente. Según la norma ISO/IEC 25010, esta situación señala deficiencias en la comprensibilidad y operabilidad, ya que un sistema altamente usable debería permitir al usuario operar el software y comprender sus funcionalidades sin asistencia externa.

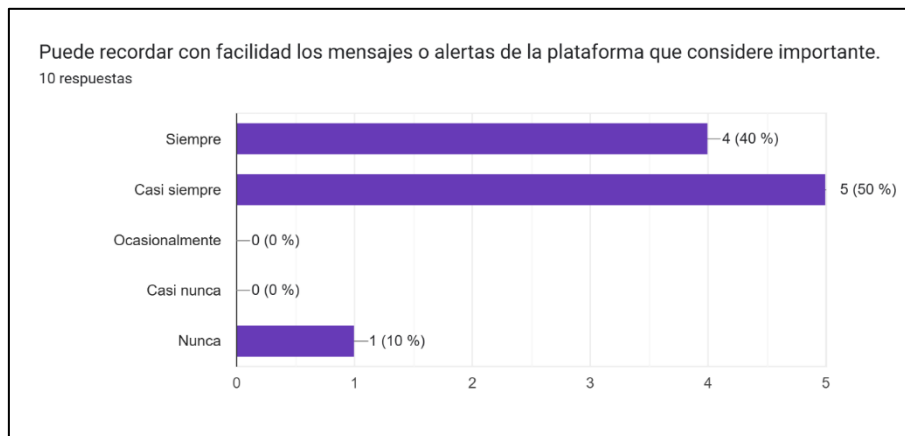


Figura 4.18 Gráfico resultados pregunta N°8

Fuente: elaboración propia

Los resultados de la figura 4.18 reflejan una percepción ampliamente positiva:

- Un 40% de los usuarios respondió “siempre”,
- Un 50% respondió “casi siempre”,
- Y solo un 10% señaló “nunca”.
- No se registraron respuestas en categorías intermedias como “ocasionalmente” o “casi nunca”.

Este patrón sugiere que 9 de cada 10 usuarios logran retener adecuadamente la información clave, lo cual indica una adecuada presentación de los mensajes importantes, tanto en términos de claridad, permanencia y formato, como de relevancia funcional.

#### 4.3.2.4. Resultados característica Protección contra errores.

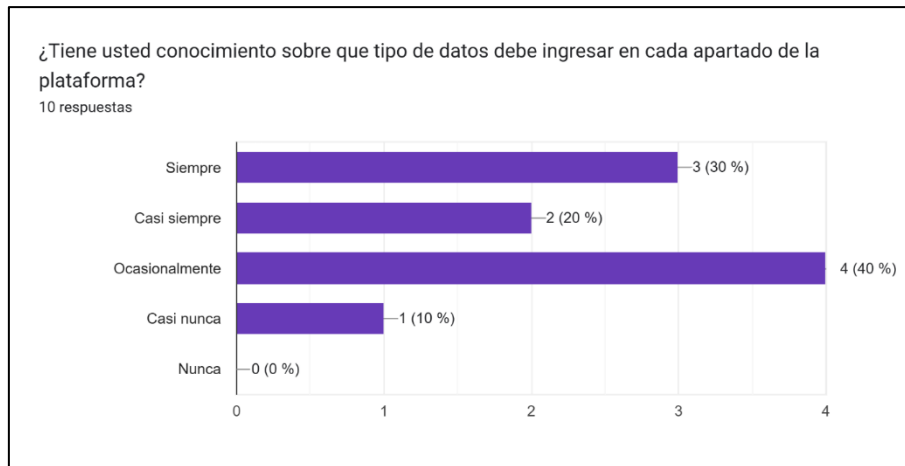


Figura 4.19 Grafico resultados pregunta N°10

Los resultados de la figura 4.19 determinan una distribución moderada con cierta tendencia positiva, pero con señales claras de mejora necesaria:

- El 30% de los usuarios respondió “siempre”, y el 20% “casi siempre”, lo que da un 50% de percepción positiva.
- Sin embargo, un 40% contestó “ocasionalmente”, lo que revela una falta de consistencia en la claridad del sistema.
- Además, un 10% dijo “casi nunca”, lo cual indica que existe un pequeño grupo que se enfrenta frecuentemente a confusión sobre qué datos ingresar y dónde.

Estos datos sugieren que aunque el sistema es comprensible para la mitad de los usuarios, la otra mitad experimenta incertidumbre o falta de orientación contextual, lo que puede generar errores, lentitud en la interacción o dependencia de asistencia externa.

#### 4.3.2.5. Resultados característica Estética de la interfaz

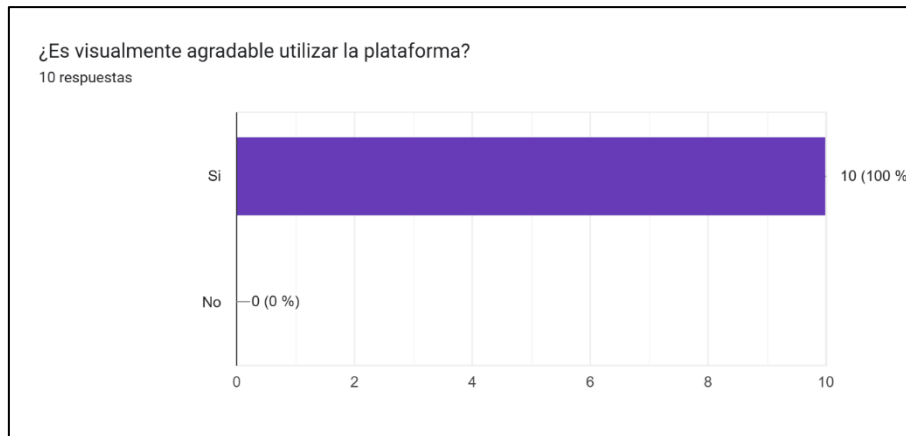


Figura 4.20 Grafico resultados pregunta N°11

Fuente: elaboración propia

Los resultados de la figura 4.20 fueron categóricos, ya que el 100% de los usuarios respondió afirmativamente.

Este resultado indica una valoración unánimemente positiva respecto al diseño visual de la plataforma, lo que sugiere que los elementos gráficos, el uso del color, la disposición espacial y la coherencia visual han sido bien logrados desde la perspectiva del usuario.

La norma ISO/IEC 25010 establece que una interfaz debe no solo ser funcional y comprensible, sino también agradable visualmente, ya que la estética contribuye directamente a la percepción de calidad del software y al confort en su uso prolongado.

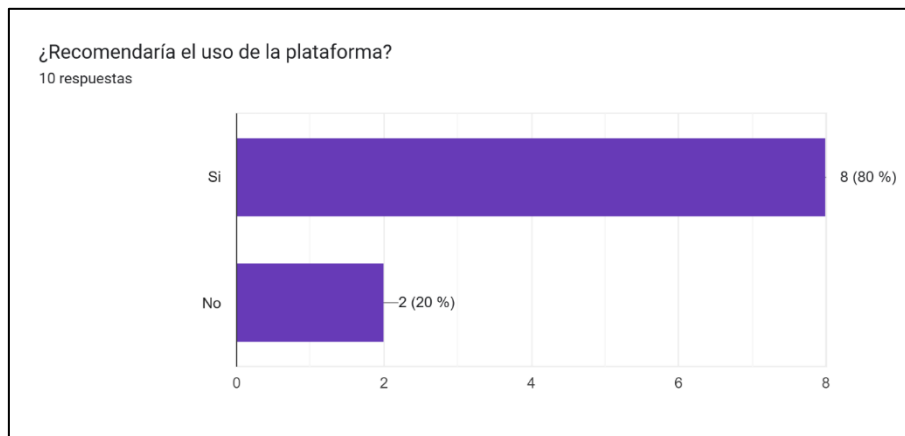


Figura 4.21 Gráfico resultados pregunta N°12

Fuente: elaboración propia

Los resultados de la figura 4.21 muestran que el 80% de los usuarios respondió afirmativamente, mientras que un 20% respondió negativamente.

Este resultado refleja una evaluación global mayoritariamente positiva, ya que la disposición a recomendar un producto suele estar asociada con una experiencia satisfactoria en términos de:

- Usabilidad (facilidad de uso, claridad, estética),
- Fiabilidad (estabilidad, pocos errores),
- Satisfacción subjetiva,
- Valor percibido en relación con las necesidades del usuario.

El 20% que no recomendaría el uso sugiere que existe un subconjunto de usuarios cuya experiencia no ha sido del todo satisfactoria, lo cual puede estar vinculado a los hallazgos anteriores (como dudas en la entrada de datos o necesidad de ayuda frecuente).

#### 4.3.2.6. Resultados característica Accesibilidad.

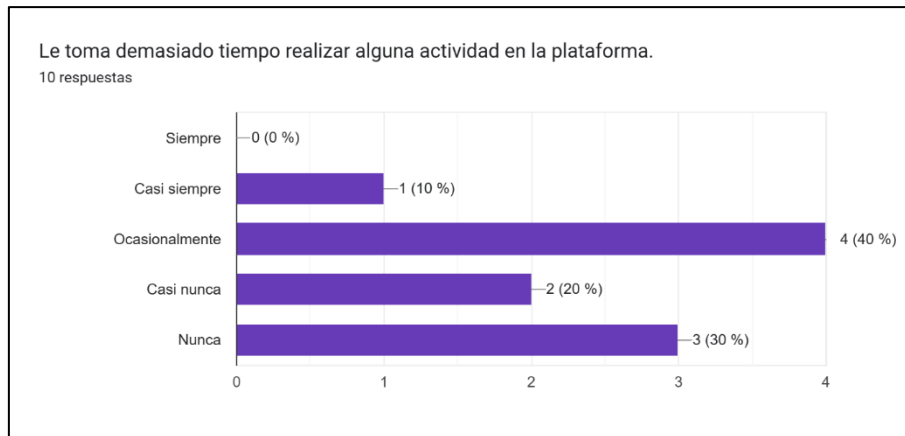


Figura 4.22 Grafico resultados pregunta N°13

Fuente: elaboración propia

Los resultados de la figura 4.22 muestran una percepción moderadamente positiva pero con signos de mejora:

- 30% respondió “nunca”, es decir, no perciben demoras.
- 20% dijo “casi nunca”, lo cual suma un 50% de usuarios satisfechos con el tiempo requerido.
- Sin embargo, un 40% indicó que esto sucede “ocasionalmente” y un 10% “casi siempre”.
- No se registraron respuestas en la categoría “siempre”, lo cual es positivo.

Esto indica que, aunque la mayoría de los usuarios no considera que el uso de la plataforma sea generalmente lento, cerca de la mitad sí ha experimentado demoras esporádicas. Esto puede deberse a tiempos de carga, pasos innecesarios en ciertos procesos, o confusión en flujos operativos.

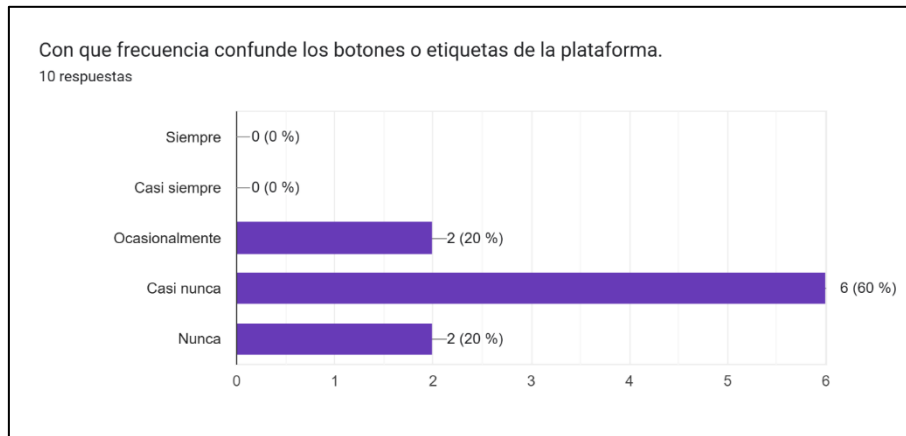


Figura 4.23 Grafico resultados pregunta N°14

Fuente: elaboración propia

Los resultados de la figura 4.23 muestran los siguientes resultados:

- 60% respondió “casi nunca”, lo que indica una experiencia generalmente clara.
- 20% respondió “nunca”, reafirmando la buena percepción general.
- 20% señaló “ocasionalmente”, sin reportes en las categorías de mayor frecuencia (“casi siempre” o “siempre”).

En conjunto, un 80% de los usuarios indica que rara vez o nunca confunde botones o etiquetas, lo que evidencia que la nomenclatura, los íconos y el diseño de los elementos interactivos son en su mayoría comprensibles. La ausencia de respuestas negativas extremas refuerza la percepción de consistencia en la interfaz de usuario.

El 20% que reporta confusión ocasional sugiere que puede haber elementos puntuales con etiquetas ambiguas, poco visibles o similares entre sí, lo que aún representa una oportunidad de mejora menor.

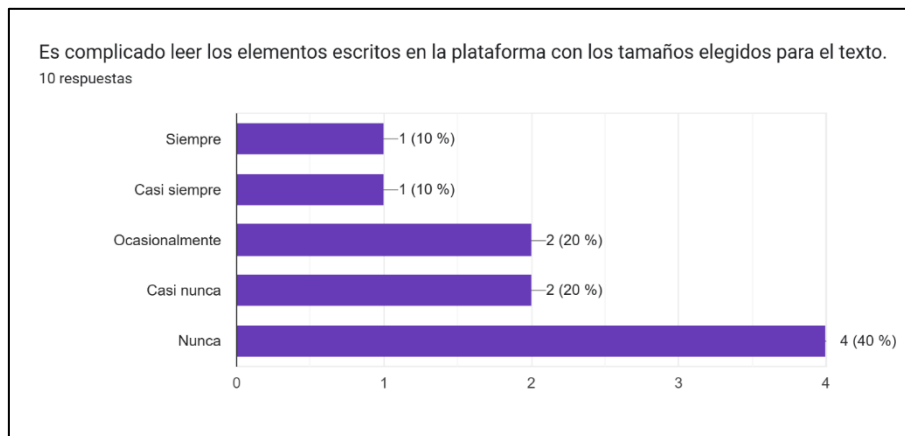


Figura 4.24 Gráfico resultados pregunta N°15

Fuente: elaboración propia

Los resultados de la figura 4.24 se distribuyen de la siguiente manera:

- 40% respondió “nunca” y 20% “casi nunca” → 60% no presenta problemas de lectura.
- 20% respondió “ocasionalmente”, lo que indica una experiencia variable según el contexto o sección.
- 10% “casi siempre” y 10% “siempre” → un 20% con dificultades frecuentes.

Este panorama muestra que, si bien la mayoría de los usuarios considera adecuada la legibilidad, un 40% del total ha tenido alguna dificultad al menos ocasionalmente, y un 20% la vive con frecuencia. Esto revela una deficiencia parcial en el diseño visual, específicamente en lo que respecta al tamaño y visibilidad del texto, posiblemente relacionado con falta de contraste, tipografía inadecuada o no adaptable.

## 5. Conclusiones

Los objetivos propuestos al inicio de este trabajo han sido alcanzados de manera satisfactoria. A lo largo del estudio, se llevó a cabo un proceso de validación integral de la plataforma, abordando sus principales componentes, funcionalidades y características, con el propósito de evaluar su desempeño desde una perspectiva técnica y de usabilidad. Este análisis permitió no solo identificar las fortalezas de la herramienta, sino también aquellas áreas susceptibles de mejora.

Asimismo, la aplicación de encuestas permitió recopilar información relevante respecto a la experiencia de los usuarios, constituyendo un insumo clave para los procesos de retroalimentación y mejora continua de la plataforma. Estos datos no solo refuerzan la evaluación realizada, sino que también aportan una mirada desde el punto de vista del usuario final, lo que resulta fundamental para el desarrollo de soluciones digitales orientadas a su efectividad y aceptación.

En consecuencia se ha cumplido con el primer objetivo específico del trabajo: evaluar de forma objetiva y estandarizada la interfaz gráfica de usuario. Para ello, se consideraron los tres módulos disponibles durante el desarrollo del estudio, Administrador Local, Solicitante y Proveedor, obteniendo un promedio de 7,2 puntos sobre un total de 10 en términos de experiencia de usuario. Este valor puede interpretarse como un indicador de que la interfaz ofrece un desempeño aceptable. No obstante, también sugiere que existen aspectos gráficos y funcionales que requieren mejoras. Entre estos, destacan la ausencia de un sistema de ayuda o tutoriales que facilite la comprensión de las herramientas, lo cual podría reducir la incertidumbre del usuario durante sus primeras interacciones con la plataforma. Asimismo, se recomienda incorporar opciones de personalización y flexibilidad, considerando especialmente a usuarios con dificultades visuales o necesidades específicas de accesibilidad que necesiten adaptar el tamaño de la fuente y color de la interfaz.

En este contexto, resulta fundamental que la plataforma incorpore características deseables esenciales, tales como herramientas de "Ayuda" orientadas principalmente a facilitar la comprensión del proceso que se está llevando a cabo mediante la metodología BIM. La inclusión de estas funcionalidades no solo enriquecería la experiencia del usuario, sino que también otorgaría un mayor valor agregado a la plataforma, al complementar la documentación técnica requerida con elementos de apoyo que asistan directamente en la aplicación del enfoque metodológico.

Cabe destacar que el proceso metodológico basado en BIM implica una transformación significativa respecto a los métodos tradicionales utilizados en la industria de la construcción, dado que introduce una forma distinta de planificar, coordinar y ejecutar los proyectos. Por lo tanto, proporcionar herramientas que acompañen y faciliten esta transición resulta clave para asegurar una implementación efectiva y comprensible de la metodología.

El segundo objetivo específico también ha sido alcanzado, ya que se ha realizado un análisis completo de las características del visor de modelos 3D incorporado en la plataforma. Se ha determinado que este visor cuenta con las herramientas necesarias para gestionar y revisar modelos de forma autónoma, sin depender de softwares adicionales. Esta característica representa una ventaja significativa, ya que permite integrar el entorno BIM directamente en la plataforma, de manera gratuita. Esto contrasta con la mayoría de los visores BIM disponibles en el mercado, que generalmente requieren una suscripción o pago de licencia.

No obstante, se debe señalar que sería recomendable incluir un sistema de ayuda más robusto para facilitar la familiarización con la herramienta de visualización. Actualmente, la funcionalidad de “incidencias” no se encuentra claramente definida, lo que podría limitar su uso por parte de aquellos usuarios que no intuyan su propósito o funcionamiento. Asimismo, se sugiere corregir la unidad de medida de las cotas, ya que actualmente se presentan en milímetros en lugar de metros, lo que podría generar errores en los procesos de revisión.

Adicionalmente, cabe destacar que la plataforma funciona correctamente en los dispositivos más utilizados, como computadores, tabletas y teléfonos móviles, lo cual permite su acceso en cualquier momento y lugar. Sin embargo, es fundamental habilitar el visor de modelos para su uso en dispositivos distintos al computador de escritorio o portátil. Esto ampliaría significativamente la funcionalidad de la plataforma, representando un atributo diferenciador importante que mejoraría la experiencia del usuario y su versatilidad en entornos colaborativos. Asimismo, se destaca la posibilidad de realizar revisiones directamente en terreno, lo que permite comparar el modelo digital con la ejecución real del proyecto en tiempo real. Esta funcionalidad resulta especialmente valiosa para detectar desviaciones, validar avances constructivos y garantizar la fidelidad entre el diseño y la obra ejecutada.

El tercer objetivo específico ha sido alcanzado con satisfacción, puesto que se ha cumplido a cabalidad con la metodología planteada y en base a los dos procesos metodológicos. En este sentido, la evaluación de la Plataforma H-BIM mediante la Escala de Usabilidad de Sistemas, se obtuvo un puntaje promedio de 63,1 puntos, resultado que se sitúa por debajo del promedio general de referencia, establecido en 68 puntos. Este valor posiciona la percepción de usabilidad de la plataforma en la categoría “Marginal Alto”, lo cual indica que, si bien el sistema presenta un nivel funcional básico aceptable, no alcanza los estándares considerados como “buenos” o satisfactorios desde la perspectiva del usuario.

Este puntaje sugiere que la plataforma permite realizar tareas, pero con ciertas dificultades en términos de claridad, navegación o facilidad de uso, que podrían afectar la experiencia general. Por tanto, se identifican oportunidades de mejora en aspectos clave de la interfaz y la interacción, que podrían contribuir a incrementar la satisfacción del usuario y optimizar el desempeño global del sistema.

Por otra parte y a partir del análisis de los resultados obtenidos en la encuesta del modelo de calidad del producto estandarizados en la ISO 25010, se concluye que la plataforma evaluada presenta un nivel de calidad funcionalmente aceptable, con fortalezas claras en cuanto a su apariencia visual, estabilidad técnica y facilidad operativa general. Los usuarios manifestaron una percepción mayoritariamente positiva sobre el uso del sistema, destacando especialmente su atractivo visual, la capacidad para completar tareas sin errores significativos, y la coherencia de los elementos interactivos como botones y etiquetas.

Desde la perspectiva de la usabilidad, se observan logros importantes en cuanto a la estética de la interfaz, ya que todos los participantes coincidieron en que la plataforma es visualmente agradable. Asimismo, los resultados reflejan una plataforma confiable: el 90% de los usuarios reportó no haber experimentado errores o fallos durante el uso, lo que evidencia un buen nivel de madurez del sistema en términos de fiabilidad. También se destacó la facilidad para completar tareas, lo que indica que el sistema es, en términos generales, operable y efectivo.

No obstante, los resultados también evidencian áreas específicas de mejora que comprometen la experiencia de ciertos usuarios. En particular, se identificaron deficiencias en la comprensibilidad del sistema, ya que una proporción importante de usuarios manifestó dificultades ocasionales para entender qué tipo de datos ingresar o interpretar correctamente las funciones ofrecidas. Esta situación sugiere una necesidad de reforzar la claridad del sistema, mediante mejoras en la redacción de etiquetas, la inclusión de ayudas visuales o ejemplos, y el diseño de flujos más intuitivos.

Además, se destaca una demanda considerable por asistencia adicional, ya que entre un 70% y 80% de los encuestados consideró necesaria la incorporación de una sección de ayuda en la plataforma. Esta necesidad revela que la plataforma no se percibe como completamente autoexplicativa, lo que puede afectar especialmente a usuarios con menor familiaridad con entornos digitales.

Finalmente, se identificó una debilidad en la accesibilidad visual del texto, ya que un 40% de los usuarios expresó haber tenido dificultades, al menos ocasionales, para leer los elementos escritos debido al tamaño de la fuente. Este aspecto, aunque no crítico, debería ser abordado para garantizar una experiencia inclusiva y alineada con principios de accesibilidad.

En síntesis, la plataforma evaluada muestra un desempeño sólido en términos de estética, estabilidad y funcionalidad básica, cumpliendo en buena medida con los criterios de calidad definidos por la norma ISO 25010. No obstante, se recomienda priorizar mejoras en comprensibilidad, asistencia al usuario y características de accesibilidad, con el fin de elevar la experiencia general y consolidar un producto más completo, accesible y alineado con las expectativas de una base de usuarios diversa.

En definitiva, la plataforma H-BIM presenta algunos aspectos puntuales que requieren mejora; sin embargo, estos no afectan de manera significativa el desarrollo de proyectos de diseño o ejecución

en edificaciones patrimoniales. Por lo tanto, se considera que se ha cumplido el objetivo general de esta investigación, que consistía en validar la plataforma H-BIM para su aplicación en el ámbito del patrimonio construido.

Asimismo, la plataforma demuestra una alineación adecuada con lo establecido en la norma ISO 19650 parte 2, la cual define la secuencia de actividades y el flujo de información necesarios para la correcta implementación de proyectos bajo la metodología BIM. En este contexto, la plataforma H-BIM ofrece en gran medida la autonomía operativa necesaria para funcionar como un Entorno Común de Datos, cumpliendo satisfactoriamente con la mayoría de los requisitos fundamentales exigidos en este tipo de entornos digitales.

Entre sus funcionalidades más destacadas se encuentran la capacidad para ingresar, consultar y recuperar información del proyecto, incluyendo tanto archivos técnicos como comunicaciones entre los participantes (correos electrónicos, historial de cambios, tareas o consultas). También permite una gestión de accesos personalizada, garantizando que cada usuario acceda únicamente a la información que le corresponde, y facilita la compartición de archivos mediante enlaces seguros y controlados.

La plataforma incorpora además mecanismos de control de versiones, lo cual asegura la trazabilidad del historial de cambios y garantiza el trabajo sobre documentos vigentes. Se incluye la integración de flujos de trabajo documentales como procesos de revisión, aprobación y comentarios.

Destaca también su capacidad para visualizar y anotar archivos o modelos directamente desde la plataforma, sin necesidad de herramientas externas, y para gestionar modelos federados, incluyendo la combinación de archivos IFC para su análisis. Finalmente, la plataforma permite llevar a cabo la planificación completa del proyecto BIM, lo que incluye la definición de requerimientos de información del cliente, planes de ejecución BIM, protocolos de colaboración, Niveles de Información, y una gestión de datos estructurada y alineada con los objetivos del proyecto.

### 5.1. Contribuciones

A lo largo del desarrollo de este trabajo, se identificaron diversos aspectos en los que la plataforma H-BIM para el Patrimonio Construido requiere mejoras. Entre ellos, destaca la necesidad de incorporar elementos de ayuda que faciliten la inclusión de información al momento de completar el PEB definitivo, lo que permitiría marcar una diferencia significativa frente a los métodos convencionales comúnmente utilizados, como el uso de archivos PEB en formato Excel y el intercambio de información por correo electrónico.

Por otro lado, este estudio contribuye a establecer una metodología de trabajo definida para los procesos de validación de productos de software desarrollados en el contexto de la Escuela de Construcción Civil de la Universidad de Valparaíso. Esta metodología integra elementos estandarizados que pueden ser adaptados a distintos tipos de software, lo que representa un avance relevante considerando que la incorporación de herramientas tecnológicas en la industria de la construcción constituye un desafío importante tanto para los procesos de gestión de la información como para el desarrollo de proyectos constructivos.

### 5.2. Líneas futuras de investigación

A partir de la información recogida mediante las encuestas aplicadas en esta investigación, se puede concluir que la plataforma H-BIM presenta un alto potencial como herramienta de apoyo en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la metodología BIM. Esto se debe a que permite representar de manera clara y estructurada el flujo completo de dicha metodología, lo cual facilita su comprensión por parte de los usuarios.

En este contexto, la incorporación experimental de un apartado de licitaciones en la plataforma permitiría simular, de forma lúdica y realista, el desarrollo de los flujos de información establecidos en el Estándar BIM para Proyectos Públicos. Si bien este estándar constituye una herramienta valiosa desde el punto de vista conceptual, desde la perspectiva del autor de esta memoria, aún presenta limitaciones en cuanto a su aplicación práctica, particularmente en lo que respecta a la representación integral de su implementación en proyectos reales de construcción. En este sentido, el uso de la plataforma H-BIM podría contribuir significativamente a cerrar la brecha existente entre la teoría y la práctica en el ámbito de la metodología BIM.

Por otra parte, la incorporación de la fase de “operación” del edificio contribuiría significativamente a consolidar una plataforma más completa, capaz de abarcar la totalidad del ciclo de vida de los edificios. Esto permitiría alinear la herramienta con la finalidad última de la metodología BIM, que es gestionar de manera integral todas las etapas del proyecto, desde el diseño, la construcción hasta la operación y el mantenimiento de los edificios.

## 6. Referencias bibliográficas

- Aguileta, A., & Gómez, O. (2018). Estudio de calidad y eficiencia de un enfoque de desarrollo software secuencial con programadores solos y en pareja. *Revista chilena de ingeniería*, 27, 304–318. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052019000200304>
- Albornoz, C., Berón, M., & Montejano, G. (2015). *Evaluación de Interfaces Gráfica de Usuario*. [https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/45770/Documento\\_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/45770/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Armisen, A., Soria, E., Agustín, L., Alberto, J., Adrián, A., Ereño, B., Salvador, E., Jordán, I., Soto, A., Nieto, E., Monterroso, A., Moyano, J. J., Antonio Herráez, J., Espinosa, Y., Leache, J., Rafael, A., Talaverano, M., Mahillo, A., González, J., ... De Autor, D. (2018). *BIM aplicado al Patrimonio Cultural Coordinador del proyecto Coordinadores de los grupos de trabajo*.
- BIM Forum Chile. (2016). *BIM en el mundo – BIM Forum Chile*. <https://bimforum.cl/bim-en-el-mundo/>
- BIMnd. (2024). *Los 8 grandes beneficios de BIM en la construcción – Portal CDT*. <https://www.cdt.cl/los-8-grandes-beneficios-de-bim-en-la-construccion/>
- Borkowski, A. S. (2023). A Literature Review of BIM Definitions: Narrow and Broad Views. *Technologies* 2023, Vol. 11, Page 176, 11(6), 176. <https://doi.org/10.3390/TECHNOLOGIES11060176>
- Bouzas M. (2017, abril 1). *¿Qué es un CDE? - buildingSMART Spain*. <https://www.buildingsmart.es/2017/04/01/qu%C3%A9-es-un-cde/>
- Brecht, P., Niever, M., Kerres, R., & Hahn, C. H. (2020). *CICLO DE EXPERIMENTACIÓN DE PLATAFORMAS INTELIGENTES (SPEC): UN PROCESO DE VALIDACIÓN PARA PLATAFORMAS DIGITALES*. [https://doi.org/10.4103/IJPSYM.IJPSYM\\_334\\_18](https://doi.org/10.4103/IJPSYM.IJPSYM_334_18)
- Brooke, J. (1985). *SUS: A quick and dirty usability scale*. <https://www.researchgate.net/publication/228593520>
- Brumana, R., Della Torre, S., Previtali, M., Barazzetti, L., Cantini, L., Oreni, D., & Banfi, F. (2018). Generative HBIM modelling to embody complexity (LOD, LOG, LOA, LOI): surveying, preservation, site intervention—the Basilica di Collemaggio (L'Aquila). *Applied Geomatics*, 10(4), 545–567. <https://doi.org/10.1007/S12518-018-0233-3/METRICS>
- BSI. (2019). *Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM): information management using building information modelling. Part 2, Delivery phase of the assets*. BSI Standards Limited.

- Celi-Párraga, R. J., Fabricio Boné-Andrade, M., Patricio, A., Juan, M.-O., & Sarmiento-Saavedra, C. (2023). *Ingeniería del Software I Requerimientos y Modelado del Software Autores*. <https://doi.org/https://doi.org/10.55813/egaea.l.2022.21>
- Diara, F. (2022). HBIM Open Source: A Review. En *ISPRS International Journal of Geo-Information* (Vol. 11, Número 9). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ijgi11090472>
- Diccionario BIM*. (2024). <https://bimdictionary.com/>
- ISO 25010*. (2011). <https://www.iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/iso-25010>
- Jamet A, & Tapia V. (2023). *VALIDACIÓN DE LA PLATAFORMA HBIM PARA EL PATRIMONIO CONSTRUIDO*.
- Lewis, J. R., & Sauro, J. (2009). LNCS 5619 - The Factor Structure of the System Usability Scale. En *LNCS* (Vol. 5619).
- Logothetis, S., Delinasiou, A., & Stylianidis, E. (2015). Building information modelling for cultural heritage: A review. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2(5W3), 177–183. <https://doi.org/10.5194/isprsannals-II-5-W3-177-2015>
- López, F. J., Lerones, P. M., Llamas, J., Gómez-García-Bermejo, J., & Zalama, E. (2018). A review of heritage building information modeling (H-BIM). En *Multimodal Technologies and Interaction* (Vol. 2, Número 2). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/mti2020021>
- Merchán, P., Salamanca, S., Merchán, M. J., Pérez, E., & Moreno, M. D. (2020). *Pasado, presente y futuro de los HBIM (Heritage/historic building information models)*. 1077–1084. <https://doi.org/10.17979/spudc.9788497497565.1077>
- Mex-Alvarez, D. C., Hernández-Cruz, L. M., Uc-Rios, C. E., & Cab-Chan, J. R. (2019). Análisis de usabilidad web a través de métricas estandarizadas y su aplicación práctica en la plataforma SAEFI. *Revista de Tecnologías Computacionales*, 15–24. <https://doi.org/10.35429/joct.2019.9.3.15.24>
- Ortiz R., Jamet A., Tapia V., Karmelic L., Taramasco C., Ortiz M., Varela M., & Sánchez G. (2023). *Anexo 1-Anexo 6 Implementación BIM en proyectos de patrimonio inmueble*.
- PLAN BIM. (2019). *Estandar BIM para proyectos públicos (1.)*.
- Pradel, J., Jose, M., & Martos, R. (2013). *Introducción a la ingeniería del software*. [https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/69245/5/Ingenier%C3%ADa%20del%20software\\_M%C3%B3dulo%201\\_%20Introducci%C3%B3n%20a%20la%20ingenier%C3%ADa%20de%20software.pdf](https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/69245/5/Ingenier%C3%ADa%20del%20software_M%C3%B3dulo%201_%20Introducci%C3%B3n%20a%20la%20ingenier%C3%ADa%20de%20software.pdf)

- Sommerville, I. (2011). *Ingenieria del Software 7ma. Ed. - Ian Sommerville. 9.*  
[http://artemisa.unicauca.edu.co/~cardila/IS\\_\\_Libro\\_Sommerville\\_9.pdf](http://artemisa.unicauca.edu.co/~cardila/IS__Libro_Sommerville_9.pdf)
- Volk, R., Stengel, J., & Schultmann, F. (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings - Literature review and future needs. En *Automation in Construction* (Vol. 38, pp. 109–127). <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.023>