



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

**Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos
Naturales no Renovables**

Carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones

**Análisis de la metodología Building Information Modeling (BIM)
para el diseño de sistemas Electrónicos y de Telecomunicaciones
en construcciones comerciales para la ciudad de Loja.**

Trabajo de Titulación, previo a la
obtención del Título de Ingeniera en
Electrónica y Telecomunicaciones

AUTORA:

Anabela Cecibel Cumbicus Quiroga

DIRECTOR:

Ing. Rodolfo Pabel Merino Vivanco, Mg. Sc.

Loja - Ecuador

2024

Certificación

Loja, 12 de marzo de 2024

Ing. Rodolfo Pabel Merino Vivanco. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Análisis de la metodología Building Information Modeling (BIM) para el diseño de sistemas Electrónicos y de Telecomunicaciones en construcciones comerciales para la ciudad de Loja**; previo a la obtención del título de Ingeniera en **Electrónica y Telecomunicaciones**, de la autoría del estudiante **Anabela Cecibel Cumbicus Quiroga**, con **cédula de identidad Nro.1900893874**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación para la respectiva sustentación y defensa.

Ing. Rodolfo Pabel Merino Vivanco, Mg. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Anabela Cecibel Cumbicus Quiroga**, declaro ser autora del presente trabajo de titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente, acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi trabajo de titulación en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:



Cedula de Identidad: 1900893874

Fecha: 12 de marzo de 2024

Correo Electrónico: anabela.cumbicus@unl.edu.ec

Celular: 0988765951

Carta de autorización por parte de la autora, para la consulta, reproducción parcial o total, y/o publicación electrónica del texto completo del trabajo de Titulación.

Yo, **Anabela Cecibel Cumbicus Quiroga**, declaro ser autora del Trabajo de Titulación denominado: **Análisis de la metodología Building Information Modeling (BIM) para el diseño de sistemas electrónicos y de telecomunicaciones en construcciones comerciales para la ciudad de Loja**, como requisito para optar al título de Ingeniera en Electrónica y Telecomunicaciones, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del trabajo de titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los doce días del mes de marzo del dos mil veinticuatro.

Firma: 

Autora: Anabela Cecibel Cumbicus Quiroga

Cedula: 1900893874

Dirección: Loja, (Barrio Belén)

Correo electrónico: anabela.cumbicus@unl.edu.ec

Teléfono: 0988765951

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Titulación: Ing. Rodolfo Pabel Merino Vivanco, Mg. Sc.

Dedicatoria

Quiero dedicar este trabajo especialmente a mi yo cuántico, como un reconocimiento a la perseverancia, constancia y sacrificio que me han llevado a este punto de mi vida. También deseo expresar mi gratitud a muchas personas: en primer lugar, a mis padres, quienes han sido una fuente constante de motivación y apoyo. Además, agradezco a mi director de trabajo de titulación y a todos mis familiares, amigos y personas que, de una forma u otra, han contribuido en diferentes áreas de mi vida, ayudándome a crecer no solo intelectualmente, sino también en otros aspectos que han moldeado mi desarrollo personal y profesional.

Anabela Cecibel Cumbicus Quiroga.

Agradecimiento

Agradezco a la fuerza creadora y a mis padres por ser inspiración para mi perseverancia y constancia en superar cada reto, a mis demás familiares que han estado ahí en todo momento en especial a mi tía Albita.

A mi director de trabajo de titulación, que gracias a sus consejos, motivación y correcciones hoy puedo culminar este trabajo.

A mis amigos que estuvieron en el desarrollo de este proyecto que me brindaron su entusiasmo, motivación y lecciones.

Anabela Cecibel Cumbicus Quiroga.

Índice de contenido.

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenido	vii
Índice de tablas.....	x
Índice de figuras.....	xi
Índice de Anexos.....	xiv
1 Título	1
2 Resumen	2
Abstract	3
3 Introducción	4
4 Marco teórico	5
4.1 Metodología BIM.....	5
4.1.1 Dimensiones BIM el alcance del programa	5
4.1.2 Plan de Ejecución BIM (PEB)	6
4.1.3 Usos BIM	7
4.1.4 Roles y capacidades BIM.....	8
4.1.5 Niveles y tipos de información (NDI y TDI)	9
4.1.6 Herramientas BIM.....	10
4.1.7 Ventajas BIM	11
4.1.8 Disciplina mecánica, electricidad y plomería (MEP) en BIM	12

4.2	Instalaciones presentes en edificios de tipo comercial	13
4.2.1	Instalaciones electrónicas y de telecomunicaciones	13
4.2.2	Errores comunes detectados en la industria de la construcción para edificios de tipo comercial	13
4.3	Metodología BIM vs las metodologías tradicionales	14
4.4	Estado actual de BIM en Ecuador	15
4.5	Reglamentación	15
4.5.1	Reglamentación internacional	15
4.5.2	Reglamentación nacional	17
5	Metodología	19
5.1	Metodologías existentes en el sector de la construcción enfocado al análisis, diseño y presupuesto enfocado a sistemas electrónicos y de telecomunicaciones.....	19
5.1.1	Metodología CAD	19
5.1.2	Metodología BIM.....	26
5.2	Incorporación de la metodología BIM para el caso de estudio enfocado a construcciones comerciales.	36
5.2.1	Información del proyecto	38
5.2.2	Objetivos de la utilización de BIM en el proyecto.....	41
5.2.3	Usos BIM	43
5.2.4	Entregables BIM y sus formatos	57
5.2.5	Documentos relacionados a los modelos BIM.....	62
5.2.6	Estados de avance de la información de los modelos (EIAM)	62
5.2.7	Estrategia de colaboración	63
5.2.8	Organización de los modelos BIM.....	65
5.3	Modelado	67
5.3.1	Flujo de trabajo de modelado MEP en Revit	67

5.3.2	Parámetros MEP para sistemas de electrónica y telecomunicaciones en BIM	68
5.3.3	Modelo arquitectónico	69
5.3.4	Modelo estructural	72
5.3.5	Modelo de Instalaciones electrónicas y de telecomunicaciones	73
5.3.6	Estrategia de integración de modelos BIM	74
5.3.7	Detección y Resolución de Incompatibilidad e Interferencias.....	80
5.3.8	Exportación y Configuración de modelo BIM con herramienta Cell BIM para el cálculo de cantidades y presupuesto.....	82
5.3.9	Presupuesto	84
5.4	Desarrollo de manual.....	85
6	Resultados.....	92
6.1	Consideraciones de la Revisión bibliográfica	92
6.1.1	Consideraciones principales:.....	92
6.1.2	Beneficios de adoptar BIM en lugar de CAD:	92
6.2	Resultados del diseño y modelado de sistemas de Electrónica y Telecomunicaciones	93
6.3	Resultados del manual básico de entrega de información (MEI) en BIM.....	95
7	Discusión.....	97
8	Conclusiones.....	98
9	Recomendaciones.....	100
10	Bibliografía.....	102
11	Anexos.....	104

Índice de tablas:

Tabla 1. <i>Estándares presentes dentro de la metodología BIM</i>	16
Tabla 2. <i>Descripción de métodos tradicionales para la elaboración de presupuestos</i>	25
Tabla 3. <i>Información necesaria dentro del Plan de ejecución BIM Definitivo</i>	29
Tabla 4. <i>Definición para los Tipos de Información</i>	59
Tabla 5. <i>Definiciones para los niveles de información</i>	60
Tabla 6. <i>Definición de colores por sistema</i>	71
Tabla 7. <i>Desarrollo de manual de información básico aplicando la metodología Building Information Modeling (BIM)</i>	86

Índice de figuras:

Figura 1. Dimensiones BIM.....	6
Figura 2. Usos BIM	8
Figura 3. Software Revit.....	10
Figura 4. Diseño de Modelados MEP en BIM.	12
Figura 5. La curva de MacLeamy	14
Figura 6. Análisis de proyecto constructivo empleando la metodología tradicional .	21
Figura 7. Diseño asistido por metodología CAD	22
Figura 8. Intercambio de información empleando la metodología tradicional	23
Figura 9. Estrategia de intercambio de información en metodología BIM. Elaboración propia.....	27
Figura 10. Procesos a seguir de acuerdo al Plan de Ejecución (PEB)	28
Figura 11. Tipos de modelos BIM	30
Figura 12. Documentos relacionados a los modelos BIM	31
Figura 13. Ejemplo de entregas con modelos en distintos Estados de Avance de la Información	32
Figura 14. Simultaneidad de distintos NDI de las entidades en un modelo BIM.....	33
Figura 15. Proceso de aplicación de metodología BIM para el caso de estudio (Edificio Calipso).....	37
Figura 16. Ubicación de objeto de estudio visto desde Google Earth.	38
Figura 17. Ubicación de objeto de estudio visto desde Google Maps.	38
Figura 18. SDI general del proyecto (caso de estudio edificio Calipso)	39
Figura 19. Empresas participantes	40
Figura 20. Establecimiento de objetivos BIM	41
Figura 21. Establecimientos de Usos BIM	42
Figura 22. Fases de planificación para el cumplimiento de los objetivos BIM y diversificación de Usos	43

Figura 23. <i>Levantamiento de condiciones existentes y sus recursos a utilizar</i>	44
Figura 24. <i>Capacidades requeridas para la generación de información</i>	45
Figura 25. <i>Análisis de ubicación y sus recursos a utilizar</i>	46
Figura 26. <i>Diseño de especialidades y sus recursos a utilizar</i>	47
Figura 27. <i>Coordinación 3D y los recursos necesarios a utilizar</i>	49
Figura 28. <i>Análisis del cumplimiento del programa espacial (zonificación)</i>	52
Figura 29. <i>Revisión del diseño y los recursos a utilizar</i>	54
Figura 30. <i>Estimación de cantidades y costos y sus recursos a utilizar</i>	56
Figura 31. <i>Modelos BIM solicitados y sus formatos (PEB Definitivo)</i>	58
Figura 32. <i>EAIM de los Modelos BIM para cada Entrega</i>	61
Figura 33. <i>Documentos solicitados y sus formatos (PEB Definitivo)</i>	62
Figura 34. <i>Entorno de datos compartidos</i>	63
Figura 35. <i>Estrategia de consolidación</i>	64
Figura 36. <i>Procedimiento de reuniones (PEB definitivo)</i>	64
Figura 37. <i>Estructuración de modelos a utilizar</i>	65
Figura 38. <i>Nombre de archivos de carpetas</i>	66
Figura 39. <i>Definición de colores por sistema</i>	66
Figura 40. <i>Esquema básico de funcionamiento de modelado en Revit</i>	67
Figura 41. <i>Procesos dentro de la creación e importación de un nuevo proyecto</i>	68
Figura 42. <i>Parámetros para sistemas de Electrónica y Telecomunicaciones (MEP- Electric)</i>	69
Figura 43. <i>Modelado arquitectónico de edificio Calipso con herramienta BIM Revit</i>	70
Figura 44. <i>Modelado estructural de edificio Calipso con herramienta BIM Revit</i> ...	73
Figura 45. <i>Modelado de sistemas de Electrónica y Telecomunicaciones del edificio Calipso con herramienta BIM Revit haciendo uso de plantilla MEP (Electric)</i>	74

Figura 46. <i>Estructura de modelo integrado Edificio Calipso</i>	75
Figura 47. <i>Modelo BIM integrado en herramienta de modelado Revit</i>	76
Figura 48. <i>Georreferenciación y coordenadas compartidas de los modelos BIM integrados (Subsuelo- planta alta 4)</i>	77
Figura 49. <i>Georreferenciación y coordenadas compartidas de los modelos BIM integrados (Planta alta 4-Planta alta ascensor)</i>	78
Figura 50. <i>Renderización de Modelado de Sistemas en Herramienta CellBIM</i>	79
Figura 51. <i>Ejemplo de detección de interferencias</i>	80
Figura 52. <i>Detección y Resolución de Incompatibilidad con herramienta "Coordination Review" de Revit</i>	81
Figura 53. <i>Integración de modelos BIM en CellBIM para el cálculo de presupuesto</i>	82
Figura 54. <i>Vista 3D de integración de modelos en CellBIM en el plano "Y"</i>	84
Figura 55. <i>Presupuestos establecidos para cada sistema mediante herramienta Cell BIM</i>	85
Figura 56. <i>Sistema Contraincendios Modelado en Revit en formato 3D</i>	94
Figura 57. <i>Resumen presupuestario de sistemas de electrónica y telecomunicaciones</i>	95

Índice de Anexos:

Anexo 1. Roles BIM	104
Anexo 2. Matriz de Roles y capacidades BIM.....	105
Anexo 3. Estados de Avance de la Información de los Modelos.....	108
Anexo 4. Tipos de Información por cada Uso BIM.....	109
Anexo 5. Niveles de Información	110
Anexo 6. Nombres de Archivos y Carpetas	111
Anexo 7. Códigos de documentos.....	112
Anexo 8. Códigos y colores por disciplina y/o sistema	113
Anexo 9. Entidades mínimas para cada tipo de modelo	114
Anexo 10. Matriz de entidades de Electrónica y Telecomunicaciones (especialidad MEP) detallada	115
Anexo 11. Planimetría 2D del edificio CALIPSO con herramienta AutoCAD.....	118
Anexo 12. Presupuesto de los sistemas Electrónicos y de Telecomunicaciones	122
Anexo 13. Certificación de traducción del Resumen.....	123

1 Título

Análisis de la Metodología Building Information Modeling (BIM) para el diseño de sistemas Electrónicos y de Telecomunicaciones en construcciones comerciales para la ciudad de Loja

2 Resumen

La presente memoria técnica se enfoca en la aplicación de la metodología BIM (Modelado de Información de Construcción) para el diseño y modelado de sistemas electrónicos y de telecomunicaciones. Comienza con una descripción del estado actual de BIM en Ecuador, comparándola con la metodología CAD (Diseño Asistido por Computadora) tradicional y resaltando la importancia de adoptar BIM en la industria de la construcción en el país, a pesar de la falta de un estándar BIM en Ecuador en la actualidad.

Se mencionan brevemente las ventajas de utilizar BIM y se presenta un estudio de caso para edificios comerciales donde se implementa esta metodología. Durante el desarrollo del estudio de caso, se enfatizan términos clave como SDI (Solicitud de Información), que son los requisitos del proyecto por parte del empleador o empresa, y PEB (Plan de Ejecución BIM), que es la respuesta al SDI, es decir, cómo se llevará a cabo el proyecto.

Además, se utilizan términos relacionados con el modelado como Niveles de Información (NDI), Tipos de Información (TDI), Estrategia de Integración, Roles y Capacidades BIM, todos esenciales para la correcta aplicación de la metodología BIM.

Finalmente, se logra una exitosa aplicación de la metodología de vanguardia mediante el modelado de los sistemas electrónicos y de telecomunicaciones utilizando herramientas BIM como AutoCAD, Revit y Cell BIM, lo que garantiza la calidad del diseño y permite el cálculo preciso de cantidades, contribuyendo así a una estimación precisa de los presupuestos de estos sistemas. Basándose en el caso de estudio, se propone un Manual de Entrega de Información (MEI) básico, que sirve como guía para la aplicación de la metodología BIM en futuros proyectos, considerando los estándares y normativas internacionales existentes como referencia para edificios comerciales.

Palabras Claves: BIM, SDI, Implementación, Sistemas, modelado, metodología.

Abstract

The present technical report focuses on the application of the Building Information Modeling (BIM) methodology for the design and modeling of electronic and telecommunication systems. It begins with a description of the current state of BIM in Ecuador, comparing it to the traditional Computer-Aided Design (CAD) methodology and emphasizing the importance of adopting BIM in the country's construction industry, despite the lack of a BIM standard in Ecuador at present.

The advantages of using BIM are briefly mentioned, and a case study for commercial buildings where this methodology is implemented is presented. During the development of the case study, key terms such as Request for Information (RFI), which are the project requirements from the employer or company, and BIM Execution Plan (BEP), which is the response to the RFI, i.e., how the project will be carried out, are emphasized.

Additionally, terms related to modeling such as Levels of Information (LOI), Types of Information (TOI), Integration Strategy, Roles, and BIM Capabilities are utilized, all of which are essential for the proper application of the BIM methodology.

Finally, a successful application of this cutting-edge methodology is achieved through the modeling of electronic and telecommunication systems using BIM tools such as AutoCAD, Revit, and Cell BIM, ensuring design quality and allowing for precise quantity estimation, thereby contributing to accurate budgeting for these systems. Based on the case study, a basic Information Delivery Manual (IDM) is proposed, serving as a guide for the application of the BIM methodology in future projects, considering existing international standards and regulations as references for commercial buildings.

Keywords: BIM, SDI, Implementation, Systems, Desing, Modeling, Methodology.

3 Introducción.

La construcción de edificios comerciales requiere una cuidadosa planificación y diseño de sistemas de electrónica y telecomunicaciones para garantizar su funcionamiento eficiente y seguro. En este contexto, surge la comparación entre las metodologías tradicionales de diseño, como el Diseño Asistido por Computadora (CAD), y la innovadora metodología de Modelado de Información de Construcción (BIM), específicamente en el ámbito de la ingeniería de instalaciones de electrónica y telecomunicaciones.

El uso de CAD presenta desafíos relacionados con la integración de sistemas complejos, la colaboración entre equipos de diseño y la gestión de cambios, mientras que BIM ofrece oportunidades como una mejor integración y colaboración, gestión dinámica de cambios, simulación y análisis avanzados, y una documentación detallada y dinámica para el mantenimiento futuro del edificio.

La elección entre CAD y BIM depende de diversos factores, incluida la complejidad del proyecto y la experiencia del equipo de diseño. Sin embargo, la tendencia en la industria apunta hacia una mayor adopción de BIM debido a sus capacidades avanzadas y su potencial para mejorar la eficiencia y la calidad del diseño en construcciones comerciales.

En países sudamericanos como Colombia, el auge de la metodología BIM es evidente, como lo demuestran estudios como el de Naranjo (2021) sobre la implementación de BIM en la gestión de proyectos de construcción y el de Baralado (2019) sobre su aplicación en el diseño de infraestructura eléctrica y de telecomunicaciones. A pesar de esto, en nuestro país, BIM aún está en fase de desarrollo y su estudio se ha centrado principalmente en modelos arquitectónicos y estructurales. Sin embargo, existe una notable ausencia de investigaciones a nivel nacional que aborden específicamente el diseño y modelado eficiente de sistemas de electrónica y telecomunicaciones. Por lo tanto, es crucial destacar la relevancia de investigaciones actuales que exploren la implementación de metodologías innovadoras como BIM en este campo, con el objetivo de optimizar la industria de la construcción y garantizar proyectos más eficientes y precisos.

La implementación de BIM marca un avance en el diseño y modelado de estos sistemas, en optimizar recursos y prevenir costos excesivos. Este estudio promueve su adopción y propone un Manual de Entrega de Información básico junto con herramientas como AutoCAD, Revit y Cell BIM para garantizar su implementación exitosa en proyectos futuros.

4 Marco teórico

4.1 Metodología BIM.

Es una metodología que permite unificar toda la información en un único modelo tridimensional inteligente. (Koala, 2020). BIM garantiza la integridad y la actualización de toda la información necesaria para llevar a cabo cualquier proyecto en todas sus etapas, desde el levantamiento de información como diseño hasta su mantenimiento a lo largo de su ciclo de vida, permitiendo a todos los agentes involucrados trabajar en el mismo proyecto e incluso de manera simultánea y remota con distintas empresas y profesionales.

4.1.1 Dimensiones BIM el alcance del programa

Todo proyecto bajo la metodología BIM atraviesa un proceso desde su concepción como idea hasta su entrega final o mantenimiento, softwares como Revit permiten agilizar la gestión de documentos de acuerdo al tipo de dimensión que requiera el mismo. En la figura 1 (García Fernández, 2019) menciona las diferentes dimensiones BIM como se detalla a continuación:

- 1D-IDEA: es la concepción de la idea de proyecto, con los correspondientes estudios de viabilidad, primeros croquis y estimaciones. Aquí se sentarán las bases del futuro proyecto a modelar, ejecutar y mantener.
- 2D-VECTOR: establecimiento de materiales, redimensionamientos y estimaciones de costes sobre el proyecto a definir.
- 3D-MODELLING: representación de la información del diseño arquitectónico y de cada una de las disciplinas que integran el proyecto.
- 4D-PLANNING: permite la visualización del proceso constructivo, mediante graficas o diagramas en cada uno de los trabajos que la integran para llevarla a cabo.
- 5D-COST CONTROL: nos permite controlar el coste total del ciclo de vida y almacenar información exacta durante su uso/mantenimiento.
- 6D-SUSTAINABILITY: Simula el comportamiento de los sistemas de ahorro energético y la gestión de recursos, entregando información fundamental para la toma de decisiones.
- 7D-FACILITY MANAGEMENT APPLICATIONS: Permite gestionar el ciclo de vida de un proyecto y sus servicios asociados.

Figura 1.

Dimensiones BIM



Nota. de Dimensiones BIM [Figura], por ATBIM, 2021 (<https://goo.gl/3de3Pv>). CC BY 2.0

4.1.2 Plan de Ejecución BIM (PEB)

El PEB permite llevar el correcto desarrollo de un proyecto bajo la metodología BIM, establece directrices, procesos y flujos de trabajo que incluye criterios por parte de los profesionales de las áreas involucradas, exigencias y necesidades.

Se puede definir como un documento indispensable en el tratamiento de información, recolección y distribución de datos para llevar a cabo un proyecto de manera exitosa en todas sus etapas. Integra estándares y normativas que hacen posible una correcta ejecución del proyecto “*Esto incluye cualquier enmienda o adición sugerida por los estándares de información del proyecto propuesto, así como los métodos de producción de información y procedimientos*”.(Pumasupa, 2022).

Hay roles con habilidades que se adaptarán según el uso y el objetivo específico de BIM a cumplir, cada uno de manera independiente, aunque es crucial que todos sean interoperables entre sí. Entre los beneficios de un buen BEP están:

- Reducir tiempos de entrega, con lo que también se facilita el cumplimiento de presupuestos (reducción de costes).
- Monitorizar las diferentes fases del ciclo de vida del proyecto.

- Facilita la transparencia tanto en los procesos como en las responsabilidades de todos los agentes implicados en el proyecto.
- Mejorar la accesibilidad a la información relevante. Diferentes recursos y documentos necesarios están al alcance de todos los agentes participantes.
- Alcanzar objetivos, pues estos se detallan de forma correcta y asumible.

Garantizar la calidad del proyecto implica optimizar los procesos. El control de calidad se fundamenta en directrices y criterios detallados en el BEP, cumpliendo con los requisitos del cliente. Esto asegura un diseño más coherente y listo para su aplicación en otras fases del proceso BIM, como 4D, 5D y 6D.

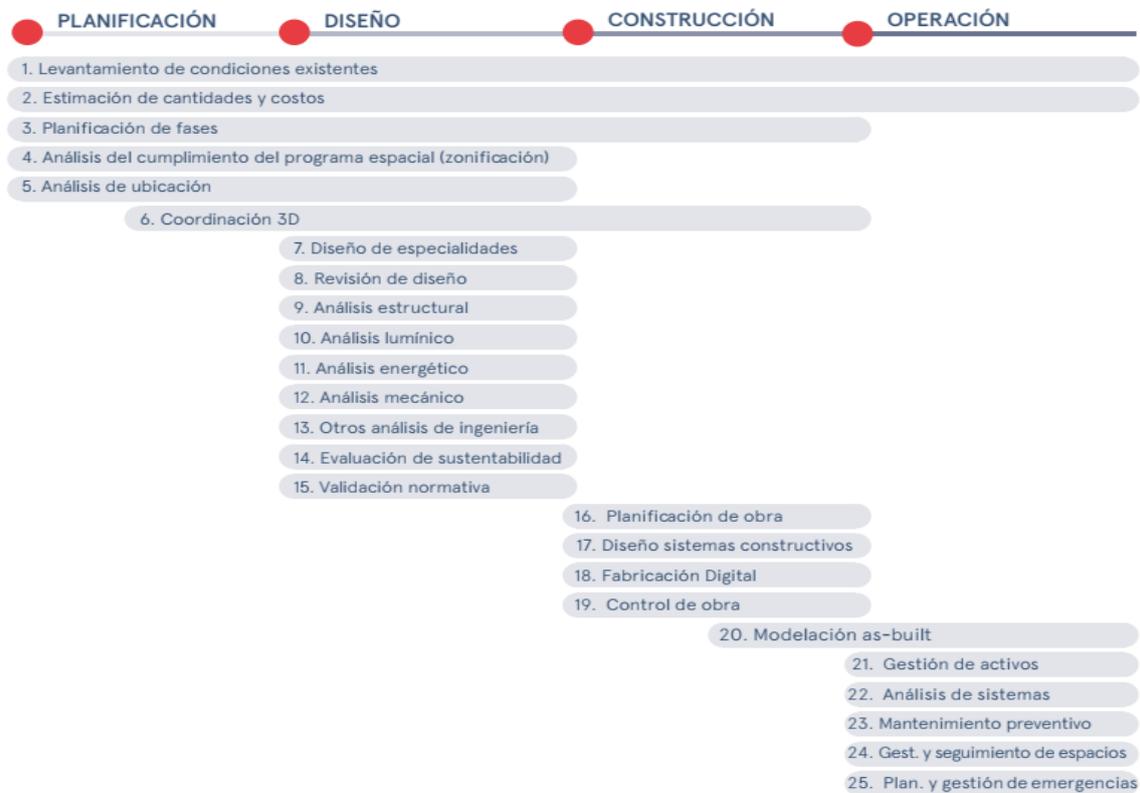
4.1.3 Usos BIM

Se trata de métodos que explican a las partes involucradas las diversas maneras en que BIM puede ser empleado a lo largo de todo el ciclo de vida de una edificación o infraestructura, con el objetivo de alcanzar metas específicas. Esto implica la utilización de modelos y la información generada por BIM para resolver y mitigar desafíos dentro de un proyecto. Estos usos de BIM se clasifican en distintas etapas generales del proyecto, como la planificación, el diseño, la construcción y la operación. Cada uso se implementa de acuerdo con los Requisitos de Información del Empleador mediante la Solicitud de Información (SDI) que establece los objetivos de inversión, con el fin de evitar la asignación innecesaria de recursos, ya que algunos usos pueden requerir más recursos que otros.

En el ámbito internacional, existen distintos documentos de definición de Usos BIM, por lo que se ha tomado como referencia al estándar para proyectos públicos denominado *Plan BIM*. (Plan BIM, 2021) considera definiciones incorporadas basadas en el documento *Building Information Modeling Project Execution Planning Guide*, de la Universidad del Penn State, en Estados Unidos, que determina veinticinco Usos BIM distribuidos en cuatro fases, planificación, diseño, construcción y operación, tal y como se muestra en la figura 2:

Figura 2.

Usos BIM



Nota: Estos se implementan de acuerdo al nivel de madurez de la gestión de la información BIM y los recursos con los que cuente la entidad o empresa pública, es decir, se podrán ir incorporando nuevos usos en el desarrollo de las inversiones. Tomado de (Plan BIM, 2021)

4.1.4 Roles y capacidades BIM

Son las funciones y responsabilidades BIM que describe la experiencia o conocimiento previos que deben tener la persona involucrada en el proceso de Gestión de la Información BIM.

Es posible que una persona asuma varios roles o que un mismo rol sea compartido por varias personas, dependiendo de la complejidad y el tipo de inversión, sin olvidar la importancia de capacitar y desarrollar el conocimiento de BIM a nivel organizacional. A continuación, se mencionan los distintos roles presentes:

- **Dirección en BIM:** Liderar y fomentar la implementación de BIM en una organización, de acuerdo a las necesidades, estrategias y toma de decisiones

relativas a proyectos e inversiones, según la etapa del ciclo de vida del proyecto

- **Revisión en BIM:** Visualizar y verificar la información (geometría y datos) de los modelos desarrollados en BIM, según la etapa del ciclo de vida del proyecto (idea, diseño, construcción y operación).
- **Modelación en BIM:** Desarrollar modelos BIM de proyectos según la especialidad, utilizando diferentes tipos de representación y extracción de la documentación técnica de ellos.
- **Coordinación en BIM:** Desarrollar el proceso de integración y flujo de información entre los diferentes actores según la etapa de un proyecto
- **Gestión en BIM:** Liderar la planificación, desarrollo y administración de los RRHH y tecnológicos para la implementación y actualización de la metodología BIM en una organización

Los roles BIM deben ser utilizados a lo largo de todo el ciclo de vida de un proyecto, cada rol asume una responsabilidad específica sobre la lista de 42 capacidades que posee el presente estándar *Plan BIM para proyectos Públicos*, estándar que detalla una matriz de roles BIM (Consultar Anexos A y B).

4.1.5 Niveles y tipos de información (NDI y TDI)

Estos conceptos se emplean para clarificar los conjuntos de datos que deben estar presentes en las entidades de los modelos, así como el nivel de detalle de dicha información.

“Deben contener los datos esenciales para cumplir con los objetivos y requisitos de información de la inversión. La producción de información no relevante significa un esfuerzo desperdiciado por parte del equipo del proyecto y, en su defecto, la producción de poca información podría ser escasa para la toma de decisiones o para cumplir los objetivos establecidos. En ese sentido, el Nivel de Información Necesaria es un concepto amplio que representa el marco de cómo se definirá el alcance de cada entrega de información.” (Mendoza & Aguilar, n.d.)

Los TDI son datos se organizan según la utilidad que se les pueda dar a lo largo del ciclo de vida del proyecto, mientras que los NDI son los grados de profundidad que contiene información geométrica y no geométrica que puede cambiar y/o variar conforme la madurez del proyecto. A nivel internacional los NDI son conocidos con el término *Level of Details* (LOD) que viene siendo lo mismo.

Es importante recalcar que, no son los modelos los que se definen según los TDI y NDI, sino que los modelos albergan diferentes TDI y NDI.

4.1.6 Herramientas BIM

Son programas de software que permiten la creación, gestión y manipulación de modelos 3D inteligentes de edificios y estructuras. Estos programas están diseñados para mejorar la eficiencia y precisión en el diseño, construcción y operación de edificaciones. Algunas de las herramientas BIM más utilizadas son:

- **Autodesk Revit**

Es uno de los Softwares que se pueden aplicar dentro de la metodología BIM, se trata de un programa de dibujo asistido que contiene toda la información del proyecto, es decir, la parametrización basada en objetos tridimensionales inteligentes, pues permite que cualquier modificación se actualice en todas las vistas del diseño automáticamente. Dentro de Revit se integran Revit Architecture, Revit Structure y Revit MEP (instalaciones), que permiten profundizar dependiendo cada campo.

Figura 3.

Software Revit



Nota: Adaptado de Revit: software BIM para diseñadores, constructores y emprendedores.

Por Autodesk, 2021 ([//goo.gl/U9cXuu](https://goo.gl/U9cXuu))

- **AutoCAD Architecture**

Está diseñado específicamente para arquitectos y profesionales de la construcción, permitiendo crear y editar dibujos técnicos, modelos 2D y 3D, y planos de construcción de manera precisa y eficiente.

Incluye una serie de funciones y herramientas específicas para la industria de la construcción, como la capacidad de generar automáticamente elementos arquitectónicos como paredes, puertas y ventanas, y la capacidad de crear y gestionar bloques y objetos inteligentes con atributos específicos. También cuenta con herramientas avanzadas de anotación y documentación, como etiquetas y tablas, para facilitar la comunicación y la documentación de proyectos.

- **CellBIM**

Es una herramienta que trae los modelos BIM en todo su esplendor 3D, puede usarse para cualquier tipo de análisis numérico, cálculos, etc., con los datos de un proyecto, y puede formatearse según sea necesario. Además, se pueden crear múltiples hojas con diferentes conjuntos de datos BIM para el mismo conjunto de modelos, lo que permite realizar y documentar una gama completa de diferentes tipos de análisis para el proyecto en un solo archivo asociado con Excel y softwares como: Archicad, Revit, Autocad y otros, siempre y cuando manejen formatos IFC, RVT, DGN, DWG y más.

4.1.7 Ventajas BIM

Muchas son las ventajas y las mejores que se tiene el aplicar la metodología BIM como tal, que incluye un diseño 3D, así como la información técnica en un único modelo. Una ventaja que resalta (Koala, 2020) es la anticipación de posibles dificultades e imprevistos que facilita la temprana toma de decisiones sin que afecte a su proceso de construcción, además menciona las siguientes:

- Mejora la visualización y comprensión del proyecto.
- Optimiza el diseño.
- Mejora las fases del proyecto y su programación.
- Aumenta la funcionalidad, la productividad, la eficiencia y la calidad del proyecto.
- Permite un control del proyecto desde los inicios.
- Aumenta el entendimiento entre los colaboradores del proyecto.
- Mejora en el control de costes.
- Mejora en la toma de decisiones.
- Mejora la construcción y reduce los problemas durante la misma.
- Mejora la capacidad de respuesta inmediata a los cambios.

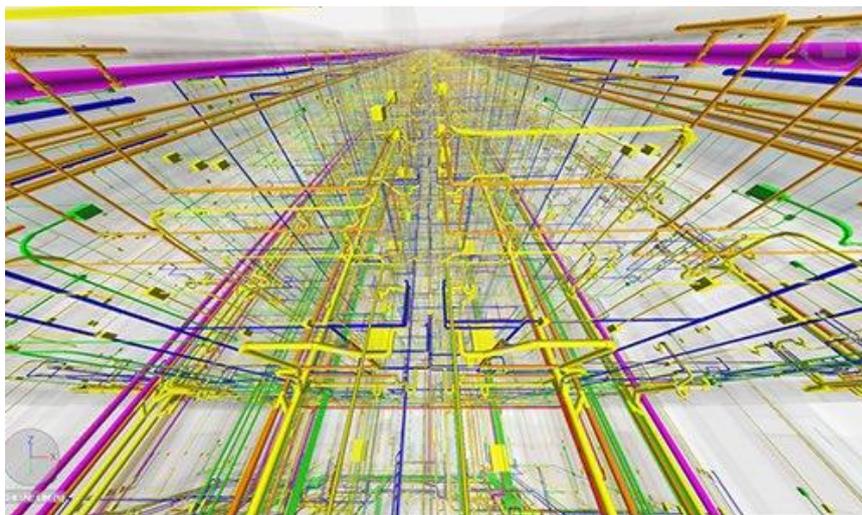
- Mejora la precisión en los presupuestos.
- Reduce del coste final de la obra.
- Reduce los residuos en obra.

4.1.8 Disciplina mecánica, electricidad y plomería (MEP) en BIM

MEP, según (Pérez, 2021) se trata del proceso de creación y ejecución de modelos para estas disciplinas utilizando plantillas específicas en herramientas BIM, como Autodesk Revit, como se ejemplifica en la figura 4. Este enfoque ofrece una representación visual en 3D del diseño, lo que influye directamente en la toma de decisiones de diseño y documentación en entornos tridimensionales. La capacidad de visualizar sistemas complejos permite identificar interferencias con otros sistemas de construcción, lo que ayuda a prevenir problemas durante cada etapa de ejecución del proyecto.

Figura 4.

Diseño de Modelados MEP en BIM.



Nota: Diseño de planos para sistemas de instalaciones aplicando el modelado MEP en BIM.

Tomado de *Soluciones BIM para todos*. [Figura], por Pérez, 2021

(<https://www.bimpsas.com/modelado-mep-en-bim>)

La figura, recolecta información visual donde se puede deducir que el modelado BIM de Revit MEP produce un diseño de alta calidad que simplifica la construcción, operación y mantenimiento de modelados precisos y detallados según el plan de ejecución BIM.

4.2 Instalaciones presentes en edificios de tipo comercial

BIM maneja el concepto de “Smart Buildings” por ser aplicable para todas las tipologías de edificios, tanto para su rehabilitación como para la nueva construcción, en instalaciones y sistemas, permite una gestión y control integrada y automatizada en cuanto se refiere a eficiencia energética, seguridad, usabilidad y accesibilidad. (Endesa, 2022).

4.2.1 Instalaciones electrónicas y de telecomunicaciones

Se definen como aquellos sistemas de control mediante los cuales se puede obtener mayor eficiencia, uso y manteniendo de las instalaciones electrónicas en edificios, volviéndolos más competitivos, seguros y modernos un trabajo en conjunto con la parte de las telecomunicaciones que son las que permiten la interacción entre los diferentes dispositivos en los que destacan, móviles, tablets, Pcs, y TVs. A continuación, se mencionan los principales.

- Sistema de audio y video.
- Sistema de seguridad y control de acceso.
- Sistema de comunicaciones (voz y datos).
- Sistema de protección contra incendios.

4.2.2 Errores comunes detectados en la industria de la construcción para edificios de tipo comercial

1. **Pre-Diseño:** La planificación inadecuada ralentiza el tiempo para tomas de decisiones básicas, estrategias, conocimiento de inicios de la obra y sus oficios, así como la anticipación, optimización y seguimiento.
2. **Diseño:** el diseño no adecuado evita la claridad del enfoque del proyecto, la toma decisiones, el incremento de errores y sobrecostos.
3. **Construcción:** el tener metas difusas produce pérdidas de tiempo, dinero y calidad de ejecución de la obra, por ende, una mala fidelización del cliente.
4. **Puesta en marcha:** uno de los errores más comunes en esta etapa es que muchas veces en la etapa de diseño no se tiene previsto el análisis en diferentes escenarios y diferentes vistas, lo que produce incremento de tiempo y sobrecostos de obra.
5. **Operaciones y mantenimiento:** el no tener un diseño claro y la disponibilidad del mismo, hace que su mantenimiento sea ineficiente. Un problema muy común es la escasa información que se requiere para llevar un registro de mantenimiento de las áreas que evite errores y deterioros.

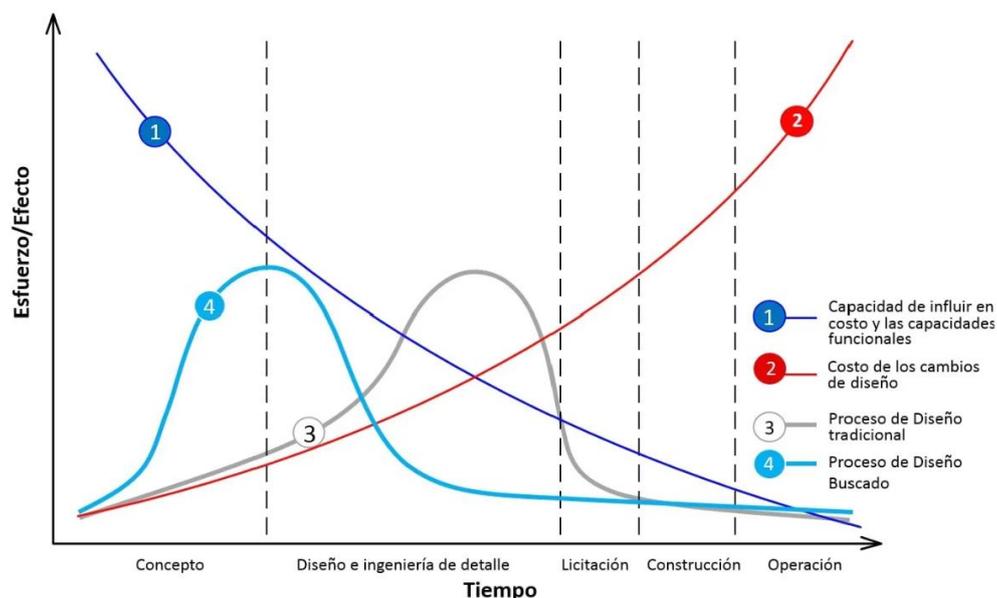
4.3 Metodología BIM vs las metodologías tradicionales

Actualmente existen dos enfoques metodológicos en el desarrollo de proyectos: el tradicional y el basado en BIM. Mientras que en el método tradicional los departamentos trabajan de manera independiente, en BIM, todos colaboran simultáneamente desde el inicio del proyecto, promoviendo la interdisciplinariedad. Según Rodríguez (2019), esta metodología permite una cooperación más efectiva desde el principio. La figura 5, a través de la curva de MacLeamy, ejemplifica las ventajas de BIM en la construcción.

- Impacto en costo y capacidades funcionales: Durante el proceso de diseño y construcción, se concentra el mayor esfuerzo, ya que es donde se recopila la mayor información.
- Costo de cambios de diseño: Los cambios durante la construcción pueden incrementar los costos, lo cual puede evitarse con una planificación adecuada.
- Proceso tradicional: En un proceso tradicional, el esfuerzo necesario se extiende desde la etapa conceptual hasta la etapa de construcción.
- Proceso BIM: La metodología BIM distribuye el esfuerzo inicial, reduciendo eficientemente los costos a lo largo de las fases del proyecto hasta su conclusión.

Figura 5.

La curva de MacLeamy



Nota: Muestra Cómo reducir el coste y el tiempo de ejecución de obras con BIM. Tomado de Retain, 2022 (<https://retaintechnologies.com/wpcontent/2022/10/Curva MacLeamy.jpg>).

La curva MacLeamy establecida por Patric MacLeamy, CEO de HOH (Hellmuth-Obata-Kassebaum), muestra todas las decisiones tomadas desde el inicio hasta el fin de un proyecto aplicando las dos metodologías.

4.4 Estado actual de BIM en Ecuador

Actualmente el uso de herramientas computacionales relacionadas con BIM para el desarrollo de proyectos en el país por parte de sectores privados, públicos y académicos es muy común, sin embargo, su uso se realiza de forma limitada debido a que no se posee toda la información adecuada para llevar a cabo los procesos innovadores de su adopción.

A pesar de que algunos países de América Latina han conformado la *Red BIM de Gobiernos Latinoamericanos*, Ecuador está dentro de la excepción, muy probablemente su explicación se deba a la carencia de los gobiernos en impulsar la innovación en proyectos constructivos.

En su artículo "BIM en Ecuador" publicado en 2022, (Santa Cruz, 2022) destaca que, al cierre del año 2021, durante una conferencia de la Asociación Ecuatoriana de Corrosión (AEC), se reveló un preocupante escenario con un retraso del 92% y un sobrecosto del 130% en 640 obras aún pendientes de liquidar en todo el país. Los factores principales identificados incluyen la proliferación de estudios incompletos, cálculos inadecuados de plazos y presupuestos, y la falta de comunicación entre los equipos de diseño y construcción de los diferentes sistemas de la edificación. En este contexto, se destaca la necesidad urgente de reformar la educación en el sector de la construcción, incorporando nuevas herramientas de innovación, siendo la adopción de BIM en Ecuador considerada como una solución clave para abordar estos desafíos.

4.5 Reglamentación

4.5.1 Reglamentación internacional

Entre los estándares más relevantes destaca el Estándar BIM para proyectos públicos, basado en la normativa desarrollada por The American Institute of Architects (AIA) y BIM Forum USA, conocida como Plan BIM. Este estándar tiene como objetivo fundamental reducir los costos y plazos asociados a los procesos de construcción de proyectos públicos, así como mejorar la eficiencia operativa de cualquier edificación e infraestructura. Para alcanzar estos objetivos, Plan BIM ha establecido como una de sus metas principales la implementación de la metodología BIM en el desarrollo, operación y mantenimiento de proyectos.

“Este estándar ha sido elaborado para garantizar que la información compartida en el marco de los proyectos públicos de edificación e infraestructura sea suficiente, consistente, de buena calidad e interoperable. Se busca, a través de esto, en conjunto con diversas acciones del sector privado y público, lograr un aumento de la productividad y sustentabilidad de la industria de la construcción.” (Plan BIM, 2021)

Por otra parte, a grandes rasgos podemos citar otros estándares de manera referencial como los más importantes que se describen a continuación:

Tabla 1.

Estándares presentes dentro de la metodología BIM

Estándar	Objetivo
ISO 12006-2	Es la norma donde se describe como debe estructurarse la información en el sector de la construcción. Como es habitual en las normas ISO, se definen esquemas a un nivel muy conceptual y con un campo de acción que pretende ser muy amplio.
ISO 81346	Esta norma ISO describe como debe ser la clasificación y codificación de sistemas industriales, instalaciones en general y equipamientos. En su parte 12 (ISO 81346-12:2018) se centra en el ámbito de la construcción y describe una serie de actividades y servicios relacionados con las instalaciones de un edificio o infraestructura. Igualmente propone un sistema de codificación para objetos y sistemas.
ISO 19650 (Parte 1 y 2)	Esta norma ISO define los conceptos y principios fundamentales de la gestión de la información descrita como BIM. Este documento, en su parte 1, proporciona recomendaciones para definir un marco de gestión de la información que incluye el intercambio, el registro, control de versiones y la organización de todos los agentes.

Nota: Cada estándar ISO reflejan diferentes requisitos y necesidades. Elaboración propia.

Cada sistema tiene sus particularidades y condiciones específicas para adaptar la norma ISO a su cultura constructiva. Aunque son muy similares, podemos afirmar que, salvo algunos

matices específicos, estos sistemas no contemplan demasiados ítems para los proyectos de infraestructuras, ya que están mayormente centrados en los proyectos de edificación.

4.5.2 Reglamentación nacional

Actualmente no existe una normativa que brinde las condiciones técnicas de manera específica en cuanto a la adopción de la metodología BIM. Sin embargo, existe un organismo como es la Asociación Ecuatoriana de Corrosión (AEC) la misma que dentro de su misión menciona difundir la tecnología existente y promover la investigación para mitigar problemas en la industria de la construcción. En los últimos años se ha visto por parte de este organismo tener iniciativas en cuanto a su adopción a pesar de las limitaciones existentes lo que conlleva a perspectivas impulsoras que promuevan su aplicación dentro del país.

Por otra parte, el Gobierno Nacional, a través del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), como ente rector en materia ha establecido diversas Normas Ecuatorianas de la Construcción, (NEC, Norma Ecuatoriana de La Construcción-Infraestructura Común En Telecomunicaciones, 2018) que establece el cumplimiento a nivel nacional en lo que respecta a procesos de diseño y construcción, donde menciona los siguientes apartados.

- **NEC-HS-CI: Contra Incendios:** contempla los requisitos mínimos para el diseño, instalación, operación y mantenimiento del sistema contra incendios de todas las edificaciones para la seguridad de la vida humana contra el fuego y está orientada a mejorar la calidad de las edificaciones, sobre todo a proteger la vida de la población.
- **NEC-HS-EE: Eficiencia Energética:** Tiene como finalidad establecer los criterios y requisitos mínimos a ser considerados en el diseño y construcción de las nuevas edificaciones y remodelaciones de uso residencial a nivel nacional, con el fin de optimizar el consumo energético, asegurando el confort térmico de los usuarios en función del clima de la localidad. El conjunto de directrices y lineamientos planteados dentro este eje garantiza la calidad y seguridad en las edificaciones en beneficio de los usuarios.
- **NEC-HS-ER: Energías Renovables:** establece los requisitos mínimos para el diseño de sistemas solares térmicos, para producir agua caliente sanitaria (ACS), en aplicaciones con temperaturas menores a 100 °C, buscando que un porcentaje del consumo energético para las edificaciones, en el Ecuador, proceda de fuentes de

energía renovable como consecuencia de las características de, construcción, uso y mantenimiento de su proyecto, en beneficio de los usuarios

- **NEC-SB-IE: Instalaciones Eléctricas:** tiene como finalidad establecer las especificaciones técnicas y requisitos mínimos que deben cumplirse en el diseño y ejecución de instalaciones eléctricas interiores para uso residencial, con la elaboración de este documento, se pretende prevenir, minimizar o eliminar los riesgos de origen eléctrico, al ofrecer condiciones de seguridad para las personas y sus propiedades.
- **NEC-SB-TE: Infraestructura Civil Común de Telecomunicaciones:** tiene como finalidad establecer los principios primordiales para el diseño, ejecución, control y mantenimiento en lo referente a Infraestructura Civil Común de Telecomunicaciones, con el fin de distribuir correctamente las redes de telecomunicaciones desde la acometida domiciliar hasta el interior de las edificaciones. El conjunto de directrices y lineamientos planteados dentro este eje garantiza la calidad y seguridad.

5 Metodología

Para la realización del presente proyecto se adoptó la metodología de investigación cuantitativa como la más apropiada para abordar el tema en cuestión. El análisis se inició con una descripción detallada de las metodologías tradicionales CAD y la innovadora BIM, enfatizando las diversas ventajas y desventajas que presentan. Se destacó especialmente la relevancia de adoptar BIM en los procesos constructivos modernos.

A continuación, se implementó la metodología BIM en un estudio de caso enfocado en edificios comerciales, donde se diseñaron y modelaron sistemas electrónicos y de telecomunicaciones, la figura 14 explica mediante un diagrama de flujo su desarrollo. Durante este proceso, se utilizaron herramientas como Revit y CellBIM para el modelado, lo que permitió obtener un modelo 3D. Este modelo no solo previene errores y soluciona interferencias, sino que también facilita la cuantificación de cantidades y costos del proyecto.

Finalmente, se desarrolló un manual de entrega de información (MEI) básico que servirá como guía para proyectos futuros. Este manual se basó en el caso de estudio, convirtiéndose en una herramienta esencial para aquellos que deseen implementar BIM en sus propios proyectos.

5.1 Metodologías existentes en el sector de la construcción enfocado al análisis, diseño y presupuesto enfocado a sistemas electrónicos y de telecomunicaciones.

Entre las metodologías que se conoce actualmente dentro del sector de la construcción están las llamadas metodologías tradicionales (CAD & CAM) y la metodología de vanguardia BIM, misma que, a diferencia de las tradicionales existe muy poco conocimiento e información debido a que aún no ha sido adoptada como metodología en la industria constructiva.

5.1.1 Metodología CAD

La metodología CAD (Computer-Aided Design) o diseño asistido por computadora es un proceso que utiliza un software especializado para crear, modificar y optimizar diseños 2D en diferentes campos, como la ingeniería, la arquitectura y el diseño industrial. A continuación, se menciona los pasos generales para llevar a cabo la metodología CAD:

De manera general esta metodología CAD se maneja de forma tradicional como se menciona a continuación:

1. *Diseño y construcción por contrato:* Esta metodología implica que un propietario del edificio contrata a un arquitecto y/o ingeniero para diseñar el edificio, y luego se contrata a un contratista general para construir el edificio de acuerdo con los planos y especificaciones del diseño. El propietario del edificio es responsable de la coordinación y administración del proyecto.
2. *Diseño y construcción a pedido:* En este enfoque, el propietario del edificio contrata a un contratista general para realizar tanto el diseño como la construcción del edificio, y es quien se responsabiliza de la coordinación y administración del proyecto.
3. *Diseño-licitación-construcción:* En este proceso, el propietario del edificio contrata a un arquitecto y/o ingeniero para diseñar el edificio, y luego se lleva a cabo una licitación para que los contratistas presenten sus ofertas para construir el edificio de acuerdo con los planos y especificaciones del diseño. El propietario del edificio es responsable de la coordinación y administración del proyecto.

La metodología tradicional de construcción opera de manera lineal, lo que significa que se deben completar los modelos arquitectónicos, estructurales e hidráulicos antes de avanzar con otros modelos de ingeniería. Este enfoque varía según la compañía o el sector.

Desde el inicio del proyecto, la metodología tradicional se enfoca en satisfacer al cliente con un estudio arquitectónico, que luego se convierte en una arquitectura técnica, sirviendo como base para el modelo estructural. Los cambios y ajustes en el diseño arquitectónico pueden resultar en una versión actualizada del modelo arquitectónico con las modificaciones necesarias.

Este proceso cíclico puede aumentar el tiempo y el presupuesto del proyecto y se repite para otros modelos y planos, como los sistemas mecánicos, eléctricos y sanitarios. Cada plano es elaborado y aprobado por un experto en la materia. En caso de desacuerdo entre la arquitectura y las ingenierías, se revisan los diseños y se coordina una solución práctica, buscando cambios mínimos.

Una vez que se completan los diseños finales en arquitectura, estructura y sistemas, se evalúan los costos mediante un análisis presupuestario referencial basado en los planos establecidos para el proyecto. En algunos casos, los diseños son complejos y cualquier cambio requeriría rehacer la documentación y la aprobación del cliente.

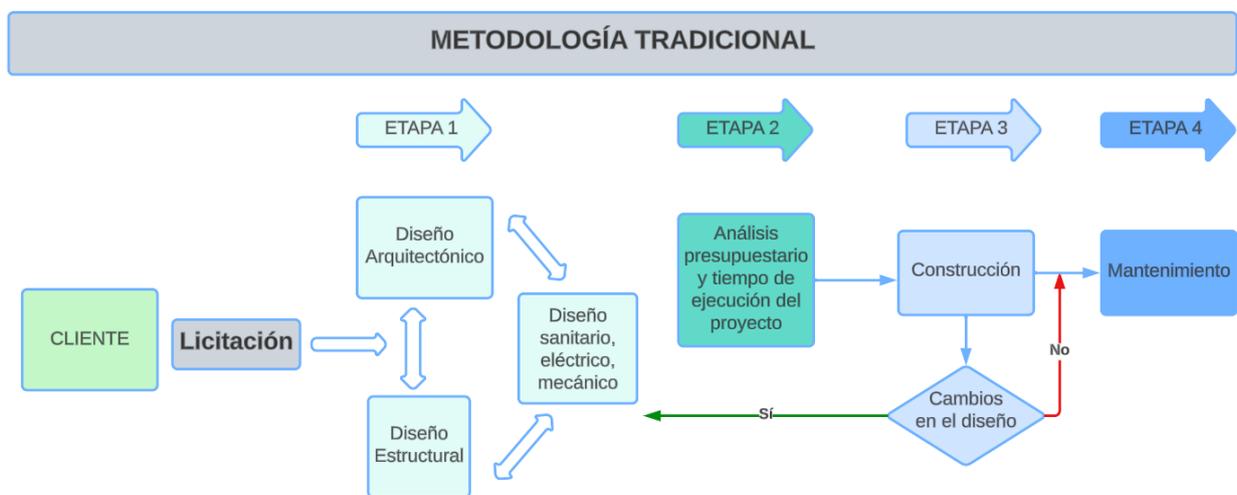
Las etapas finales de construcción y mantenimiento son responsabilidad de los agentes involucrados en los diseños, ya que tienen el conocimiento de todas las modificaciones

anteriores y pueden resolver problemas que surgen durante la construcción, lo que puede resultar en un mantenimiento inadecuado de la inversión.

En el modelo tradicional, las fases de diseño, licitación y construcción tienden a ser secuenciales, lo que puede causar falta de comunicación y colaboración entre los participantes. El siguiente diagrama en la figura 6 muestra el proceso poco eficiente que se lleva a cabo.

Figura 6.

Análisis de proyecto constructivo empleando la metodología tradicional



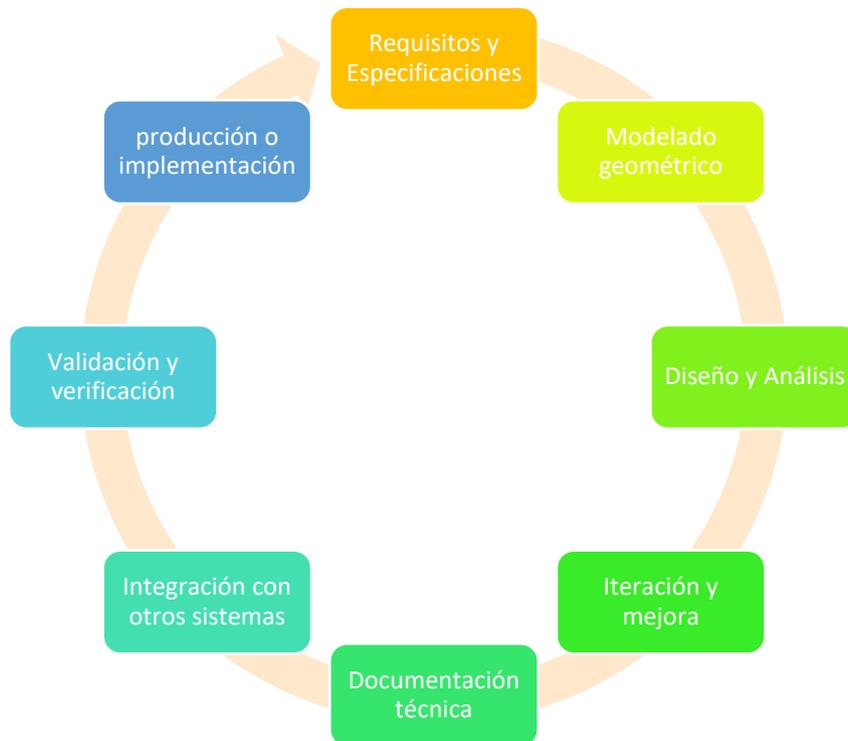
Nota: El siguiente diagrama de flujo interpreta como ha venido trabajando la metodología tradicional (CAD) a lo largo del tiempo en proyectos de construcción. Elaboración propia.

5.1.1.1 Diseño

Es fundamental considerar que la metodología CAD puede presentar variaciones según el tipo de proyecto y el software utilizado. Sin embargo, en términos generales, ciertos pasos son esenciales para lograr un proceso de diseño asistido por computadora efectivo y eficiente. La figura 7 ilustra las diversas fases que implica el diseño de un proyecto mediante esta metodología.

Figura 7.

Diseño asistido por metodología CAD



Nota: Es importante tener en cuenta que la metodología CAD puede variar y volverse cíclica en cualquiera de sus fases. Tomado de (M, 2022) modificado por Autora.

Las interferencias, así como los errores espaciales y/o cronológicos se van detectando conforme avanza la obra, en algunos casos estos requieren ser resueltos de forma inmediata y por ende su “resolución” muchas de las veces no es la adecuada o la más óptima, ocasionando pérdida de calidad e incremento de costos en el proyecto.

Por último, la etapa de implementación que involucra el mantenimiento y operación en su mayoría no llega a ser el esperado y en algunos casos no se toma en cuenta o es considerado poco importante, razón principal por la que la mayoría de los proyectos que manejan la metodología CAD disminuyen su vida útil y su eficiencia.

Cada una de estas metodologías tiene sus ventajas y desventajas, y la elección de la metodología más adecuada dependerá de los objetivos y requisitos específicos del proyecto.

5.1.1.2 Intercambio de información

En el manejo, diseño y desarrollo de un proyecto desde su concepción, es crucial el intercambio de información entre los agentes involucrados en el ámbito técnico. Esta

comunicación se lleva a cabo principalmente mediante correo, vía telefónica, teleconferencias y otros medios convencionales, lo que a menudo dificulta un manejo eficiente de la documentación técnica e ingenieril.

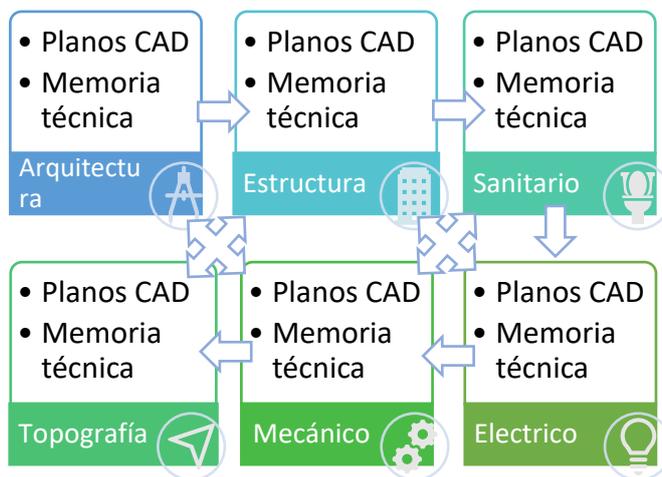
Por ejemplo, si un diseñador necesita información adicional a la proporcionada previamente, como detalles técnicos a los que no tiene acceso directo, debe solicitar nuevamente la información necesaria. Este proceso puede causar demoras en la entrega de los diseños y pérdida de tiempo.

Cada especialidad involucrada en el diseño y la fase del proyecto utiliza una memoria técnica y planos de construcción, los cuales suelen presentarse en formatos como DWG (CAD), procesadores de texto, hojas electrónicas de cálculo o PDF. Sin embargo, estos documentos suelen carecer de precisión en cuanto a las especificaciones técnicas, materiales, detalles constructivos, planillas y normativas empleadas en la creación de cada plano.

La figura 8 muestra un esquema que ilustra el intercambio de información lineal utilizado en la metodología tradicional. Este intercambio puede variar y dependerá de la forma de trabajo específica de cada especialidad o área técnica.

Figura 8.

Intercambio de información empleando la metodología tradicional



Nota: El uso de la metodología tradicional para el intercambio de información resulta poco eficiente retrasando los procesos. Elaboración propia.

5.1.1.3 Elaboración de planos de construcción

Los planos de construcción manejados por la metodología tradicional son una representación detallada en 2D usualmente en formato CAD, muestra el diseño del edificio, los materiales o equipos que se utilizarán y componentes como: ventanas, puertas, etc.

Tradicionalmente, los diseños suelen ser realizados bajo la supervisión de un ingeniero, quien identifica detalles importantes que puedan afectar los futuros planos estructurales, hidráulicos, eléctricos, etc. Sin embargo, los planos 2D de este tipo no ofrecen la capacidad de evitar malentendidos o confusiones en su etapa de diseño, sino más bien son detectados en su etapa constructiva. Los modelos 2D carecen de una renderización que permite visualizar espacios y lugares no vistos desde un plano CAD. A continuación, se exponen algunas deficiencias asociadas con su uso.

- Las capacidades 2D son limitadas.
- Los cambios en los planes requieren mucho tiempo para implementarlos.
- Tareas de dibujo repetitivas, utilizando los mismos comandos de edición básicos como recortar, extender, etc.
- No existe una forma sencilla de crear automáticamente un modelo 3D, basado en dibujos en 2D.

5.1.1.4 Cantidades de obra

Los planos finales de construcción sirven como referencia para calcular las cantidades de los elementos y equipos necesarios en el proyecto. Además de esto, se emplea comúnmente una hoja de cálculo electrónica y otros programas de diseño como SketchUp, Blender, entre otros, que ofrecen una representación tridimensional con detalles limitados para obtener información sobre áreas, volúmenes y distancias de elementos como correas, losas y muros.

En el enfoque tradicional, es esencial que la metodología pueda extraer de manera ordenada la información de los planos de construcción, permitiendo su revisión, control y modificación según sea necesario. En caso de falta de detalle en el plano, se deben registrar las suposiciones utilizadas. El procedimiento de referencia es el siguiente:

1. Identificación de la unidad de medida del rubro.
2. Diagramación del rubro.
3. Realizar una lista de materiales.

4. Cuantificar los materiales.
5. Convertir unidades.

5.1.1.5 Presupuesto referencial

A partir de las cantidades de obra previamente calculadas, se procede a determinar los costos unitarios de cada rubro. Normalmente, estos análisis se llevan a cabo en una hoja de cálculo, como Excel, o en algún programa externo. Es esencial que estos costos estén alineados con los rubros unitarios; de lo contrario, se debe realizar la conversión necesaria.

Cada rubro implica diferentes costos para materiales, maquinaria, equipo y, en ocasiones, mano de obra, ya que la elaboración depende del juicio y la experiencia en costos del ingeniero. A continuación, se presenta una tabla con los métodos utilizados en la metodología tradicional para la elaboración de presupuestos.

Tabla 2.

Descripción de métodos tradicionales para la elaboración de presupuestos

MÉTODOS TRADICIONALES PARA ELABORACIÓN DE PRESUPUESTOS	
Presupuesto comparativo	<ul style="list-style-type: none"> • Usado cuando se tiene poca información en la etapa inicial del proyecto. • Se basa en proyectos anteriores semejantes, usa información histórica. • Su precisión en base a la realidad es entre -25% a +40%.
Presupuesto del metro cuadrado	<ul style="list-style-type: none"> • Se usa cuando el proyecto es preliminar o intermedio. • Se basa en datos históricos. • Necesita información del total del área a ser construida. • Usa diferentes índices: de ubicación, población, temperatura etcétera. • Su precisión en base al precio real es entre -15% a +25%.
Presupuesto paramétrico	<ul style="list-style-type: none"> • Usado cuando los diseños se encuentran entre un 10% y 35%. • La presupuestación se la hace en actividades: arquitectura, estructura, eléctrica, mecánica, etcétera. • Tiene una precisión -10% a 15% del presupuesto real.
Presupuesto de cubijaje	<ul style="list-style-type: none"> • Para este tipo de presupuesto, se divide en actividades cada vez más pequeñas en lo posible. • Se computa los precios unitarios y se multiplica por la cantidad

cubicada.

- El avance de planos de construcción debe estar en un 75%.
- Su precisión esta entre -7.5% a +10% del valor real del presupuesto

Nota: La presenta tabla muestra un presupuesto referencial dentro de un proyecto aplicando la metodología tradicional CAD. Fuente: Elaboración propia.

5.1.2 Metodología BIM

BIM es una metodología que permite la creación, gestión y visualización de información digital en un modelo tridimensional inteligente de una edificación o infraestructura durante todo su ciclo de vida. (Plan BIM, 2021)

En virtud del apartado 4.5 (Reglamentación), la metodología BIM incorpora diversos estándares y normativas. En este análisis, se considerará *el Estándar BIM para Proyectos Públicos*, elaborado por PlanBIM de CORFO. Este documento se basa en la investigación de normativas, estándares y protocolos BIM a nivel internacional, así como en la recopilación de datos sobre proyectos públicos en Sudamérica. (Plan BIM, 2021).

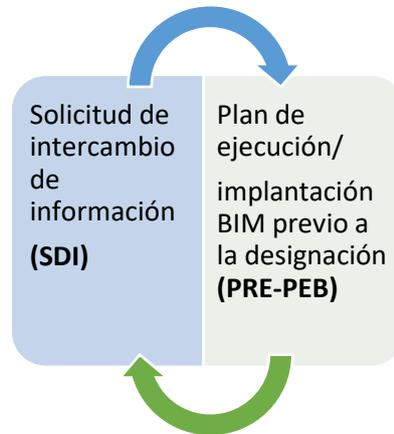
Aunque el estándar está diseñado para proyectos públicos, se sugiere su utilización como guía de referencia para proyectos privados, siempre y cuando se adapte a las particularidades y metas del proyecto, ideal para proyectos de edificaciones comerciales.

5.1.2.1 Estrategia BIM

Esta metodología BIM comienza con una estrategia que se basa en el Plan de Ejecución (PEB). Este documento establece las pautas y el enfoque de trabajo de acuerdo con los Requerimientos de Información del Empleador o la Solicitud de Información (SDI). El SDI especifica los objetivos del proyecto y el alcance en sus modelos BIM, que se deben seguir durante todo el desarrollo. En esencia, el PEB representa el flujo de trabajo o plan de ejecución diseñado para cumplir con la solicitud de información (SDI) establecida por el empleador o la empresa. Como se ilustra en la figura 9, tanto el SDI como el PEB mantienen una relación constante en todas las etapas del proyecto en cuestión.

Figura 9.

Estrategia de intercambio de información en metodología BIM. Elaboración propia



5.1.2.2 Solicitud de información BIM (SDI BIM)

El SDI es un documento clave dentro de un proyecto BIM, y es proporcionado por el empleador/solicitante o cliente al comienzo del proyecto. Este documento establece los requisitos específicos de información que el cliente desea obtener del modelo BIM durante el ciclo de vida del edificio o infraestructura en cuestión. El SDI se utiliza para definir claramente los objetivos y expectativas del cliente en términos de información BIM basado en los siguientes aspectos mínimos que lo integran.

- *Objetivos del proyecto:* El objetivo general y los específicos que el cliente y/o solicitante busca alcanzar mediante el uso del BIM en el proyecto.
- *Usos, Tipos de información y Niveles de información:* Define el nivel de detalle al que se espera que se modele cada elemento del edificio o infraestructura en diferentes etapas, así como la información no gráfica del proyecto.
- *Formato y entregables:* Especifica el formato en el que se deben entregar los modelos BIM y otros documentos relacionados. Puede incluir formatos de archivo, estándares de nomenclatura y convenciones gráficas.
- *Estrategia de colaboración, Responsabilidades y roles:* Establece las pautas para la colaboración y el intercambio de datos entre los diferentes actores del proyecto, como diseñadores, ingenieros, contratistas y operadores. Define las responsabilidades de los diferentes miembros del equipo BIM y sus roles en el desarrollo y entrega de la información requerida.

- *Organización de los modelos:* Especifica cómo se deben gestionar y documentar los datos relacionados con el proyecto BIM, incluyendo la configuración de la información, versiones y revisiones.

La SDI actúa como una guía que orienta el desarrollo del modelo BIM y asegura que los entregables sean coherentes con las expectativas del cliente. También ayuda a establecer una base sólida para la colaboración y comunicación entre todos los miembros del equipo BIM y asegura que el proyecto avance de manera eficiente y en línea con los requisitos del cliente.

5.1.2.3 Plan de ejecución BIM (PEB)

Es la respuesta a la Solicitud de información (SDI), donde su objetivo es facilitar la gestión de 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. En términos simples, el PEB busca establecer un orden lógico de ejecución en un proyecto, como el siguiente:

Figura 10.

Procesos a seguir de acuerdo al Plan de Ejecución (PEB)



Nota: La correcta cronología de los aspectos incorporados en el Plan de Ejecución BIM (PEB) es indispensable. Elaboración propia.

Según el (Plan BIM, 2021) en un proyecto que se inicia con una licitación debe existir dos PEB, un PEB de Oferta para la etapa de licitación, que debe ser presentado por todos los Proveedores Oferentes, y un PEB Definitivo que realizará el Proveedor que se adjudique la licitación (Proveedor Adjudicado Definido). Para el presente documento se optó por realizar el segundo PEB en el cual se podrá actualizar y otorgar mayor detalle de la información presentada que en el PEB de Oferta.

Tabla 3.

Información necesaria dentro del Plan de ejecución BIM Definitivo

Plan de Ejecución BIM Definitivo
Información básica del proyecto
Objetivos de la utilización de BIM en el proyecto
Usos BIM en conjunto con la infraestructura tecnológica y competencias del equipo para desarrollarlos
Empresas y personas participantes del proyecto con sus Roles BIM
Entregables específicos y sus formatos en concordancia con el programa del proyecto
Estrategia y plataformas de colaboración
Estándares y convenciones a utilizar respecto de nomenclatura, clasificación, unidades de medidas, coordenadas, estructuración de los modelos (niveles definidos, volúmenes, etc.) y otros

Nota: El PEB definitivo debe ser complementado a medida que avanza el proyecto para reflejar el desarrollo y posibles modificaciones de este. Fuente. Elaboración propia.

5.1.2.4 Componentes del SDI y del Plan de Ejecución BIM

- **Objetivos de la utilización BIM**

La clave de la implementación de BIM es la correcta definición de objetivos tanto el general como los específicos, estos proporcionan un enfoque a tareas medibles que a responder a los problemas concretos alineadas al objetivo general.

El objetivo general de la utilización de BIM es prevenir errores o modificaciones críticas que implique el aumento de recursos ya aprobados; por otra parte, los objetivos específicos apuntan a la obtención de cantidades y costos, la facilidad de colaboración y comunicación que contribuya al cumplimiento de los requerimientos de la inversión y prevenga conflictos críticos en las especialidades involucradas.

- **Entregables BIM**

Serán todos aquellos documentos necesarios en la obtención de los modelos, el uso de productos resultantes de herramientas y flujos de trabajo BIM.

- *Entregables BIM en la SDI BIM:* incluye plan de ejecución BIM, modelos BIM y documentos relacionados a los modelos, de ser el caso y se necesite especificar y delimitar la información dentro de la solicitud estarán: Usos BIM, EAIM, Tipos y Niveles de información.

- *Entregables BIM en el PEB:* los proveedores deben señalar los entregables BIM, indicando, para cada uno, sus responsables y formatos, entre otra información.
- **Modelos BIM**
 - *Tipos de modelos:* existen diferentes tipos de modelos BIM, que pueden ser generados por distintos actores. La siguiente figura tomada del estándar guía para el análisis de la implementación de BIM el presente documento se muestran nueve tipos de modelos BIM.

Figura 11.

Tipos de modelos BIM

Modelo BIM	Edificación	Infraestructura
Sitio		
Volumétrico		
Arquitectura o Diseño de Infraestructura		
Estructura		
Mecánico Eléctrico Sanitario (MEP por sus siglas en inglés)		
Coordinación (**)		
Construcción (***)		
As-Built		
Operación		

Nota: El modelo de coordinación debe ser realizado a través de la consolidación de, al menos, los modelos de arquitectura o diseño de infraestructura, estructura y MEP. El modelo de

construcción podrá considerar la utilización de otros de los nueve tipos de modelos. Tomado de (Plan BIM, 2021)

- *Entidades de modelos BIM*: se define como un elemento virtual que representa un objeto físico o abstracto de construcción, que puede ser o no paramétrico, tanto 2D como 3D.
- *Modelos BIM en la SDI BIM*: para garantizar la interoperabilidad de modelos y especialidades, la SDI BIM debe indicar claramente cuáles de los nueve modelos serán necesarios para llevar a cabo el proyecto, así como el formato a utilizar.

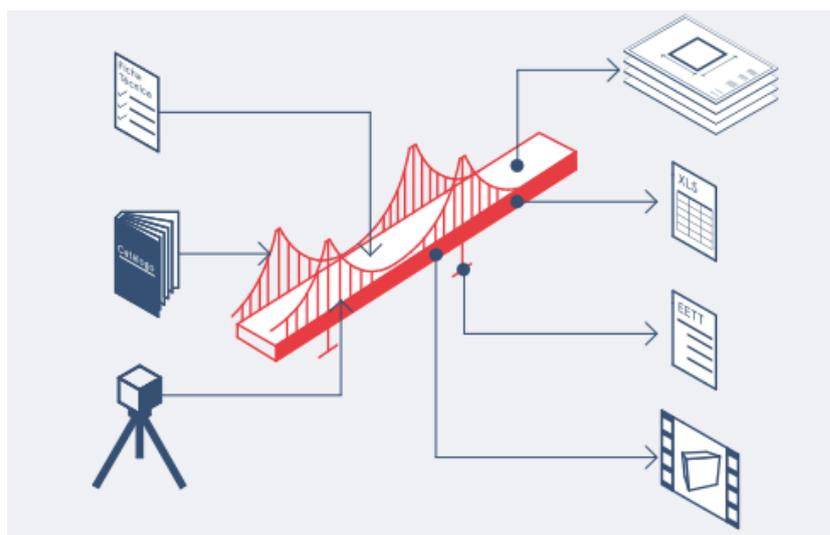
- **Documentos relacionados a los modelos BIM**

Según el estándar para Proyectos Públicos, se entiende a archivos que pueden ser extraídos directamente desde los modelos BIM en distintos formatos como: planos, planillas, especificaciones técnicas, imágenes, videos, etc., representados gráficamente en la figura 12 en la parte izquierda, así también a documentos de apoyo al desarrollo del proyecto y los modelos como, por ejemplo: fichas técnicas, catálogos, nubes de punto, etc.

En el PEB de Oferta y Definitivo, los Proveedores deben especificar los documentos, formato y versión a entregar.

Figura 12.

Documentos relacionados a los modelos BIM



Nota: Se debe definir claramente los documentos requeridos. Tomado de (Plan BIM, 2021)

- **Estados de avance de la información de los modelos (EAIM)**

Estas fases representan el proceso progresivo de definición de datos en los modelos BIM, vinculado al avance temporal del proyecto. El estándar identifica nueve Etapas de Avance de la Información del Modelo (EAIM): una en la etapa de Planificación, tres en Diseño, tres en Construcción y dos en Operación. Esta clasificación precisa establece los Niveles de Información (NDI) necesarios en los entregables de cada fase del proyecto (Revisar Anexo 3).

- *EAIM en la SDI BIM:* estos dependen del grado de desarrollo del proyecto. Es importante aclarar que una entrega puede incorporar modelos en distintos Estados de avance. El siguiente grafico explica de manera detallada los avances mediante un ejemplo.

Figura 13.

Ejemplo de entregas con modelos en distintos Estados de Avance de la Información



Nota: En las entregas, se pueden combinar modelos en diferentes Estados de Avance. Por ejemplo, en una primera entrega, la SDI BIM podría requerir solo el modelo de arquitectura en Estado de Diseño de Anteproyecto. En sucesivas entregas, se ajustan los estados según el avance, permitiendo integrar diferentes disciplinas en distintas etapas del proceso de diseño.

Tomado de (Plan BIM, 2021)

- **Usos BIM**

Como se señala en la sección 4.1.3 sobre Usos BIM, se establece un estándar para proyectos públicos que comprende 25 Usos BIM definidos por Plan BIM. Para asegurar una implementación efectiva, la SDI debe especificar con claridad los Usos BIM necesarios de los 25 disponibles, asegurándose de que estén alineados con los objetivos establecidos por el solicitante.

(Plan BIM, 2021), establece que “*existe una relación directa entre la cantidad de usos solicitados y la cantidad de recursos necesarios para generar los modelos, esto debido a que existen Usos que demandan de más recursos que otros*”.

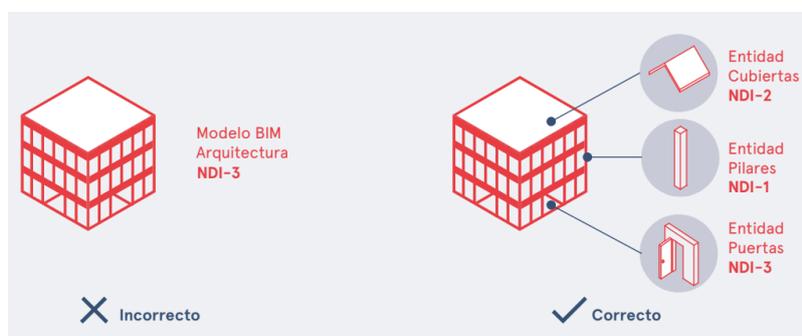
- **Tipos y Niveles de información**

Detallan los grupos de datos que debe estar contenidos en las entidades de los modelos y el grado de profundidad de esa información. En la figura 14 se explica visualmente.

- Tipos de información (TDI): son quince grupos de datos que pueden estar contenidos 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 (Revisar Anexo 4).
- Niveles de información (NDI): representan el detalle de la información geométrica y no geométrica según el Estado de Avance de la Información. Están vinculados a los TDI que indican el progreso del proyecto (Revisar Anexo 5).

Figura 14.

Simultaneidad de distintos NDI de las entidades en un modelo BIM



Nota: Los tipos de información van a ser requeridos de acuerdo a los niveles de información dependiendo de los objetivos del proyecto. Tomado de (Plan BIM, 2021)

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.

- **Estrategia de colaboración**

El éxito del proyecto requiere métodos y plataformas para la gestión e intercambio de información. El Entorno de Datos Compartidos (CDE) facilita la colaboración y la trazabilidad en todas las etapas del ciclo de vida de los activos. Su implementación puede variar según la madurez del solicitante y/o proveedor adjudicado, a continuación, se mencionan:

- Entorno de datos compartidos (CDE)
- Consolidación de modelos BIM
- Procedimientos de reuniones
- Estrategias de colaboración en la SDI BIM
- Estrategias de colaboración en el PEB

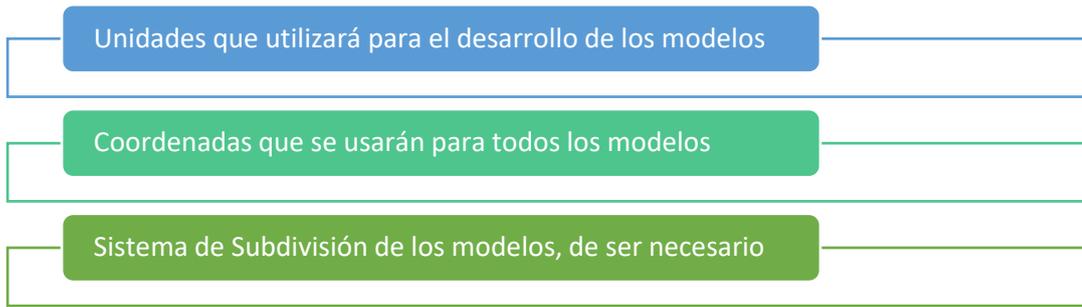
Cualquiera que sea la estrategia debe permitir que los actores del proyecto accedan a la información para realizar sus diferentes funciones de acuerdo al nivel madurez.

- **Organización de los modelos BIM**

De acuerdo al estándar establecido por (Plan BIM, 2021), establece que *“Para lograr el correcto flujo de información en el desarrollo del proyecto es necesario compartir información estructurada, sin ambigüedades, siendo los modelos BIM una parte muy importante de esa información. Contar con modelos que cumplen requisitos mínimos de estandarización permite asegurar la disponibilidad de información de manera más eficiente y eliminar pérdidas de tiempo en el proceso”*. Dicho estándar detalla requisitos que se enfocan en:

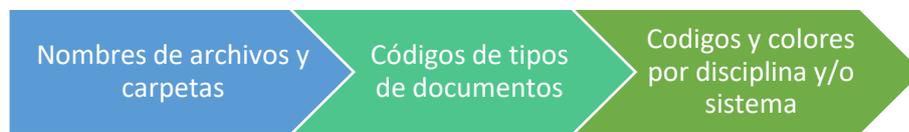
- *Estructuración de los modelos BIM*

Deberá existir un acuerdo entre el solicitante y el proveedor adjudicado acerca de:



- *Nomenclatura y codificación*

Es clave la utilización de nomenclaturas conocidas y compartidas por todos para elementos tales como modelos, entidades y documentos relacionados.



Es indispensable una adecuada nomenclatura y codificación entre los modelos BIM establecidos (Revisar Anexo 6, 7 y 8).

- *Sistema de clasificación:* A nivel internacional, existen diversos sistemas de clasificación para la industria de la construcción, por ejemplo: Unifomat, OmniClass (Norteamérica), Uniclass (Reino Unido), Building 90 (Finlandia) y Sfb y BSAB (Suecia). Todos estos están basados en la norma ISO 12006-2:2015, que fija el marco para la organización de información sobre trabajos de construcción.

BIM optimiza la creación de proyectos al evitar errores de diseño mediante la visualización en 3D y facilitar modificaciones cruciales. La utilización de metadatos gestiona componentes desde la concepción hasta la operación y mantenimiento.

En resumen, BIM permite trabajar de manera colaborativa, eficiente y completa para lograr proyectos de mejor calidad, reducir costos y acelerar los tiempos de ejecución en comparación con metodologías tradicionales. Sus ventajas incluyen colaboración mejorada, modelado 3D inteligente, gestión del ciclo de vida, análisis avanzados, mayor precisión y eficiencia, documentación integrada, y cumplimiento normativo, haciendo de BIM una metodología de vanguardia.

5.2 Incorporación de la metodología BIM para el caso de estudio enfocado a construcciones comerciales.

Este apartado busca establecer las bases, directrices y reglas internas del proyecto para mantener una coordinación eficiente entre todas las partes. De acuerdo a la a la sección 5.1.2.1 *Estrategia BIM*, esta metodología parte de la SDI BIM, basándose en un documento denominado PEB que especifique como se llevaran a cabo los aspectos de modelado y gestión de información. Para el presente caso de estudio se necesitará un PEB definitivo que deberá:

- Identificar las empresas que participarán en el proyecto.
- Identificar los objetivos y usos de BIM definidos por el solicitante (autora) en el SDI y declarar que empresas o roles se harán cargo de cada uso (de ser el caso).
- Indicar los modelos BIM que se generaran, la empresa que se hará responsable de cada modelo, la especialidad a la que corresponde y los formatos nativos.
- Definir las entregas del proyecto, su fecha, el EAIM al que corresponden y los entregables requeridos en ellas (de ser el caso).
- Declarar la estrategia de colaboración general que desarrollará el Proveedor/autor y el procedimiento de gestión de la información (de ser el caso).
- Definir el proceso de ejecución del modelado de información y sus responsables.
- Definir los procedimientos de intercambio de información que se desarrollaran entre el solicitante y proveedor.
- Establecer la infraestructura tecnológica y las competencias para el desarrollo.
- Establecer la organización de los modelos incluyendo unidades de medida, sistema de coordenadas, nomenclatura, codificación, colores de disciplinas y sistema de clasificación acordado.

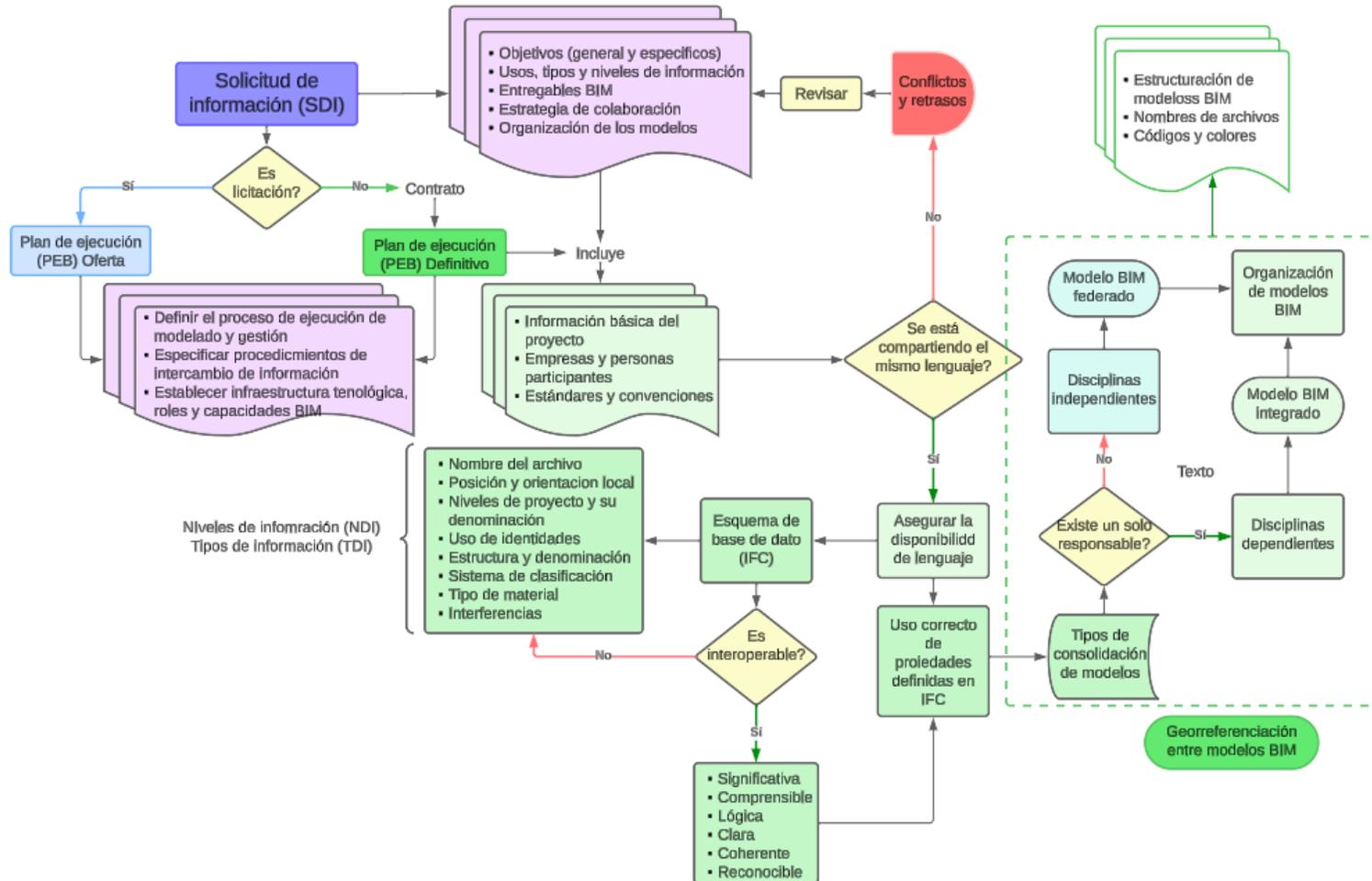
Se enfoca en el manejo exclusivo de información que incluya cuatro hitos que mantendrán una correlación y coordinación a medida que avance el proyecto según el SDI.

- Diseño conceptual (DC)
- Diseño de anteproyecto básico (DA)
- Diseño básico (DB)
- Diseño de detalle (DD)

Para una comprensión más completa de la aplicación de la metodología BIM en el caso de estudio, la Figura 14 exhibe el desarrollo de un diagrama de flujo que ilustra los procesos implicados y las condiciones a cumplir en función a la solicitud de información.

Figura 15.

Proceso de aplicación de metodología BIM para el caso de estudio (Edificio Calipso)



Nota: Para el presente caso se optó por realizar el PEB definitivo en el cual se incluye la documentación necesaria para cumplir con el SDI.

5.2.1 Información del proyecto

5.2.1.1 Información general

El proyecto consiste en el diseño de un edificio de uso comercial y de vivienda llamado CALIPSO, ubicado en la urbanización de la ciudad de Loja, en la intersección de las calles 18 de noviembre con Miguel Riofrío y Mercadillo, como objeto de estudio.

Figura 16.

Ubicación de objeto de estudio visto desde Google Earth.



Nota: Ubicación del Edificio Calipso como caso de estudio en la ciudad de Loja. Adaptado de Google Earth.

Figura 17.

Ubicación de objeto de estudio visto desde Google Maps.



Nota: Ubicación del Edificio Calipso como caso de estudio en la ciudad de Loja. Tomado de Google Maps.

La figura 6 tomada y modificada del Estándar BIM para proyectos públicos establecido por (Plan BIM, 2021) como guía en toda su aplicación detalla la información general la información requerida según la Solicitud de Información BIM (SDI). Define el tipo de revisión para el caso de estudio en función del Estado de Avance de la Información (EAIM). En este caso, se aborda exclusivamente la información de diseño, desde las especificaciones y requisitos hasta la documentación detallada de los elementos de electrónica y telecomunicaciones del proyecto (edificio Calipso).

Figura 18.

SDI general del proyecto (caso de estudio edificio Calipso)

Información del Proyecto					
Solicitante: N/A					
Nombre del proyecto: Edificio Calipso					
Ubicación del proyecto: Loja, calles 18 de noviembre entre Miguel Riofrío y Mercadillo					
Tipo de contrato: N/A					
Descripción del proyecto: Edificio de tipo comercial					
Número de contrato: 000001					
Número del proyecto: 01					
<p>N° de documento: 01 Fecha: 10/08/2023 Revisión: N/A Estado: DA</p>					
Hoja de control del documento					
Revisión	Estatus	Página	Enmienda	Fecha	Por
Diseño conceptual (DC)	Trabajo en progreso	1	Requisitos legales, estándares locales y nacionales	N/A	Autor
Diseño de Anteproyecto básico (DA)	Trabajo en progreso	1	Adopción de nuevas herramientas BIM	N/A	Autor
Diseño básico (DB)	Trabajo en progreso	1	Modificaciones en criterios y especificaciones generales de los sistemas	N/A	Autor
Diseño de detalle (DD)	Trabajo en progreso	1	Ajustes en la elaboración de documentación específica de elementos y/o especialidades	N/A	Autor

Nota: En el PEB definitivo el Proveedor Adjudicado (Autora) será el encargado de demostrar su estrategia, las capacidades y competencias como su cadena de suministro para cumplir con

los requisitos del SDI BIM en el proyecto. Adaptado del estándar (Plan BIM, 2021).
Modificado por la autora.

5.2.1.2 Empresas participantes

Las empresas participantes en BIM abarcan diversos sectores de la industria de la construcción y la ingeniería, incluyendo arquitectura, ingeniería, construcción, desarrollo inmobiliario, fabricación, consultoría y tecnología como se muestra en la figura 19. Utilizan BIM para el diseño, análisis, planificación y ejecución de proyectos, así como para la gestión de la información. Estas empresas incluyen firmas de arquitectura, constructoras, desarrolladores inmobiliarios, fabricantes de productos de construcción, consultoras especializadas en BIM y proveedores de tecnología BIM.

Figura 19.

Empresas participantes

Formulario 01 PEB Definitivo. Empresas participantes			
Empresa	Especialidad	Codigo	Nombre Responsable
ANC	Proyecto de Arquitectura	ARQ	Autor
ANC	Proyecto de Estructuras o Cálculo	EST	Autor
ANC	Audio y video	AUD	Autor
ANC	Comunicaciones	COM	Autor
ANC	Seguridad	SEG	Autor
ANC	Control contra incendio	CCI	Autor

Nota: Esta figura muestra la manera de llenar un formulario donde están presentes distintas empresas, sin embargo, para el caso de estudio se ha tomado como referencia a una única empresa que en este caso recae la responsabilidad en la autora del presente documento, ANC.

Adaptado del estándar (Plan BIM, 2021). Modificado por la autora.

5.2.2 *Objetivos de la utilización de BIM en el proyecto*

En esta sección se detallarán los objetivos generales y específicos relacionados con BIM, así como se especificará el alcance que abarcará cada uno de estos objetivos. La información se encuentra detallada en la siguiente figura tomada y modificada del estan.

Figura 20.

Establecimiento de objetivos BIM

Formulario 02 PEB Definitivo. Objetivo general de la utilización de BIM en el proyecto	
Objetivo General	
El objetivo de la utilización de BIM es desarrollar el diseño MEP de las especialidades de electrónica y comunicaciones a partir de un modelo arquitectónico y estructural existente, que cumpla con un programa espacial adecuado y estimaciones de presupuesto.	
Formulario 03 PEB Definitivo. Objetivos específicos de la Utilización del bim en el proyecto	
Objetivos Específicos	Usos BIM relacionados
Establecer los mejores criterios de diseño a partir de una estructura ya existente.	Levantamiento de condiciones existentes
Realizar una revisión del diseño, simplificada, trazable y organizada mediante la integración de modelos.	Análisis de ubicación
Establecer mejores criterios de diseño en base a normativas	Diseño de especialidades
Prevenir conflictos críticos como interferencias entre las distintas especialidades del proyecto en cuanto a diseño	Coordinación 3D
Evaluar el cumplimiento de manera eficiente y exacta con las áreas incluidas en los requerimientos del proyecto, tomando en cuenta las regulaciones y normas establecidas.	Análisis del cumplimiento del programa espacial (zonificación)
Prevenir errores y modificaciones críticas en cuanto al cronograma y presupuesto.	Revisión del diseño
Prevenir sobrecostos y cotratios del proyecto a través de la anticipación de colisiones, incompatibilidades y/o interferencias entre los modelos de información.	Estimación de cantidades y costos

Nota: El color gris significa que es un objetivo relevante sin embargo este ya está llevado a cabo debido a que ya existe la edificación y el presente caso de estudio se centra en hacer un rediseño de sistemas. Adaptado del estándar (Plan BIM, 2021). Modificado por la autora.

De acuerdo al PEB definitivo es necesario especificar el Rol y capacidades BIM (Revisar Anexos A y B), así como la disciplina que abarcará el uso BIM. Dado el caso de estudio todos estos roles y capacidades caerán sobre la autora, quien será la única parte involucrada en el proceso de Gestión de la Información BIM dado el caso. Estos serán tomados como los recursos que se utilizarán para el logro de los objetivos y usos BIM como se indica a continuación.

Figura 21.

Establecimientos de Usos BIM

Formulario 04 PEB Definitivo. Usos BIM						
Uso BIM	Empresa	Rol BIM	Persona Responsable	Disciplina	Profesión	Correo electrónico
Levantamiento de condiciones existentes	ANC	Revisión en BIM	Autor	TOP	Ingeniero Geomensor	<u>N/A</u>
Análisis de ubicación	ANC	Dirección en BIM	Autor	ELE	Ingeniero electrónico	<u>anc@gmail.com</u>
Diseño de especialidades	ANC	Modelación en BIM	Autor	ELE	Ingeniero electrónico	<u>anc@gmail.com</u>
Coordinación 3D	ANC	Coordinación en BIM	Autor	ELE	Ingeniero electrónico	<u>anc@gmail.com</u>
Análisis del cumplimiento del programa espacial (zonificación)	ANC	Coordinación en BIM	Autor	ELE	Ingeniero electrónico	<u>anc@gmail.com</u>
Revisión del diseño	ANC	Revisión en BIM	Autor	ELE	Ingeniero electrónico	<u>anc@gmail.com</u>
Estimación de cantidades y costos	ANC	Revisión en BIM	Autor	ELE	Ingeniero electrónico	<u>anc@gmail.com</u>

Nota: Se deben indicar que Usos BIM se utilizarán para cumplir los objetivos, así como las competencias y recursos con que cuentan para desarrollarlos. Adaptado del estándar (Plan BIM, 2021). Modificado por la autora.

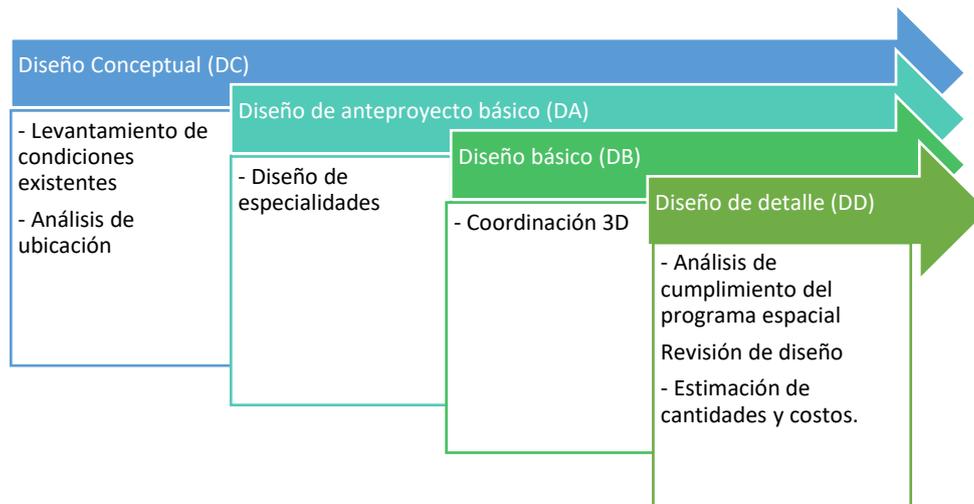
Es importante recalcar que existe una directa relación entre la cantidad de usos solicitados y la cantidad de recursos necesarios para generar los modelos, así como también existen usos que demandan de más recursos que otros.

El cumplimiento efectivo de los objetivos BIM y la diversificación de sus usos involucran varias fases de planificación. Estas etapas pueden incluir la definición clara de los objetivos BIM, la identificación de los requisitos específicos del proyecto, la selección de las herramientas y tecnologías adecuadas, la asignación de roles y responsabilidades dentro del equipo, y la elaboración de un plan de ejecución detallado. Además, se pueden considerar actividades como la formación del personal en metodologías BIM, la integración de estándares y protocolos de intercambio de datos, y la implementación de procesos de control de calidad para garantizar la efectividad y la coherencia en el uso de BIM a lo largo del proyecto. Estas fases han sido clasificadas como se detalla en la figura 22. El proyecto

empieza con la fase de Diseño conceptual, debido a que ya existe un edificio físico, los usos de levantamiento de condiciones existentes y análisis de ubicación ya están definidos, sin embargo, más adelante se los detallará en figuras posteriores con el fin de saber su desarrollo e implementación de BIM en estos.

Figura 22.

Fases de planificación para el cumplimiento de los objetivos BIM y diversificación de Usos



Nota: distribución de Usos BIM de acuerdo las fases del proyecto. Elaboración propia.

5.2.3 Usos BIM

De acuerdo al apartado 5.2.2 *Objetivos de la utilización de BIM*, se ha tomado siete de los veinticinco Usos BIM, mismos que están alineados a los objetivos definidos del proyecto (ver figura 16). Existe una directa relación entre la cantidad de usos solicitados y la cantidad de recursos necesarios para generar los modelos.

- ***Levantamiento de condiciones existentes***

Este Uso BIM no se aplica al caso actual debido a la presencia de una edificación existente (edificio Calipso) y sus instalaciones. Sin embargo, se puede crear el modelo utilizando escaneos láser o técnicas de topografía convencionales, siendo útil para proyectos de construcción o ampliación. Para este caso no será necesario el desarrollo de este uso, sin embargo, la figura 22 explica de manera clara los recursos necesarios, así como la disciplina a la que pertenecerá este uso la implementación dinámica de la metodología BIM y los recursos requeridos.

Figura 23.

Levantamiento de condiciones existentes y sus recursos a utilizar

Recursos	Cuenta con el Recurso	Disciplina	Especificación de Software o Hardware	Versión	Evidencia			
Software de modelado de BIM	No	Levantamiento topográfico y georreferenciación	No aplica	No aplica	No aplica			
Software de manipulación de nubes de puntos, de exploración Láser, o fotogramétrico	No	Levantamiento topográfico y georreferenciación	No aplica	No aplica	No aplica			
Equipo LIDAR o fotogramétrico	No	Levantamiento topográfico y georreferenciación	No aplica	No aplica	No aplica			
Equipo de topografía convencional	No	Levantamiento topográfico y georreferenciación	No aplica	No aplica	No aplica			
Hardware apto para procesar modelos BIM	Si	Levantamiento topográfico y georreferenciación	No aplica	No aplica	No aplica			
Infraestructura TI necesaria	Si	Proyecto de Arquitectura	Software Autocad con modelado 2D	2023	Planos arquitectónicos 2D			
Rol BIM	Empresa	Responsable	Cargo	Profesión	Años de exp.	Evidencia		
Dirección en BIM	ANC	No aplica	Director	Ingeniero	No aplica	No aplica		
Revisión en BIM	ANC	No aplica	Asistente	Arquitecto	No aplica	No aplica		
Modelación en BIM	ANC	No aplica	Modelador	Arquitecto	No aplica	No aplica		
Capacidades BIM respecto de herramientas complementarias como escáner láser 3D, drones, equipos de topografía convencional, entre otros.			DIRECCIÓN EN BIM	REVISIÓN EN BIM	MODELACIÓN EN BIM	COORDINACIÓN EN BIM	GESTIÓN EN BIM	RESUMEN EQUIPO
TEMÁTICA MATRIZ DE ROLES BIM	CAPACIDADES BIM		Alto	Medio	Bajo	Alto	Alto	MEDIO
N. Alcances de la Era de la Información y el valor de la actualización y formación continua.	42.- La actualización permanente del capital humano de la organización respecto de avances tecnológicos en la industria.							

Las capacidades no solo involucran el manejo de herramientas tecnológicas si no también en la facilidad de gestionar la información de entrega. Estas capacidades se deben adaptar al cumplimiento de los Usos BIM de acuerdo a los requerimientos del solicitante en el proyecto.

Figura 24.

Capacidades requeridas para la generación de información

Capacidades BIM respecto de generación de modelos a partir de información obtenida con las herramientas complementarias.		DIRECCIÓN EN BIM	REVISIÓN EN BIM	MODELACIÓN EN BIM	COORDINACIÓN EN BIM	GESTIÓN EN BIM	RESUMEN EQUIPO
TEMÁTICA MATRIZ DE ROLES BIM	CAPACIDADES BIM						
F. Visualización y revisión de la información estructurada y actualizada de un proyecto, según el flujo de trabajo y entregables.	18.- La representación de la información geométrica de un proyecto en BIM mediante: planimetrías, visualizaciones 3D, renders, animaciones, etc.	No aplica	Alto	Alto	Alto	Alto	ALTO
	19.- La representación de la información no geométrica de un proyecto en BIM mediante: reportes, planillas, tablas, etiquetas, cuadros de datos, etc.	No aplica	Bajo	Alto	Medio	Alto	MEDIO
	20.- Los diferentes formatos e interfaces de visualización de la información de un proyecto por medio de dispositivos móviles.	Bajo	Medio	Bajo	Alto	Alto	MEDIO
	21.- La exportación e importación de plantillas y datos de proyectos en distintos formatos como: Excel, DWG, DWF, etc	No aplica	Bajo	Medio	Medio	Alto	MEDIO
G. Diseño y desarrollo de un proyecto de edificación o infraestructura en base a modelos digitales y paramétricos.	22.- La información geométrica de un modelo BIM, según Tipo de Información (TDI), Nivel de Información (NDI) y Entregables BIM que se requieran en cada etapa y según cada especialidad (topografía, arquitectura, MEP, estructura, etc.)	No aplica	Alto	Bajo	Alto	Alto	MEDIO
	23.- La información no geométrica de un modelo BIM, según Tipo de Información (TDI), Nivel de Información (NDI) y Entregables BIM que se requieran en cada etapa y según cada especialidad (topografía, arquitectura, MEP, estructura, etc.)	No aplica	Medio	Medio	Alto	Alto	MEDIO
	24.- Las entidades pre-configuradas BIM que facilitan la estandarización e interoperabilidad de los proyectos.	No aplica	Bajo	Alto	Medio	Alto	MEDIO
I. Importación y exportación de modelos de proyectos con datos paramétricos por medio de protocolos de interoperabilidad.	27.- La exportación e importación de información entre sistemas BIM interoperables por medio de formato: IFC, LandXML, GIS, BCF, COBie, SQL, etc.	No aplica	Medio	Bajo	Alto	Alto	MEDIO

Nota: Existen capacidades BIM respecto de información generada por herramientas complementarias que se usan de manera opcional. Adaptado del estándar (Plan BIM, 2021). Modificada por la autora.

- Análisis de ubicación**

Este uso permitirá evaluar las propiedades de un área y determinar la mejor localización y orientación de un futuro proyecto, este servirá para analizar, ubicar y llevar a cabo el diseño de los sistemas involucrados. La figura 25 ha sido adaptada donde se muestra los recursos sugeridos, software, modelos, normativas y capacidades a utilizar.

Figura 25.

Análisis de ubicación y sus recursos a utilizar

Recursos	Cuenta con el Recurso	Disciplina	Especificación de Software o Hardware	Versión	Evidencia		
Software de modelado BIM	Si	Sistema electrónico y de telecomunicaciones	Conocimiento de herramienta BIM (Revit), modelar y analizar el espacio construido según especificaciones espaciales	2023	Modelación paramétrica de elementos espaciales		
Modelos BIM con los NDI correspondientes al EAIM indicado	Si	Sistema electrónico y de telecomunicaciones	Conocimiento de herramienta BIM (Revit), clasificación para asignar funciones específicas	2023	Corrección de diseño y etiquetado del modelo		
Datos del programa espacial del proyecto	Si	Sistema electrónico y de telecomunicaciones	Conocimiento de herramienta BIM (Revit), etiquetado y detección de conflictos espaciales	2023	Informes y visualizaciones que facilitan la revisión		
Normativa vigente según especialidad	Si	Sistema electrónico y de telecomunicaciones	Conocimiento de herramienta BIM (Revit), normativas locales y nacionales aplicables	2023	Cumplimiento de especificaciones de diseño		
Hardware apto para procesar modelos BIM	Si	Sistema electrónico y de telecomunicaciones	Hardware potente, GPU y tarjeta grafica adecuada, memoria RAM suficiente.	GTX 16/8RAM	Transferencia rápida de grandes conjuntos de datos		
Infraestructura TI necesaria	Si	Sistema electrónico y de telecomunicaciones	Conocimiento de herramienta BIM (Revit), elaborar plantilla de detección de conflictos	2023	Identificar y resolver colisiones		
Rol BIM	Empresa	Responsable	Cargo	Profesión	Años de exp.	Evidencia	
Dirección en BIM	ANC	Autor	Director	Ingeniero	N/A	Gestión de datos	
Revisión en BIM	ANC	Autor	Asistente	Ingeniero	N/A	Cumplimiento de programa espacial	
Modelación en BIM	ANC	Autor	Modelador	Ingeniero	N/A	Identificación y corrección de colisiones	
Capacidades BIM respecto de modelos BIM para el análisis del cumplimiento del programa espacial del proyecto		DIRECCIÓN EN BIM	REVISIÓN EN BIM	MODELACIÓN EN BIM	COORDINACIÓN EN BIM	GESTIÓN EN BIM	RESUMEN EQUIPO
TEMÁTICA MATRIZ DE ROLES BIM	CAPACIDADES BIM						
F. Visualización y revisión de la información estructurada y actualizada de un proyecto, según el flujo de trabajo y entregables.	18.- La representación de la información geométrica de un proyecto en BIM mediante: planimetrías, visualizaciones 3D, renders, animaciones, etc.	No aplica	Medio	Medio	Alto	Alto	MEDIO
	19.- La representación de la información no geométrica de un proyecto en BIM mediante: reportes, planillas, tablas, etiquetas, cuadros de datos, etc.	No aplica	Bajo	Alto	Medio	Alto	MEDIO
	20.- Los diferentes formatos e interfaces de visualización de la información de un proyecto por medio de dispositivos móviles.	Bajo	Medio	Medio	Medio	Medio	MEDIO
	21.- La exportación e importación de plantillas y datos de proyectos en distintos formatos como: Excel, DWG, DWF, etc	No aplica	Bajo	Medio	Medio	Alto	MEDIO
G. Diseño y desarrollo de un proyecto de edificación o infraestructura en base a modelos digitales y paramétricos.	22.- La información geométrica de un modelo BIM, según Tipo de Información (TDI), Nivel de Información (NDI) y Entregables BIM que se requieran en cada etapa y según cada especialidad (topografía, arquitectura, MEP, estructura, etc.)	No aplica	Alto	Bajo	Alto	Alto	MEDIO
	23.- La información no geométrica de un modelo BIM, según Tipo de Información (TDI), Nivel de Información (NDI) y Entregables BIM que se requieran en cada etapa y según cada especialidad (topografía, arquitectura, MEP, estructura, etc.)	No aplica	Medio	Medio	Alto	Alto	MEDIO
	24.- Las entidades pre-configuradas BIM que facilitan la estandarización e interoperabilidad de los proyectos.	No aplica	Bajo	Alto	Medio	Alto	MEDIO

I. Importación y exportación de modelos de proyectos con datos paramétricos por medio de protocolos de interoperabilidad.	27.- La exportación e importación de información entre sistemas BIM interoperables por medio de formato: IFC, LandXML, GIS, BCF, COBie, SQL, etc.	No aplica	Alto	Alto	Alto	Bajo	MEDIO
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------	------	------	------	------	-------

Nota: Para este apartado, el uso BIM requiere exclusivamente de una correcta gestión de los recursos, pues requiere una correcta selección de softwares y herramientas, así como de los modelos a vincular y su compatibilidad entre estos. Adaptado del estándar (Plan BIM, 2021). Modificado por la autora.

- ***Diseño de especialidades***

Para lograr este objetivo BIM se procedió a la creación de un modelo BIM en el software Revit de los distintos sistemas que integra el proyecto, este uso BIM es un paso clave para la incorporar la información de una base de datos inteligente que posee Revit de la cual se pueden extraer propiedades, cantidades, costos y otros. La figura 26 explica el manejo adecuado de los recursos a utilizar.

Figura 26.

Diseño de especialidades y sus recursos a utilizar

Recursos	Cuenta con el Recurso	Disciplina	Especificación de Software o Hardware	Versión	Evidencia	
Software de modelado BIM	Si	Sistema electrónico y de telecomunicaciones	Conocimiento de herramienta BIM (Revit) establecer los mejores criterios de cálculo y análisis.	2023	Análisis de diseño de sistemas	
Modelos BIM con los NDI correspondientes al EAIM indicado	Si	Sistema electrónico y de telecomunicaciones	Conocimiento de herramienta BIM (Revit) establecer los modelados 3D	2023	Diseño de Especialidades	
Estándares y normas según especialidad	Si	Sistema electrónico y de telecomunicaciones	Conocimiento de herramienta BIM (Revit), garantizar la calidad, consistencia y colaboración efectiva	2023	Datos MEP precisos en base a normativas y estándares	
Hardware apto para procesar modelos BIM	Si	Sistema electrónico y de telecomunicaciones	Procesador y tarjetas gráficas NVIDIA GeForce	GTX 16	Rendimiento excepcional en tareas de modelado	
Infraestructura TI necesaria	Si	Sistema electrónico y de telecomunicaciones	Herramientas fundamentales para la creación y edición de modelos BIM	2023	Compatibilidad con estándares y formatos	
Rol BIM	Empresa	Responsable	Cargo	Profesión	Años de exp.	Evidencia
Dirección en BIM	ANC	Autor	Director	Ingeniero	N/A	Implementación de estándares
Revisión en BIM	ANC	Autor	Modelador	Ingeniero	N/A	Verificación de información
Modelación en BIM	ANC	Autor	Modelador	Ingeniero	N/A	Dominio de interoperabilidad

Capacidades BIM respecto de modelos BIM de las disciplinas correspondientes		DIRECCIÓN EN BIM	REVISIÓN EN BIM	MODELACIÓN EN BIM	COORDINACIÓN EN BIM	GESTIÓN EN BIM	RESUMEN EQUIPO
TEMÁTICA MATRIZ DE ROLES BIM	CAPACIDADES BIM						
F. Visualización y revisión de la información estructurada y actualizada de un proyecto, según el flujo de trabajo y entregables.	18.- La representación de la información geométrica de un proyecto en BIM mediante: planimetrías, visualizaciones 3D, renders, animaciones, etc.	No aplica	Medio	Medio	Alto	Alto	MEDIO
	19.- La representación de la información no geométrica de un proyecto en BIM mediante: reportes, planillas, tablas, etiquetas, cuadros de datos, etc.	No aplica	Bajo	Alto	Medio	Alto	MEDIO
	20.- Los diferentes formatos e interfaces de visualización de la información de un proyecto por medio de dispositivos móviles.	Bajo	Medio	Bajo	Alto	Alto	MEDIO
	21.- La exportación e importación de plantillas y datos de proyectos en distintos formatos como: Excel, DWG, DWF, etc	No aplica	Bajo	Medio	Medio	Alto	MEDIO
G. Diseño y desarrollo de un proyecto de edificación o infraestructura en base a modelos digitales y paramétricos.	22.- La información geométrica de un modelo BIM, según Tipo de Información (TDI), Nivel de Información (NDI) y Entregables BIM que se requieran en cada etapa y según cada especialidad (topografía, arquitectura, MEP, estructura, etc.)	No aplica	Alto	Bajo	Alto	Alto	MEDIO
	23.- La información no geométrica de un modelo BIM, según Tipo de Información (TDI), Nivel de Información (NDI) y Entregables BIM que se requieran en cada etapa y según cada especialidad (topografía, arquitectura, MEP, estructura, etc.)	No aplica	Medio	Medio	Alto	Alto	MEDIO
	24.- Las entidades pre-configuradas BIM que facilitan la estandarización e interoperabilidad de los proyectos.	No aplica	Bajo	Alto	Medio	Alto	MEDIO
H. Programación y personalización de las interfaces.	25.- La personalización de la interfaz del software BIM, por medio de configuraciones predeterminadas y plantillas.	No aplica	Bajo	Alto	Medio	Alto	MEDIO
	26.- La automatización de tareas y funciones en los software BIM utilizados.	No aplica	Bajo	Alto	Medio	Alto	MEDIO
I. Importación y exportación de modelos de proyectos con datos paramétricos por medio de protocolos de interoperabilidad.	27.- La exportación e importación de información entre sistemas BIM interoperables por medio de formato: IFC, LandXML, GIS, BCF, COBie, SQL, etc	No aplica	Alto	Alto	Alto	Bajo	MEDIO
	28.- Los sistemas/plataformas de gestión de la comunicación e intercambio de información (CDE Common Data Environment).	Bajo	Medio	Medio	Medio	Medio	MEDIO
Experiencia o conocimiento previo en:		DIRECCIÓN EN BIM	REVISIÓN EN BIM	MODELACIÓN EN BIM	COORDINACIÓN EN BIM	GESTIÓN EN BIM	RESUMEN EQUIPO
• Diseño		Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	ALTO
• Estándares y normativas aplicables		Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	ALTO
• Sistemas y métodos de diseño		Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	ALTO

Nota: Este Uso es clave para extraer propiedades de cantidades y costos. Adaptado del estándar (Plan BIM, 2021). Modificado por la autora.

- **Coordinación 3D**

Para evitar sobrecostos y contratiempos este Uso BIM dispone del modelado 3D de los distintos sistemas que previene la detección de interferencias una vez diseñado. El uso de los recursos como Revit, normativas y modelos permitirán mantener un seguimiento del modelo y a su vez una visión clara del estado cualitativo y cuantitativo. La figura 27 muestra los recursos necesarios y las capacidades BIM a utilizar en la coordinación 3D del modelo BIM correspondiente a los *sistemas electrónicos y de telecomunicaciones* que son: Audio y Video, Comunicaciones, Seguridad y Contra Incendios.

Figura 27.

Coordinación 3D y los recursos necesarios a utilizar

Recursos	Cuenta con el Recurso	Disciplina	Especificación de Software o Hardware	Versión	Evidencia	
Software de modelado BIM	Si	Sistema electrónico y de telecomunicaciones	Conocimiento de herramienta BIM (Revit), planificar integración	2023	Resolución de conflictos mediante la coordinación	
Software de revisión de modelos BIM	Si	Sistema electrónico y de telecomunicaciones	Conocimiento de herramienta BIM (Revit), visualizar, analizar y coordinar	2023	Identificación y resolución de colisiones y conflictos	
Modelos BIM con los NDI correspondientes al EAIM indicado	Si	Sistema electrónico y de telecomunicaciones	Conocimiento de herramienta BIM (Revit), Define el nivel de desarrollo y detalle del diseño	2023	Simulación entre equipos multidisciplinarios	
Normativa vigente según especialidad	Si	Sistema electrónico y de telecomunicaciones	Conocimiento de herramienta BIM (Revit), adopción de IFC. Normativas y estándares	2023	Interoperabilidad, seguridad, eficiencia	
Hardware apto para procesar modelos BIM	Si	Sistema electrónico y de telecomunicaciones	Hardware potente, GPU (Unidad de Procesamiento Gráfico) adecuada, memoria RAM suficiente.	GTX 16/8RAM	Rendimiento excepcional en tareas de modelado	
Infraestructura TI necesaria	Si	Sistema electrónico y de telecomunicaciones	Transferencia rápida de grandes conjuntos de datos BIM entre el usuario y los equipos.	2023	Historial de revisiones y comentarios sobre el modelo	
Rol BIM	Empresa	Responsable	Cargo	Profesión	Años de exp.	Evidencia
Dirección en BIM	ANC	Autor	Director	Ingeniero	N/A	Correcta organización
Revisión en BIM	ANC	Autor	Modelador	Ingeniero	N/A	Identificación de errores
Modelación en BIM	ANC	Autor	Modelador	Ingeniero	N/A	Resolución de conflictos

Capacidades BIM respecto de modelos BIM de las disciplinas correspondientes		DIRECCIÓN EN BIM	REVISIÓN EN BIM	MODELACIÓN EN BIM	COORDINACIÓN EN BIM	GESTIÓN EN BIM	RESUMEN EQUIPO
TEMÁTICA MATRIZ DE ROLES BIM	CAPACIDADES BIM						
F. Visualización y revisión de la información estructurada y actualizada de un proyecto, según el flujo de trabajo y entregables.	18.- La representación de la información geométrica de un proyecto en BIM mediante: planimetrías, visualizaciones 3D, renders, animaciones, etc.	No aplica	Medio	Medio	Alto	Alto	MEDIO
	19.- La representación de la información no geométrica de un proyecto en BIM mediante: reportes, planillas, tablas, etiquetas, cuadros de datos, etc.	No aplica	Bajo	Alto	Medio	Alto	MEDIO
	20.- Los diferentes formatos e interfaces de visualización de la información de un proyecto por medio de dispositivos móviles.	Bajo	Medio	Bajo	Alto	Alto	MEDIO
	21.- La exportación e importación de plantillas y datos de proyectos en distintos formatos como: Excel, DWG, DWF, etc	No aplica	Bajo	Medio	Medio	Alto	MEDIO
G. Diseño y desarrollo de un proyecto de edificación o infraestructura en base a modelos digitales y paramétricos.	22.- La información geométrica de un modelo BIM, según Tipo de Información (TDI), Nivel de Información (NDI) y Entregables BIM que se requieran en cada etapa y según cada especialidad (topografía, arquitectura, MEP, estructura, etc.)	No aplica	Alto	Bajo	Alto	Alto	MEDIO
	23.- La información no geométrica de un modelo BIM, según Tipo de Información (TDI), Nivel de Información (NDI) y Entregables BIM que se requieran en cada etapa y según cada especialidad (topografía, arquitectura, MEP, estructura, etc.)	No aplica	Medio	Medio	Alto	Alto	MEDIO
	24.- Las entidades pre-configuradas BIM que facilitan la estandarización e interoperabilidad de los proyectos.	No aplica	Bajo	Alto	Medio	Alto	MEDIO
I. Importación y exportación de modelos de proyectos con datos paramétricos por medio de protocolos de interoperabilidad.	27.- La exportación e importación de información entre sistemas BIM interoperables por medio de formato: IFC, LandXML, GIS, BCF, COBie, SQL, etc	No aplica	Alto	Alto	Alto	Bajo	MEDIO
	28.- Los sistemas/plataformas de gestión de la comunicación e intercambio de información (CDE Common Data Environment).	Bajo	Medio	Medio	Medio	Medio	MEDIO
Capacidades BIM respecto de modelos de las disciplinas correspondientes		DIRECCIÓN EN BIM	REVISIÓN EN BIM	MODELACIÓN EN BIM	COORDINACIÓN EN BIM	GESTIÓN EN BIM	RESUMEN EQUIPO
TEMÁTICA MATRIZ DE ROLES BIM	CAPACIDADES BIM						
E. Marco normativo y estándares para el trabajo colaborativo y coordinado.	15.- El marco normativo para el desarrollo de proyectos en BIM.	Bajo	Medio	Medio	Alto	Alto	MEDIO

J. Coordinación e integración de información de diferentes especialidades de un proyecto, para prevenir conflictos e interferencias.	29.- La coordinación de los diferentes modelos BIM de un proyecto para evitar y/o detectar posibles incidencias, colisiones o conflictos.	No aplica	Alto	No aplica	Alto	Bajo	BAJO
	30.- Los informes sobre coordinación, interferencias y colisiones detectadas y/o posibles soluciones.	No aplica	Medio	No aplica	Medio	Medio	MEDIO
Experiencia o conocimiento previo en:		DIRECCIÓN EN BIM	REVISIÓN EN BIM	MODELACIÓN EN BIM	COORDINACIÓN EN BIM	GESTIÓN EN BIM	RESUMEN EQUIPO
• Liderazgo de equipos de trabajo		Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	MEDIO
• Coordinación de proyectos		Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	ALTO
• Diseño		Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	ALTO
• Estándares y normativas aplicables		Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	ALTO
• Sistemas y métodos de diseño		Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	ALTO

Nota: La coordinación 3D es uno de los Usos BIM de mayor relevancia para el caso de estudio, será el que nos permita lograr los objetivos principales del proyecto como tal. Adaptado del estándar (Plan BIM, 2021). Modificado por la autora.

- ***Análisis de cumplimiento del programa espacial***

Este Uso BIM evita sobrecostos y contratiempos por posibles interferencias detectados en su etapa de diseño, establece un correcto análisis del diseño de manera eficiente y exacta con las áreas y/o sistemas incluidos en los requerimientos del proyecto, tomando en cuenta las regulaciones y normas establecida en el apartado 4.5 *Reglamentación*. A continuación, se muestra en la figura 28 adaptada del estándar BIM mencionado en previamente se muestra los recursos disponibles para el proyecto para producir los datos entregables para esta etapa del plan de trabajo. Los recursos se asignarán a los roles BIM como se define en la Matriz de Roles BIM.

Figura 28.

Análisis del cumplimiento del programa espacial (zonificación)

Recursos	Cuenta con el Recurso	Disciplina	Especificación de Software o Hardware	Versión	Evidencia
Software de modelado BIM	Si	Sistema electrónico y de telecomunicaciones	Conocimiento de herramienta BIM (Revit), modelar y analizar el espacio construido según especificaciones espaciales	2023	Modelación paramétrica de elementos espaciales
Modelos BIM con los NDI correspondientes al EAIM indicado	Si	Sistema electrónico y de telecomunicaciones	Conocimiento de herramienta BIM (Revit), clasificación para asignar funciones específicas	2023	Corrección de diseño y etiquetado del modelo
Datos del programa espacial del proyecto	Si	Sistema electrónico y de telecomunicaciones	Conocimiento de herramienta BIM (Revit), etiquetado y detección de conflictos espaciales	2023	Informes y visualizaciones que facilitan la revisión
Normativa vigente según especialidad	Si	Sistema electrónico y de telecomunicaciones	Conocimiento de herramienta BIM (Revit), normativas locales y nacionales aplicables	2023	Cumplimiento de especificaciones de diseño
Hardware apto para procesar modelos BIM	Si	Sistema electrónico y de telecomunicaciones	Hardware potente, GPU y tarjeta grafica adecuada, memoria RAM suficiente.	GTX 16/8RAM	Transferencia rápida de grandes conjuntos de datos
Infraestructura TI necesaria	Si	Sistema electrónico y de telecomunicaciones	Conocimiento de herramienta BIM (Revit), elaborar plantilla de detección de conflictos	2023	Identificar y resolver colisiones

Rol BIM	Empresa	Responsable	Cargo	Profesión	Años de exp.	Evidencia
Dirección en BIM	ANC	Autor	Director	Ingeniero	N/A	Gestión de datos
Revisión en BIM	ANC	Autor	Modelador	Ingeniero	N/A	Cumplimiento de programa espacial
Modelación en BIM	ANC	Autor	Modelador	Ingeniero	N/A	Identificación y corrección de colisiones

Capacidades BIM respecto de modelos BIM para el análisis del cumplimiento del programa espacial del proyecto		DIRECCIÓN EN BIM	REVISIÓN EN BIM	MODELACIÓN EN BIM	COORDINACIÓN EN BIM	GESTIÓN EN BIM	RESUMEN EQUIPO
TEMÁTICA MATRIZ DE ROLES BIM	CAPACIDADES BIM						
F. Visualización y revisión de la información estructurada y actualizada de un proyecto, según el flujo de trabajo y entregables.	18.- La representación de la información geométrica de un proyecto en BIM mediante: planimetrías, visualizaciones 3D, renders, animaciones, etc.	No aplica	Medio	Medio	Alto	Alto	MEDIO
	19.- La representación de la información no geométrica de un proyecto en BIM mediante: reportes, planillas, tablas, etiquetas, cuadros de datos, etc.	No aplica	Bajo	Alto	Medio	Alto	MEDIO
	20.- Los diferentes formatos e interfaces de visualización de la información de un proyecto por medio de dispositivos móviles.	Bajo	Medio	Medio	Medio	Medio	MEDIO
	21.- La exportación e importación de plantillas y datos de proyectos en distintos formatos como: Excel, DWG, DWF, etc	No aplica	Bajo	Medio	Medio	Alto	MEDIO

G. Diseño y desarrollo de un proyecto de edificación o infraestructura en base a modelos digitales y paramétricos.	22.- La información geométrica de un modelo BIM, según Tipo de Información (TDI), Nivel de Información (NDI) y Entregables BIM que se requieran en cada etapa y según cada especialidad (topografía, arquitectura, MEP, estructura, etc.)	No aplica	Alto	Bajo	Alto	Alto	MEDIO
	23.- La información no geométrica de un modelo BIM, según Tipo de Información (TDI), Nivel de Información (NDI) y Entregables BIM que se requieran en cada etapa y según cada especialidad (topografía, arquitectura, MEP, estructura, etc.)	No aplica	Medio	Medio	Alto	Alto	MEDIO
	24.- Las entidades pre-configuradas BIM que facilitan la estandarización e interoperabilidad de los proyectos.	No aplica	Bajo	Alto	Medio	Alto	MEDIO
I. Importación y exportación de modelos de proyectos con datos paramétricos por medio de protocolos de interoperabilidad.	27.- La exportación e importación de información entre sistemas BIM interoperables por medio de formato: IFC, LandXML, GIS, BCF, COBie, SQL, etc.	No aplica	Alto	Alto	Alto	Bajo	MEDIO
	28.- Los sistemas/plataformas de gestión de la comunicación e intercambio de información (Entorno de Datos Compartidos o CDE por sus siglas en inglés).	Bajo	Medio	Medio	Medio	Medio	MEDIO

Nota: Este uso se refiere a la evaluación de cómo el diseño del edificio o proyecto cumple con los requisitos específicos de uso y función establecidos para diferentes áreas o zonas dentro del espacio construido. Adaptado del estándar (Plan BIM, 2021). Modificado por la autora.

- **Revisión de diseño**

Entre las etapas finales del presente proyecto se encuentra la revisión del diseño con las posibles respuestas a los requerimientos del proyecto respecto a los sistemas, diseño espacial, seguridad, acústica, colores, etc., mediante la creación del modelo BIM que contengan múltiples alternativas de diseño. Implica la evaluación y análisis crítico de los modelos y documentos de diseño para garantizar la calidad, la coherencia y la conformidad con los requisitos en base a los objetivos. A continuación, en la figura 29 adaptada y modificada del reporte de la implementación, es decir, el estándar BIM tomado como guía para el presente caso de estudio se presenta los recursos a implementar.

Figura 29.

Revisión del diseño y los recursos a utilizar

Recursos	Cuenta con el Recurso	Disciplina	Especificación de Software o Hardware	Versión	Evidencia
Software de revisión de modelos BIM	Si	Sistema electrónico y de telecomunicaciones	Conocimiento de herramienta BIM (Revit), modelado de sistemas	2023	Detección de conflictos y detalles de diseño
Modelos BIM con los NDI correspondientes al EAIM indicado	Si	Sistema electrónico y de telecomunicaciones	Conocimiento de herramienta BIM (Revit), revisar el modelado detallado de cada elemento	2023	Revisión y coordinación de modelos
Espacio de revisión y validación colaborativa interdisciplinaria (virtual o físico)	Si	Sistema electrónico y de telecomunicaciones	Conocimiento de herramienta BIM (Revit), Revisión y ajuste de modelos mediante programación visual de manera virtual	2023	Integración con otros software BIM
Normativa vigente según especialidad	Si	Sistema electrónico y de telecomunicaciones	Conocimiento de herramienta BIM (Revit), garantizar la calidad, consistencia y colaboración efectiva	2023	Verificación de normativas y códigos de diseño
Hardware apto para procesar modelos BIM	Si	Sistema electrónico y de telecomunicaciones	Hardware potente, GPU y tarjeta grafica adecuada, memoria RAM suficiente.	GTX 16/8RAM	Transferencia rápida de grandes conjuntos de datos
Infraestructura TI necesaria	Si	Sistema electrónico y de telecomunicaciones	Conocimiento de herramientas BIM y Microsoft Office	2023	Automatización de tareas repetitivas

Rol BIM	Empresa	Responsable	Cargo	Profesión	Años de exp.	Evidencia
Dirección en BIM	ANC	Autor	Director	Ingeniero	N/A	Estrategias de revisión
Revisión en BIM	ANC	Autor	Modelador	Ingeniero	N/A	Validación de programa espacial
Modelación en BIM	ANC	Autor	Modelador	Ingeniero	N/A	Corrección y actualización

Capacidades BIM respecto de modelos BIM de las disciplinas		DIRECCIÓN EN BIM	REVISIÓN EN BIM	MODELACIÓN EN BIM	COORDINACIÓN EN BIM	GESTIÓN EN BIM	RESUMEN EQUIPO
TEMÁTICA MATRIZ DE ROLES BIM	CAPACIDADES BIM						
D. Estrategia de comunicación de acuerdo a la Solicitud de Información BIM (SDI BIM) y el Plan de Ejecución BIM (PEB), para coordinar el trabajo colaborativo.	13.- Un sistema de trabajo colaborativo entre los actores de un proyecto, en base a protocolos de comunicación y seguridad, consulta, control, revisión, validación y retroalimentación de la información.	Bajo	Medio	Medio	Alto	Alto	MEDIO
F. Visualización y revisión de la información estructurada y actualizada de un proyecto, según el flujo de trabajo y entregables.	18.- La representación de la información geométrica de un proyecto en BIM mediante: planimetrías, visualizaciones 3D, renders, animaciones, etc.	No aplica	Medio	Medio	Alto	Alto	MEDIO
	19.- La representación de la información no geométrica de un proyecto en BIM mediante: reportes, planillas, tablas, etiquetas, cuadros de datos, etc.	No aplica	Bajo	Alto	Medio	Alto	MEDIO
	20.- Los diferentes formatos e interfaces de visualización de la información de un proyecto por medio de dispositivos móviles.	Bajo	Medio	Bajo	Alto	Alto	MEDIO
	21.- La exportación e importación de plantillas y datos de proyectos en distintos formatos como: Excel, DWG, DWF, etc	No aplica	Bajo	Medio	Medio	Alto	MEDIO

I. Importación y exportación de modelos de proyectos con datos paramétricos por medio de protocolos de interoperabilidad.	27.- La exportación e importación de información entre sistemas BIM interoperables por medio de formato: IFC, LandXML, GIS, BCF, COBie, SQL, etc	No aplica	Alto	Alto	Alto	Bajo	MEDIO
	28.- Los sistemas/plataformas de gestión de la comunicación e intercambio de información (CDE Common Data Environment).	Bajo	Medio	Medio	Medio	Medio	MEDIO
Experiencia o conocimiento previo en:		DIRECCIÓN EN BIM	REVISIÓN EN BIM	MODELACIÓN EN BIM	COORDINACIÓN EN BIM	GESTIÓN EN BIM	RESUMEN EQUIPO
• Diseño y construcción		Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	ALTO
• Estándares y normativas aplicables		Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	ALTO
• Sistemas y métodos constructivos		Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	ALTO

Nota: Este uso para mejorar la calidad del diseño y la coordinación en proyectos de construcción, permitiendo a los equipos de proyecto identificar y abordar problemas potenciales antes de la construcción física. Adaptado del estándar (Plan BIM, 2021). Modificado por la autora.

- ***Estimación de cantidades y costos***

Este uso de BIM implica la generación de información detallada y precisa sobre los elementos del proyecto, lo que facilita la cuantificación y la estimación de costos. Aquí se describe cómo se utiliza BIM en la estimación de cantidades y costos, así como los recursos necesarios para llevar a cabo este proceso, tal y como se muestra en la figura 30 que ha sido tomada y adaptada para el desarrollo del presente uso. Este uso se llevó a cabo con ayuda de la herramienta BIM denominada CellBIM, la cual, mediante el modelado 3D, nos permitirá obtener datos del mismo, es decir, la cantidad exacta de elementos, así como el presupuesto de acuerdo al estilo.

Figura 30.

Estimación de cantidades y costos y sus recursos a utilizar

Recursos	Cuenta con el Recurso	Disciplina	Especificación de Software o Hardware	Versión	Evidencia
Software de estimación de costos basado en modelos BIM	Si	Sistema electrónico y de telecomunicaciones	Conocimiento de herramienta BIM (Revit y CellBIM-Excel)	2023	Historial detallado de cambios en el modelo BIM
Software de modelado BIM	Si	Sistema electrónico y de telecomunicaciones	Conocimiento de herramienta BIM (Revit)	2023	Interacciones y acuerdos en las plataformas de colaboración BIM
Modelos BIM con los NDI correspondientes al EAIM indicado	Si	Sistema electrónico y de telecomunicaciones	Conocimiento de herramienta BIM (Revit)	2023	Modelado 3D, asignación de atributos, generación de listas y tablas
Datos de costos (incluidos los datos de algún sistema de clasificación)	Si	Sistema electrónico y de telecomunicaciones	Conocimiento de herramienta CellBIM	2023	Documentación del modelo sobre el cumplimiento normativo
Hardware apto para procesar modelos BIM	No	Sistema electrónico y de telecomunicaciones	Hardware potente, GPU y tarjeta grafica adecuada, memoria RAM suficiente.	8/16 RAM	Transferencia rápida de grandes conjuntos de datos
Infraestructura TI necesaria	Si	Sistema electrónico y de telecomunicaciones	Conocimiento de herramientas BIM y Microsoft Office	2023	Evaluar variaciones en el diseño y su impacto en costos

Rol BIM	Empresa	Responsable	Cargo	Profesión	Años de exp.	Evidencia
Dirección en BIM	ANC	Autor	Director	Ingeniero	N/A	Lidera y fomenta la implementación de BIM
Revisión en BIM	ANC	Autor	Modelador	Ingeniero	N/A	Visualiza y verifica información
Modelación en BIM	ANC	Autor	Modelador	Ingeniero	N/A	Desarrollo de modelos BIM según especialidad

Capacidades BIM respecto de modelos para estimación de costos		DIRECCIÓN EN BIM	REVISIÓN EN BIM	MODELACIÓN EN BIM	COORDINACIÓN EN BIM	GESTIÓN EN BIM	RESUMEN EQUIPO
TEMÁTICA MATRIZ DE ROLES BIM	CAPACIDADES BIM						
F. Visualización y revisión de la información estructurada y actualizada de un proyecto, según el flujo de trabajo y entregables.	18.- La representación de la información geométrica de un proyecto en BIM mediante: planimetrías, visualizaciones 3D, renders, animaciones, etc.	No aplica	Medio	Medio	Alto	Alto	MEDIO
	19.- La representación de la información no geométrica de un proyecto en BIM mediante: reportes, planillas, tablas, etiquetas, cuadros de datos, etc.	No aplica	Bajo	Alto	Medio	Alto	MEDIO
	20.- Los diferentes formatos e interfaces de visualización de la información de un proyecto por medio de dispositivos móviles.	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto	ALTO
	21.- La exportación e importación de plantillas y datos de proyectos en distintos formatos como: Excel, DWG, DWF, etc	No aplica	Bajo	Medio	Medio	Alto	MEDIO
G. Diseño y desarrollo de un proyecto de edificación o infraestructura en base a modelos digitales y paramétricos.	22.- La información geométrica de un modelo BIM, según Tipo de Información (TDI), Nivel de Información (NDI) y Entregables BIM que se requieran en cada etapa y según cada especialidad (topografía, arquitectura, MEP, estructura, etc.)	No aplica	Alto	Bajo	Alto	Alto	MEDIO
	23.- La información no geométrica de un modelo BIM, según Tipo de Información (TDI), Nivel de Información (NDI) y Entregables BIM que se requieran en cada etapa y según cada especialidad (topografía, arquitectura, MEP, estructura, etc.)	No aplica	Medio	Medio	Alto	Alto	MEDIO
	24.- Las entidades pre-configuradas BIM que facilitan la estandarización e interoperabilidad de los proyectos.	No aplica	Bajo	Alto	Medio	Alto	MEDIO

K. Planificación de la construcción de acuerdo a costos, plazos y programación de la obra.	31.- La información del modelo ordenada de acuerdo a etapas (actividades predecesoras y sucesoras) que permitan la coordinación según partidas de obra y procesos productivos durante la construcción.	No aplica	No aplica	Alto	Alto	Alto	MEDIO
	33.- La estimación de los costos de un proyecto utilizando herramientas BIM para incrementar la precisión presupuestaria por medio de: cuadro de precios, evaluación de costos, verificación de contratos, mediciones y cubicaciones para la construcción.	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto	ALTO
I. Importación y exportación de modelos de proyectos con datos paramétricos por medio de protocolos de interoperabilidad.	27.- La exportación e importación de información entre sistemas BIM interoperables por medio de formato: IFC, LandXML, GIS, BCF, COBie, SQL, etc.	No aplica	Medio	Medio	Medio	Alto	MEDIO
Experiencia o conocimiento previo en:		DIRECCIÓN EN BIM	REVISIÓN EN BIM	MODELACIÓN EN BIM	COORDINACIÓN EN BIM	GESTIÓN EN BIM	RESUMEN EQUIPO
• Cuantificaciones y estimaciones de proyectos		Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	MEDIO
• Diseño		Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	ALTO
• Estándares y normativas aplicables		Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	ALTO
• Sistemas y métodos de diseño		Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	ALTO

Nota: La combinación de un modelado detallado, la asignación de atributos, el uso de códigos de costos, y herramientas especializadas de cuantificación y estimación, junto con una colaboración efectiva, mejora significativamente la precisión y la eficiencia.

5.2.4 Entregables BIM y sus formatos

Serán todos los documentos de información que se obtengan como resultado de los Modelos, herramientas y flujo de trabajo. La SDI BIM debe establecer claramente los entregables que deberán incluir como mínimo:

- Plan de Ejecución de Oferta (Definitivo)
- Modelos BIM
- Documentos relacionados a los modelos

De ser necesario o existan entregables no especificados estos se los podrá especificar a través de cuatro conceptos: Usos BIM, EAIM, TDI, y NDI.

- **Modelos BIM solicitados y sus formatos**

Según los modelos BIM, se detallarán las especialidades correspondientes, los formatos para el desarrollo e intercambio de información, y quién o quiénes serán

responsables de su control (en esta licitación, se basa en un "contrato" donde la autora será el único encargado). En este caso de estudio, se han considerado cinco modelos según el SDI establecido en los objetivos y usos BIM previamente mencionados. Estos modelos son: Sitio, Volumétrico, Arquitectura o Diseño de Infraestructura, Estructura, MEP y Coordinación. La figura 31 ha sido adaptada y modificada para que especifique los entregables BIM requeridos para el presente caso de estudio.

Figura 31.

Modelos BIM solicitados y sus formatos (PEB Definitivo)

Formulario 05 PEB Definitivo. Modelos BIM solicitados y sus formatos						
Modelo BIM	Especialidad	Autor de modelo	Responsable	Formato nativo	Formato de Intercambio entre proveedores	Resp. control de calidad
Sitio	Levantamiento topográfico y georreferenciación	GEO	GEO	.rtv	.IFC 2x3	GEO
Volumétrico	Proyecto de Arquitectura	ARQ	ARQ	.rtv	.IFC 2x4	ARQ
Arquitectura o Diseño de Infraestructura	Proyecto de Arquitectura	ARQ	ARQ	.rtv	.IFC 2x5	ARQ
Estructura	Proyecto de Estructuras o Cálculo	EST	EST	.rtv	.IFC 2x6	EST
Mecánico Eléctrico Sanitario (MEP por sus siglas en inglés)	Audio y video	AUD	AUD	.rtv	.IFC 2x3	AUD
Mecánico Eléctrico Sanitario (MEP por sus siglas en inglés)	Comunicaciones	COM	COM	.rtv	.IFC 2x3	COM
Mecánico Eléctrico Sanitario (MEP por sus siglas en inglés)	Seguridad	SEG	SEG	.rtv	.IFC 2x3	SEG
Mecánico Eléctrico Sanitario (MEP por sus siglas en inglés)	Control contra incendio	CCI	CCI	.rtv	.IFC 2x3	CCI

Nota: IFC es el esquema de base de datos ampliable que representa información de la construcción para el intercambio entre distintos softwares para arquitectura, ingeniería y construcción. Adaptado del estándar (Plan BIM, 2021). Modificado por la autora.

- **Tipos y Niveles de información**

Para las tablas 4 y 5, tanto el TDI como el NDI estar basado en el Estándar BIM para Proyectos Públicos establecidos por (Plan BIM, 2021) de acuerdo con los requerimientos del proyecto (Consultar Anexo 4 y 5). Para la validación de la evolución de la calidad de la

información por avance de especialidad, se requiere revisar las entidades mínimas para cada tipo de modelo las cuales están alineados a TDI y NDI presentados en el SDI de acuerdo a los objetivos del presente caso de estudio. Se trata de un modelado evolutivo en el cual se irán agregando más elementos a la matriz de acuerdo a su categoría y conforme la madurez del proyecto.

Tabla 4.

Definición para los Tipos de Información

<i>TDI</i>	<i>Información</i>
Definición de Meta Data del Proyecto (TDI_A):	Tipo de edificio o infraestructura, nombre del proyecto, dirección, requerimientos espaciales, etc.
Propiedades Físicas de Objetos y Elementos (TDI_B):	propiedades físicas de los objetos y elementos tales como anchos, largos, altos, área, volumen, masa, etc.
Propiedades geográficas y de localización espacial (TDI_C):	Propiedades de ubicación espacial y geográficas de las entidades, tal como la latitud y longitud, número y nombre de planta, el número y nombre del espacio o zona.
Requerimientos específicos de información para el fabricante y/o constructor (TDI_D)	Tipo de elemento (tomas, sirenas, cámaras, etc.), su materialidad, nombre de sus componentes - en caso de existir-, identificación del producto, entre otros.
Especificaciones técnicas (TDI_E)	Información de la especificación técnica de la entidad, como peso, resolución, tipo, etc.
Requerimientos y estimación de costos (TDI_F):	Información básica para la estimación del costo total del activo como, por ejemplo, el costo unitario referencial, costo base de ensamblaje, costo de transporte, entre otros

Nota: Es necesario identificar cada Tipo de Información que va vinculado de acuerdo al Uso BIM a utilizar. Elaboración propia.

Por otra parte, los NDI de acuerdo al tipo de información nos va a permitir saber el grado de profundidad en cuanto a su información geométrica como no geométrica de acuerdo de los objetos del proyecto. A continuación, se muestra los tres niveles de información a utilizar.

Tabla 5.

Definiciones para los niveles de información

<i>NDI</i>	<i>Información</i>
Información inicial general (NDI-1)	Información inicial estimativa, acerca de área, altura, volumen, localización y orientación de los elementos generales.
Información básica aproximada (NDI-2):	Información básica del tamaño, forma, localización, cantidad y orientación de los sistemas y elementos generales y su ensamblaje.
Información detallada (NDI-3):	Información detallada del tamaño, forma, localización, cantidad y orientación que sea relevante para el montaje de los elementos

Nota: En la siguiente tabla se muestran los Niveles de Información mínimos que pueden tener las entidades BIM para cada Estado de Avance de la Información de los Modelos.

Elaboración propia.

- **Entidades mínimas para cada tipo de modelo**

En modelos BIM, es esencial incorporar entidades mínimas que abarquen tanto elementos geométricos como atributos. Estos elementos consisten en objetos 3D con información asociada, que incluye propiedades físicas y datos específicos del componente. La estructura básica implica la inclusión de geometría, parámetros y relaciones que definen la representación y comportamiento del objeto dentro del modelo BIM. Para mejorar la calidad y utilidad del modelo, es fundamental incorporar datos adicionales y metadatos. Esto implica la inclusión de las entidades mínimas necesarias para cada tipo de información, lo cual se detalla en el Anexo 9.

Partiendo de conceptos fundamentales, como el tipo y nivel de información, así como de las entidades mínimas presentes en el modelo BIM, se crea una matriz que ofrece una visión detallada de las entidades esenciales en los modelos BIM.

Esta matriz resalta la información clave contenida en cada entidad, contribuyendo así a una mejor comprensión y gestión del proyecto. Con el fin de evitar la extensión innecesaria del presente documento y evitar redundancias, se ha decidido seleccionar un único equipo por sistema (Audio y video, comunicaciones, seguridad y contra incendios), siguiendo el modelo

BIM MEP que permite la utilización de la especialidad de Electrónica y Telecomunicaciones. Para ilustrar la interacción entre la información geométrica y alfanumérica, se han seguido los lineamientos establecidos en las tablas 4 y 5, (consultar Anexo 10).

- Estado de Avance de Información de Información de los Modelos BIM para cada Entrega (EAIM):** según el estándar referencial existen nueve EAIM que se explica en la figura 32, de los cuales se ha tomado uno en etapa de planificación, tres en etapa de diseño y uno de construcción que corresponde únicamente a la coordinación 3D entre modelos. Estos Estados delimitan los Niveles de Información (NDI) que deben contener los entregables.

Figura 32.

EAIM de los Modelos BIM para cada Entrega

Formulario 06 PEB Definitivo. EAIM para cada entrega				
Proyecto: EDIFICIO CALIPSO 2/8/2023	ENTREGA 01	ENTREGA 02	ENTREGA 03	ENTREGA 04
	<i>Descripción de la entrega</i>			
Modelos BIM	EAIM	EAIM	EAIM	EAIM
Sitio	DA Diseño Anteproyecto	DA Diseño Anteproyecto	DB Diseño Básico	DB Diseño Básico
Volumétrico	DA Diseño Anteproyecto	DA Diseño Anteproyecto	DA Diseño Anteproyecto	DB Diseño Básico
Arquitectura y/o Diseño de Infraestructura	DC Diseño Conceptual	DA Diseño Anteproyecto	DB Diseño Básico	DB Diseño Básico
Estructural	DC Diseño Conceptual	DA Diseño Anteproyecto	DB Diseño Básico	DB Diseño Básico
Mecánico Eléctrico Sanitario (MEP por sus siglas en inglés)	No Aplica	No Aplica	DB Diseño Básico	DD Diseño de Detalle
Coordinación (**)	No Aplica	No Aplica	DB Diseño Básico	DD Diseño de Detalle

Nota: De acuerdo al proyecto, las entregas del modelo MEP vienen siendo únicamente la integración del modelo arquitectónico y el modelado de los sistemas a incorporar. Adaptado del estándar (Plan BIM, 2021). Modificado por la autora.

5.2.5 Documentos relacionados a los modelos BIM

De acuerdo al caso de estudio, serán tomados documentos relacionados con los modelos BIM seleccionado que incluyen archivos 3D y 2D en formato dwg, información asociada como metadatos y listas de cantidad, además de simulaciones y análisis. También abarcan documentos de coordinación, protocolos y normativas BIM, así como memorias descriptivas. Como se detalla en la tabla figura 33, estos documentos son cruciales para la comunicación, colaboración y gestión del proyecto, facilitando desde el diseño.

Figura 33.

Documentos solicitados y sus formatos (PEB Definitivo)

Formulario 07 PEB Definitivo. Documentos solicitados y sus formatos							
Entregas	Fecha	Estado de Avance de la Información de los Modelos (EAIM)	Entregable	Formato			Desde Modelo
				Nativo	Versión	Entrega	
Etapa 01	2/6/2023	Diseño Anteproyecto	Planimetría de maestra	RWG	2023	DWG	No
Etapa 02	2/7/2023	Diseño Conceptual	Planimetría de arquitectura	RVT	2023	IFC	Si
Etapa 03	20/9/2023	Diseño Básico	Planimetría de estructura	RVT	2023	IFC	Si
Etapa 03	22/9/2023	Diseño Básico	Planillas/Tablas	XLSX	2023	PDF, DOCX	Si
Etapa 04	23/9/2023	Diseño Detalle	Imágenes	JPG	N/A	JPG	Si

Nota: Se necesita utilizar un formato que estándar que permita la exportación e importación de plantillas y datos de proyectos en distintos formatos como: Excel, DWG, DWF, etc. Adaptado del estándar (Plan BIM, 2021). Modificado por la autora.

5.2.6 Estados de avance de la información de los modelos (EIAM)

Los EIAM van a depender directamente del grado de desarrollo del proyecto. En la etapa de diseño, cuando se está desarrollando el Anteproyecto (DA) o el Diseño de Detalle (DD), no se puede requerir el Modelo de Construcción o el Modelo de Operación, ya que la información para su desarrollo aún no existe. En la figura 32 se ha adaptado y modificado de acuerdo a los parámetros especificados conforme al modelo BIM.

Se ha optado por asociar tres conceptos: Tipos de información (TDI), Nivel de detalle de información (NDI) y Estados del proyecto, a fin de establecer el alcance BIM asociados a los objetivos específicos a desarrollar.

5.2.7 Estrategia de colaboración

A) La estrategia de colaboración consta del entorno de datos compartidos (CDE), este nos va a permitir tener una fuente única de información para recopilar, gestionar y difundir documentos entre los actores del proyecto a través de un proceso estandarizado garantizando la calidad y seguridad de la información. La figura 34 muestra la confirmación de una sola plataforma, es decir, solo hay un actor involucrado (autora).

Figura 34.

Entorno de datos compartidos

Formulario 08 PEB Definitivo. Entorno de Datos Compartidos	
El CDE utilizado está conformado por una sola plataforma	
Sí <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Plataformas y formatos del Entorno de Datos Compartidos	
Entorno de Datos Compartidos (CDE):	N/A
Plataforma de colaboración:	N/A
Plataforma de gestión documental	N/A
Formato de requerimientos de información y colaboración:	IFC

Nota: El formato IFC es un estándar para el intercambio de información necesario para el uso de las herramientas BIM que permite su interoperabilidad. Adaptado del estándar (Plan BIM, 2021). Modificado por la autora.

B) La estrategia de consolidación de modelos BIM será integrado, como se muestra en la figura 35. A pesar de que esté compuesto por información de distintas disciplinas, existe un solo responsable de desarrollar y coordinar todos los aspectos de diseño y coordinación del proyecto. Todos los aspectos del diseño y la construcción se gestionan y coordinan dentro de un único entorno BIM.

Figura 35.

Estrategia de consolidación

Formulario 09 PEB Definitivo. Generación de modelos BIM		
Estrategia	Sí	No
Modelo BIM federado		X
Modelo BIM integrado	X	

Nota: Se utiliza el modelo BIM federado cuando múltiples equipos o disciplinas trabajan de forma independiente en sus propios modelos BIM. Adaptado del estándar (Plan BIM, 2021). Modificado por la autora.

- C) Dada la singularidad del proyecto de estudio, no se requerirán reuniones formales, dado que la responsabilidad de integrar las diversas disciplinas recae en un único responsable designado. Esto implica que no habrá una distribución de roles BIM, sino que simplemente habrá un coordinador de proyecto (autora). No obstante, en la figura 36 se describe la estrategia de colaboración, la cual es crucial en la implementación de la metodología BIM, especialmente en el caso de una estrategia de consolidación federada.

Figura 36.

Procedimiento de reuniones (PEB definitivo)

Formulario 10 PEB Definitivo. Procedimiento de reuniones							
Tipo de Reunión	Etapa del Proyecto	Especialidades que participan	Frecuencia de reuniones *	Cantidad de reuniones	Ubicación	Modalidad	Tipo de respaldo
Inicio de requerimientos BIM	Diseño	ARQ / EST	N/A	N/A	Oficina central coordinador de proyecto	N/A	Minuta
Presentación del PEB	Diseño	MEP (AUD, COM, SEG, CCI)	N/A	N/A	Oficina central coordinador de proyecto	N/A	Minuta
Coordinación del Diseño	Diseño	MEP (AUD, COM, SEG, CCI)	N/A	N/A	Oficina central coordinador de proyecto	N/A	Minuta
Cualquier otra reunión BIM con múltiples partes	Todas	Todas	N/A	N/A	Oficina central coordinador de proyecto	N/A	Minuta

Nota: La cantidad y frecuencia de las reuniones pueden cambiar en virtud de la dinámica del proyecto. Adaptado del estándar (Plan BIM, 2021). Modificado por la autora.

5.2.8 Organización de los modelos BIM

Para lograr el correcto flujo de información en el desarrollo del proyecto es necesario tener una información estructurada, sin ambigüedades y partiendo de los modelos BIM que deberán cumplir con los requisitos mínimos de estandarización que permitan asegurar su eficiencia y eliminar pérdidas de tiempo en cada proceso (F, G y H).

A) *Estructuración de los modelos BIM*: Una correcta estructuración permite tener la organización y claridad adecuada de la estructura que facilite su interoperabilidad y por ende una coordinación y colaboración bien definida mejorando su análisis y simulación. La figura 37 establece la distribución por pisos, áreas y disciplinas establecidos para el presente caso.

Figura 37.

Estructuración de modelos a utilizar

Formulario 11 PEB Definitivo. Estructuración de los modelos BIM					
Unidades que utilizará para el desarrollo de los modelos			Coordenadas que se utilizarán para todos los modelos		
Las unidades serán en milímetros con tres (3) decimales			Se utilizaran las coordenadas locales 0, 0, 0 del software. Estas coordenadas estarán vinculadas al punto de intersección de los ejes A y 1. Además, se colocará una entidad (ifcproxy) relacionada a esa coordenadas.		
Sistema de subdivisión de los modelos, en caso de ser necesario					
Modelo BIM	Por Edificio	Por Pisos	Por Zonas	Por Área	Por Disciplina
Sitio					X
Volumétrico				X	
Arquitectura		X			
Estructura		X			
Mecánico Eléctrico		X			X
Coordinación		X	X	X	X

Nota: Contiene información clave entre el proveedor y el solicitante como, por ejemplo, unidades, coordenadas, sistemas de subdivisión en caso de ser necesario. Adaptado del estándar (Plan BIM, 2021). Modificado por la autora.

B) *Nombres de archivos de los modelos*: será imprescindible para llevar una correcta comunicación y traspaso de información entre las disciplinas y actores (de ser el

caso) de un proyecto, de acuerdo al (Anexo 6), la estructura para los archivos será la siguiente.

Proyecto-Organización-Disciplina-Zona-Nivel-Tipo de Documento-Número-Estatus ()-Revisión (*).xyz*

Para un mayor entendimiento, la figura 38 ofrece los ejemplos tomados del caso de estudio, Edificio Calipso donde los nombres de los archivos quedarían de la siguiente manera:

Figura 38.

Nombre de archivos de carpetas

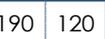
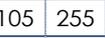
Formulario 12 PEB Definitivo. Nombre de archivo de los modelos BIM	
Modelo BIM	Nombre
Arquitectura o Diseño de Infraestructura	PR1-ANC-ARQ-ZZ-ZZ-MO-0001-01-A.xy
Estructura	PR1-ANC-EST-ZZ-ZZ-MO-0001-02-A.xyz
Mecánico Eléctrico Sanitario (MEP por sus siglas)	PR1-ANC-MEP-ZZ-ZZ-MO-0001-03-A.xyz
Coordinación	PR1-ANC-COR-ZZ-ZZ-MO-0001-04-A.xyz

Nota: Estos códigos se deben unir a través de guion medio (-). Adaptado del estándar (Plan BIM, 2021). Modificado por la autora.

C) *Códigos y colores por disciplina y/o sistema:* es una práctica fundamental que mejora la claridad visual, la organización de la información, la detección de conflictos, la colaboración entre equipos y la gestión de la información en un proyecto. A continuación, la figura 39 tomada y adaptada del estándar detalla los colores y su combinación R,G,B establecidos para el caso de estudio.

Figura 39.

Definición de colores por sistema

Formulario 13 PEB Definitivo. Códigos y colores por disciplinas y/o sistema					
Disciplina	Sigla	Color	R	G	B
Audio y Video	AUD		190	120	10
Comunicaciones	COM		255	235	60
Seguridad	SEG		105	255	60
Contra Incendio	CCI		255	20	70

Nota: Su definición será clave para mejorar la comprensión y la gestión de la información en el proyecto. Adaptado del estándar (Plan BIM, 2021). Modificado por la autora.

5.3 Modelado

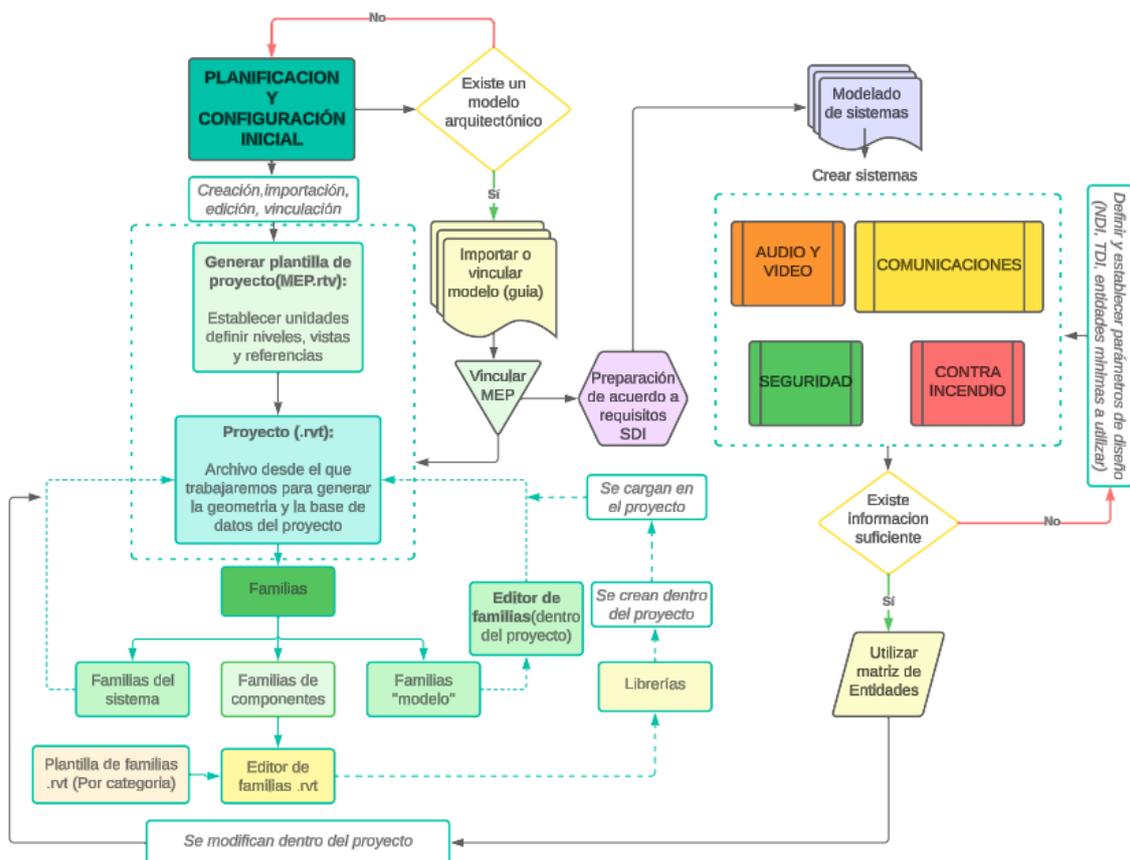
El modelado en Revit de Autodesk aplicando la metodología BIM para el edificio comercial "Calipso" implica la creación de un modelo digital detallado que integra información completa sobre todos los aspectos del edificio, desde su geometría hasta sus propiedades físicas. Se partirá de un modelo arquitectónico que servirá como guía para el diseño, modelado, coordinación y la documentación de los sistemas de interés en el proyecto.

5.3.1 Flujo de trabajo de modelado MEP en Revit

La estructura del flujo de trabajo en Revit puede ser adaptable según el tipo de proyecto y las preferencias del responsable a cargo. A continuación, en la figura 40 se presenta un esquema básico que abarca las principales etapas del proceso, diseñado específicamente para el caso de estudio del edificio comercial "Calipso".

Figura 40.

Esquema básico de funcionamiento de modelado en Revit



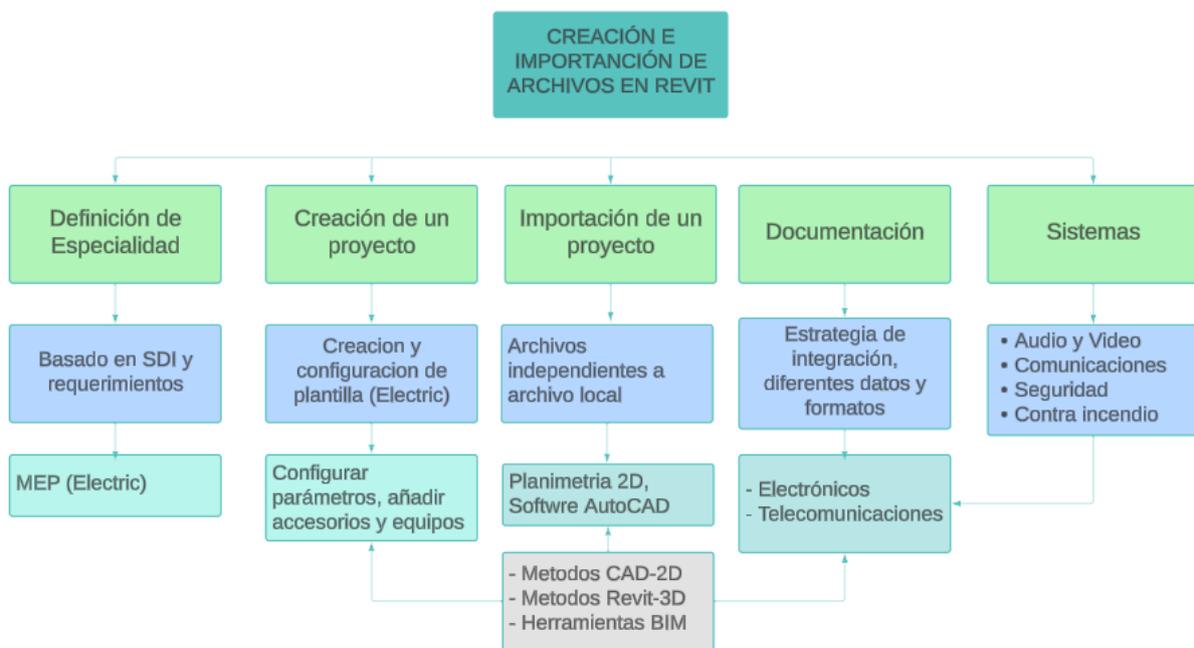
Nota: La figura muestra el flujo de trabajo del modelado en el entorno de desarrollo Revit para los sistemas establecidos. Elaboración propia.

5.3.1.1 Creación e importación de proyecto

Antes de la creación e importación de un proyecto es fundamental definir el área de trabajo en la que se enfocará. En este caso, el proyecto está centrado en las disciplinas de electrónica y telecomunicaciones dentro del ámbito de MEP (Electric), es importante conocer la manera en que se va a trabajar por lo que se ha de recurrir al Plan de Ejecución BIM (BEP) previamente formulado. Siendo el caso se ha decidido trabajar en archivos independientes donde se vinculará los modelos arquitectónicos, estructural como base para las disciplinas MEP. La figura 41 ilustra los diferentes procesos que se requieren para crear e importar un proyecto de manera más clara:

Figura 41.

Procesos dentro de la creación e importación de un nuevo proyecto



Nota: Uno de los pasos más críticos en el proceso de modelado es la creación y configuración de la plantilla que se utilizará en el software de preferencia, en este caso Revit de Autodesk. Esta plantilla es esencial ya que nos proporciona acceso a las herramientas específicas requeridas según la especialidad de trabajo. Elaboración propia.

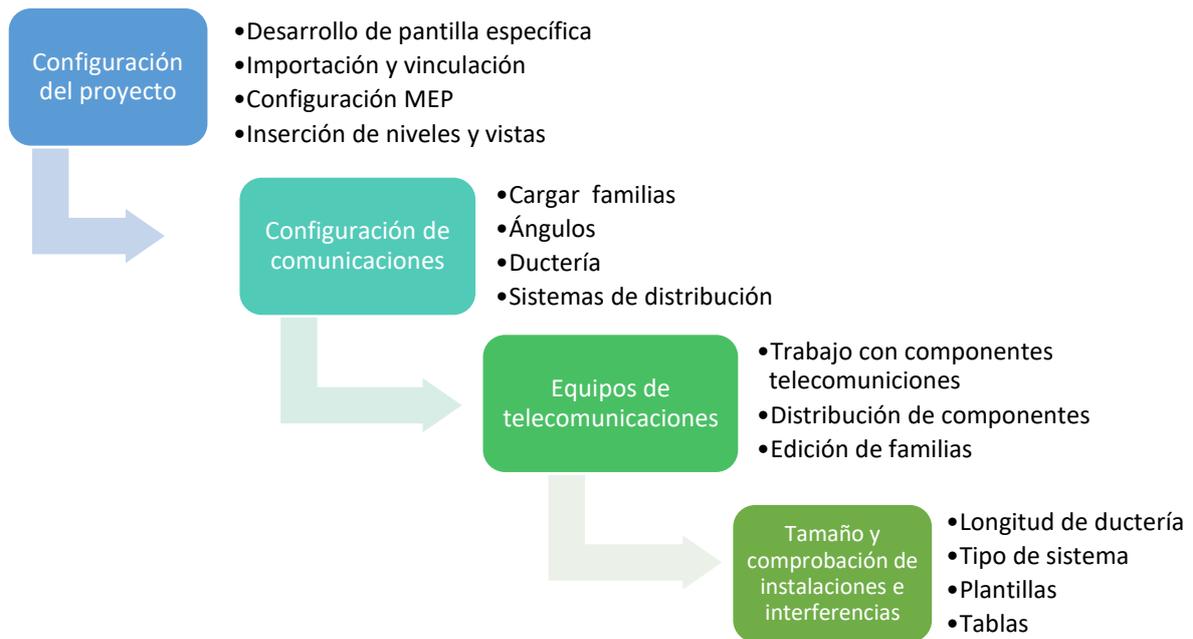
5.3.2 Parámetros MEP para sistemas de electrónica y telecomunicaciones en BIM

Los parámetros permiten una adecuada integración y coordinación de los sistemas de electrónica y telecomunicaciones dentro del modelo BIM, facilitando la planificación, diseño

y coordinación de los sistemas en el Software, garantizan una adecuada representación y gestión de estos sistemas en el entorno digital. En la figura 42 se detallan los parámetros a implementar para el diseño y modelado de los sistemas, mismo que se encuentran distribuido y clasificados de la siguiente manera:

Figura 42.

Parámetros para sistemas de Electrónica y Telecomunicaciones (MEP-Electric)



Nota: La figura adjunta ilustra los diversos parámetros a medida que progresa el modelado de los sistemas establecidos, de acuerdo con el Plan de Ejecución del Proyecto (BEP) definido. Elaboración propia

5.3.3 Modelo arquitectónico

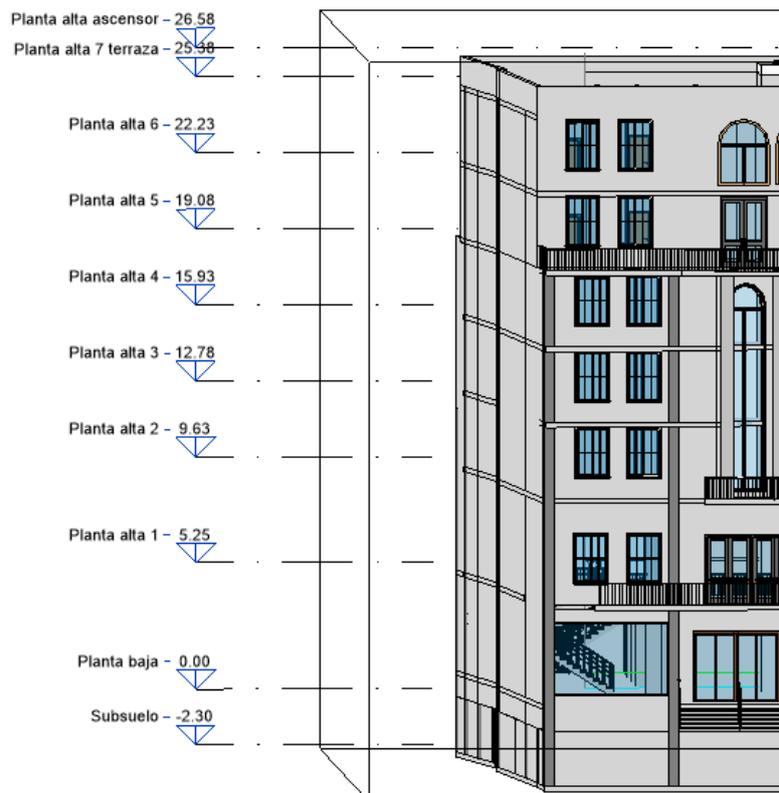
El modelo arquitectónico ha sido creado utilizando el software de modelado Revit de Autodesk, tal y como se muestra en la figura 43. Incluye un total de 8 plantas, que abarcan desde el subsuelo hasta el nivel del ascensor, en una edificación con un área total de 912 m². La distribución arquitectónica por niveles del Edificio de Arquitectura se encuentra detallada en la tabla 6.

Figura 43.

Modelado arquitectónico de edificio Calipso con herramienta BIM Revit



a)



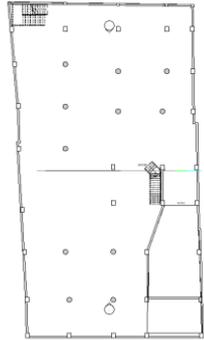
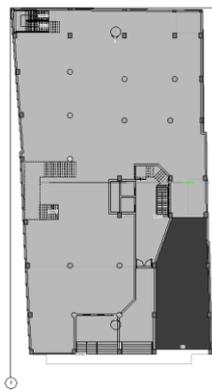
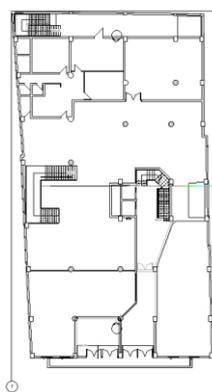
b)

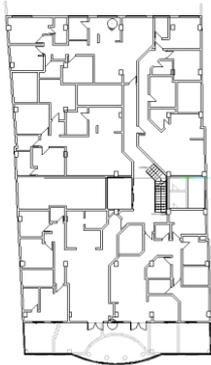
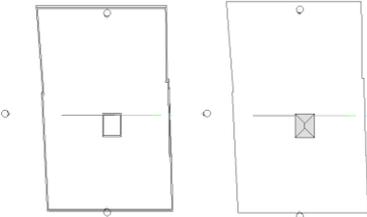
Nota: a) Vista 3D del modelo arquitectónico de edificio Calipso en Revit. b) Coordenadas de referenciación para la elaboración de cada planta. Elaboración propia.

Las plantas del edificio comercial Calipso se encuentran distribuidas de la siguiente manera siendo un edificio con áreas de abastecimiento, atención al cliente, oficinas y vivienda como los departamentos en las últimas plantas de este.

Tabla 6.

Definición de colores por sistema

Nivel/Planta	Distribución	Planimetría
<i>Subnivel</i>	Estacionamiento, cuenta con 10 plazas de estacionamiento para vehículos y 4 plazas de estacionamientos preferenciales, cuarto de utilería y ascensor. Una escalera en la parte derecha que permite subir a los siguientes niveles.	
<i>Nivel bajo</i>	Cuenta con un cuarto de utilería, cuarto de guardia, un centro de abasto, servicios higiénicos y atención al cliente.	
<i>Primer nivel</i>	Cuenta con un área de exposiciones, oficinas, sala de reuniones, una bodega y servicios higiénicos	

<i>Segundo y tercer nivel</i>	Este nivel cuenta con múltiples oficinas, salas de estar, atención al cliente y servicios higiénicos.	
<i>Cuarto, quinto y sexto</i>	Cuentan 6 departamentos por nivel que cuenta con todos los servicios básicos incluido sistema de seguridad y sala de estar.	
<i>Terraza y ascensor respectivamente</i>	El ultimo nivel consta de la terraza que está vinculada con el ascensor del edificio.	

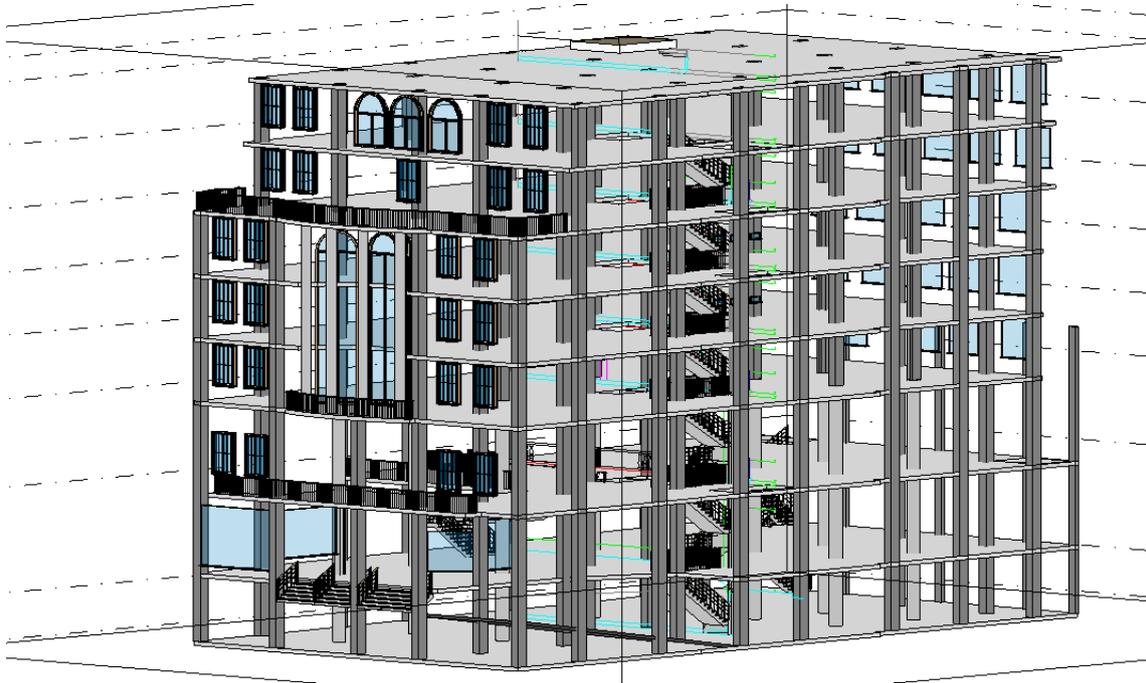
Nota: La planimetría se ha realizado utilizando un diseño vinculado del software AutoCAD. Cada nivel posee una vista de Planta modelada en Revit. Elaboración propia

5.3.4 Modelo estructural

El modelado estructural al igual que el arquitectónico se ha llevado a cabo utilizando el software de modelado Revit de Autodesk. Este proceso implica la creación de modelos digitales detallados de elementos como columnas, vigas y losas, lo que proporciona un diseño preciso y facilita la documentación automática. Además, permite una coordinación eficiente entre disciplinas y mejora la colaboración a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto. El modelado estructural en Revit, como se detalla en la figura 44, facilita la toma de decisiones y contribuye a la reducción de errores durante la construcción detectadas en su etapa de diseño.

Figura 44.

Modelado estructural de edificio Calipso con herramienta BIM Revit



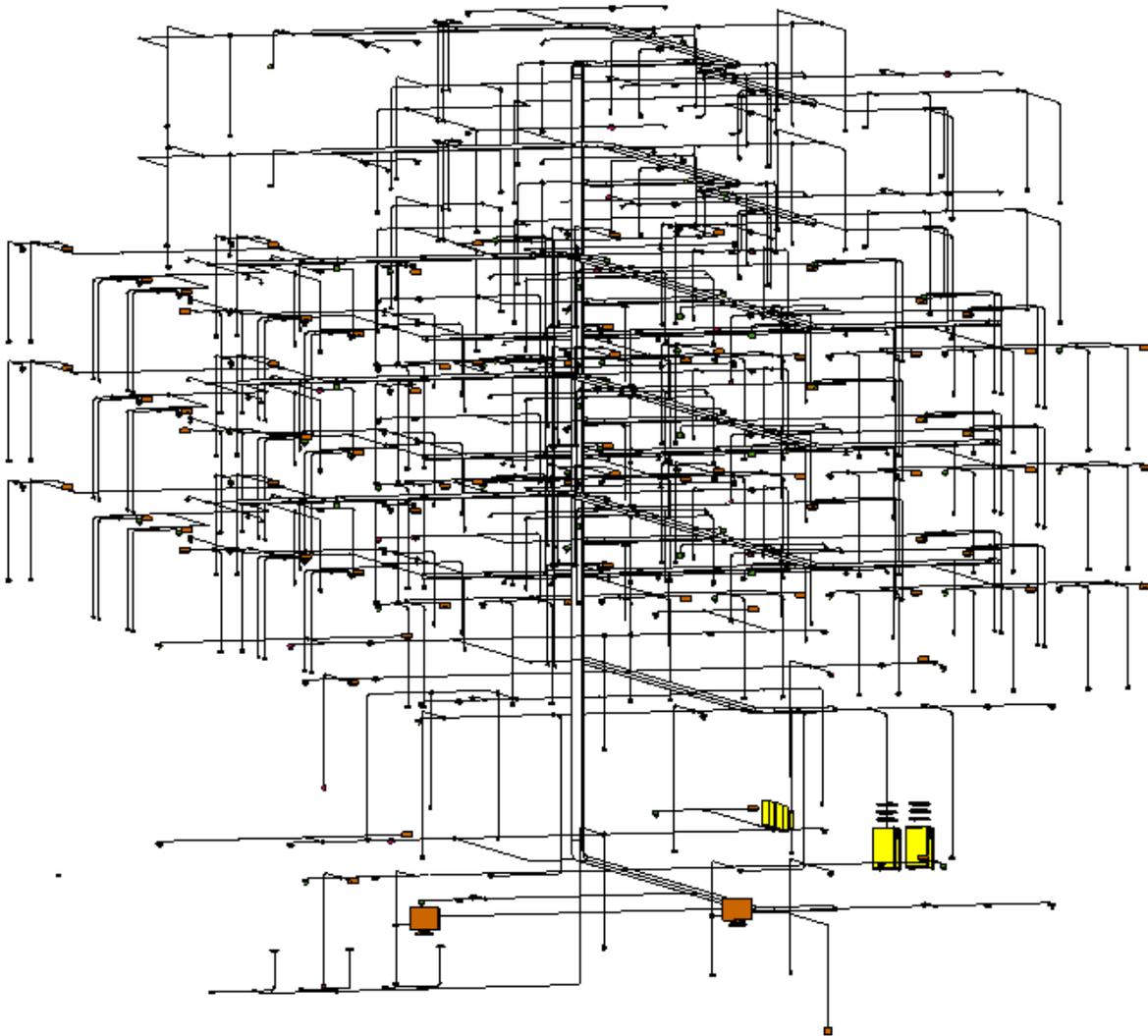
Nota: El modelado estructural en Revit es una parte fundamental del proceso de diseño y construcción de edificaciones, que proporciona herramientas poderosas para crear modelos precisos, coordinar la información entre equipos y garantizar la integridad estructural del proyecto. Elaboración propia.

5.3.5 Modelo de Instalaciones electrónicas y de telecomunicaciones

El modelado de estos sistemas se lo realizó en Autodesk Revit utilizando la plantilla *MEP(Electric)*, esta plantilla es esencial para crear modelos detallados de estos sistemas. El modelado e integración con otras disciplinas facilita el diseño preciso, la documentación automática, la colaboración de datos compartidos y la optimización de sistemas, mejorando la eficiencia y la calidad del edificio a lo largo de su ciclo de vida. La figura 45 se evidencia el diseño y modelado de todos los sistemas: comunicaciones, seguridad, contra incendios, Audio y Video, así como la combinación armoniosa de todos estos dentro de un mismo modelo, siendo un punto crucial la estructuración del modelo en esta etapa detallado en las figuras 37, 38 y 39 detalladas previamente.

Figura 45.

Modelado de sistemas de Electrónica y Telecomunicaciones del edificio Calipso con herramienta BIM Revit haciendo uso de plantilla MEP (Electric).



Nota: El presente modelado incluye todos los sistemas de acuerdo al Plan de Ejecución BIM (PEB); Audio y Video, Comunicaciones, Seguridad y Contra incendio, conforme al apartado 5.2.2 *Objetivos de la utilización de BIM*. Elaboración propia.

5.3.6 Estrategia de integración de modelos BIM

Esta estrategia permitirá consolidar toda la información de las diversas disciplinas del proyecto en un único archivo, en contraposición a mantener los modelos BIM por separado.

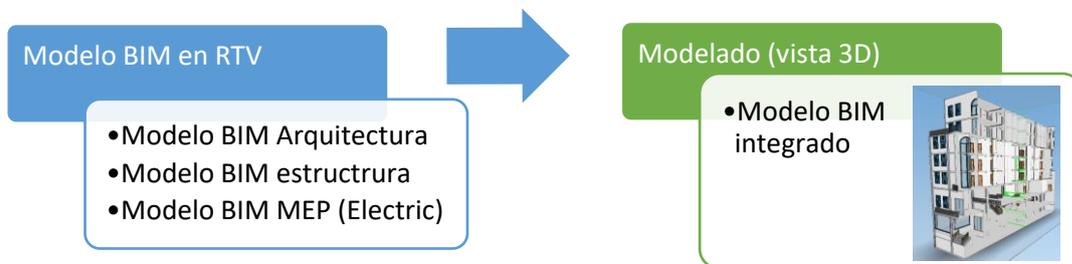
Este enfoque permite la colaboración al fusionar la información en un modelo unificado, facilitando la identificación de interferencias entre las distintas especialidades.

5.3.6.1 Orden espacial de disciplinas

La integración de los modelos se realizó utilizando el software Revit, que asegura una vinculación precisa en términos de escala, coordenadas y georreferenciación. Esto garantiza un diseño coherente que previene conflictos entre las especialidades. La Figura 46 proporciona una representación gráfica del proceso de integración y muestra qué modelos están presentes en el mismo.

Figura 46.

Estructura de modelo integrado Edificio Calipso



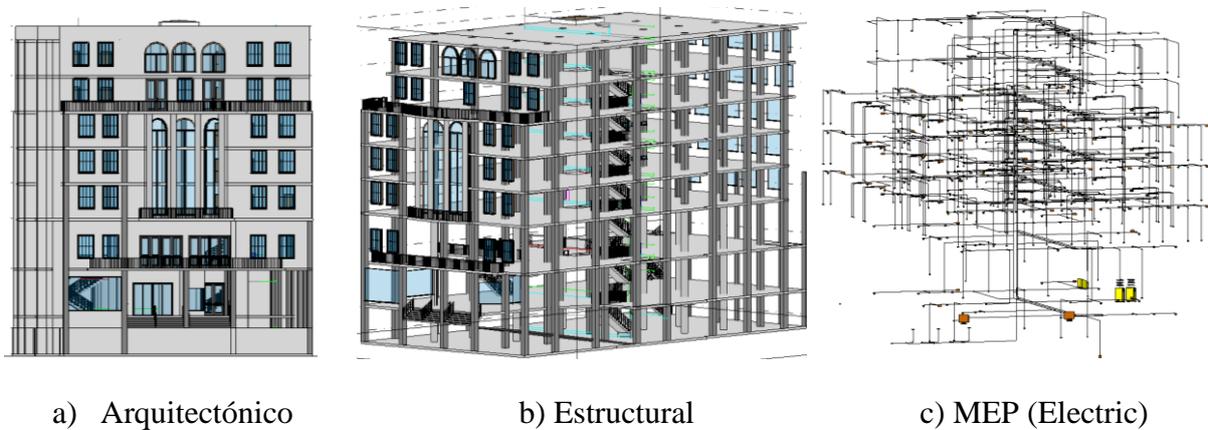
Nota: Este tipo de estrategia permite a un único encargado incluir todos los modelos en uno. Elaboración propia.

A continuación, la figura 47 muestra las diferentes disciplinas que componen el modelo BIM de acuerdo a los requerimientos de la Solicitud de Información BIM detallado en el Plan de Ejecución (BEP).

En la figura 34 se describe el tipo de colaboración que evidencia el uso de un entorno de datos compartidos (CDE) siendo este esencial para el modelado BIM al proporcionar un entorno colaborativo y seguro para almacenar, compartir y gestionar toda la información relacionada con un proyecto de construcción. Su implementación adecuada mejora la eficiencia, la comunicación y la calidad del proyecto, lo que resulta en un proceso de construcción más fluido y exitoso.

Figura 47.

Modelo BIM integrado en herramienta de modelado Revit



Nota: La integración de especialidades deberá realizarse previo a la publicación del modelo BIM en el entorno de datos compartidos (CDE). Elaboración propia.

5.3.6.2 Georreferenciación y Manejo de Coordenadas Compartidas

En el contexto del modelado en Revit, la georreferenciación implica asignar coordenadas geográficas a elementos específicos del edificio, es decir, un sistema de referencia común para integrar diferentes aspectos y parámetros.

En este caso, el proyecto partirá del modelo arquitectónico, este servirá de base para desarrollar los modelos de sistemas en electrónica y telecomunicaciones, de acuerdo al alcance del estudio. Cada elemento, ya sea paredes, columnas, tuberías, equipos etc., estará georreferenciado a una ubicación específica de origen, definida por coordenadas geográficas como altitud, longitud y, ocasionalmente, latitud.

La georreferenciación aporta múltiples beneficios al proyecto, incluida la capacidad de visualizar los modelos en su contexto geográfico real, lo cual es particularmente valioso en entornos complejos. A continuación, se ofrece una explicación gráfica del concepto.

En la siguiente figura se aprecia como trabajan las coordenadas compartidas mediante la integración de los demás modelos, arquitectónico y estructural como referencia para el diseño y modelado del modelo de sistemas dentro de las instalaciones electrónicas y telecomunicaciones en lo que se refiere al caso de estudio del edificio comercial Calipso

Figura 48.

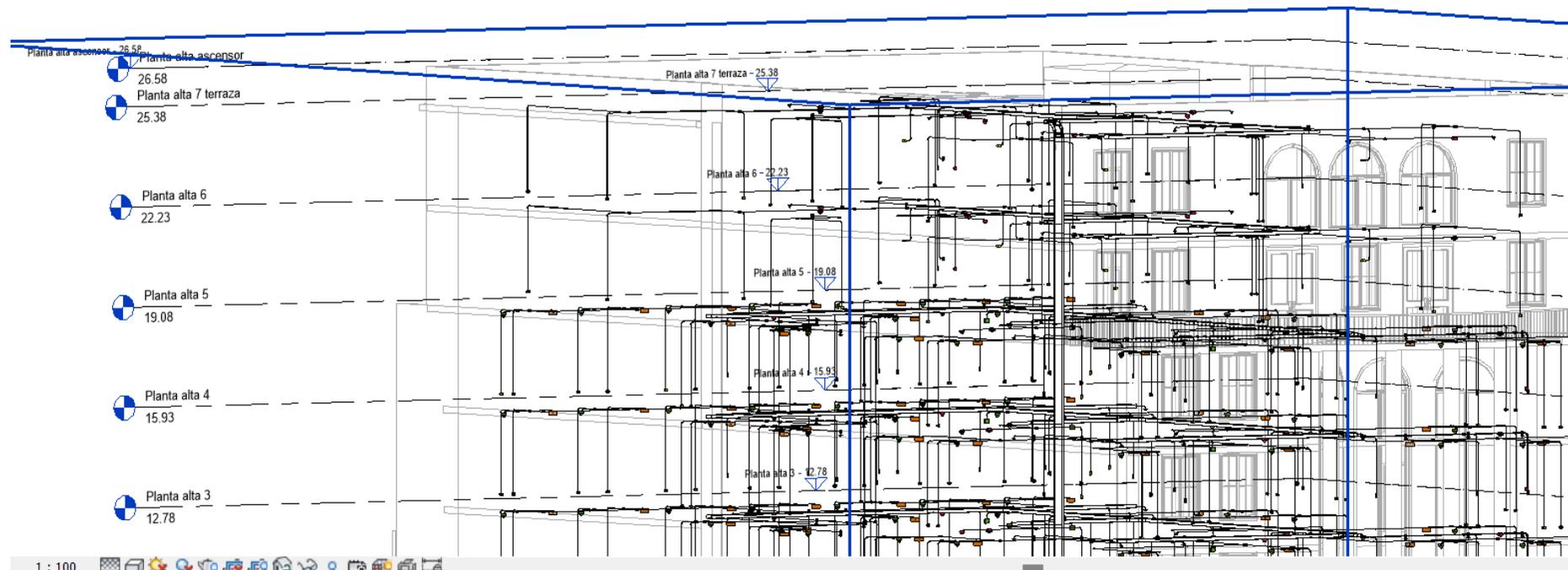
Georreferenciación y coordenadas compartidas de los modelos BIM integrados (Subsuelo- planta alta 4)



Nota: Modelado arquitectónico y estructural tomando como referencia para el diseño y modelado de los sistemas de interés. La georreferenciación también proporciona documentación detallada sobre el sistema de coordenadas compartidas. Elaboración propia.

Figura 49.

Georreferenciación y coordenadas compartidas de los modelos BIM integrados (Planta alta 4-Planta alta ascensor)



Nota: La correcta georreferenciación de os modelos nos va a permitir tener una visión mas realista de los modelos involucrados, esto facilita la detección de interferencias o colisiones entre estos. Elaboración propia.

El diseño integral del proyecto, realizado con el software de modelado Revit de Autodesk, abarca los aspectos fundamentales de la arquitectura, la estructura y los sistemas electrónicos. Mediante la integración de estas disciplinas, se ha creado un modelo tridimensional detallado que refleja la interacción armoniosa entre los diferentes componentes del edificio. Desde la distribución espacial y el diseño estético hasta la ingeniería estructural y la implementación de sistemas electrónicos avanzados, nuestro modelo proporciona una representación completa y precisa de nuestra visión arquitectónica. Las imágenes renderizadas resultantes de la figura 50 ofrece una vista realista y envolvente del proyecto, destacando tanto su belleza visual como su funcionalidad innovadora, lo que permite comunicar eficazmente una propuesta a clientes, colaboradores y partes interesadas.

Figura 50.

Renderización de Modelado de Sistemas en Herramienta CellBIM



a)



b)

Nota: a) Sistemas integrados, vista entre niveles. b) Vista desde usuario. Elaboración propia.

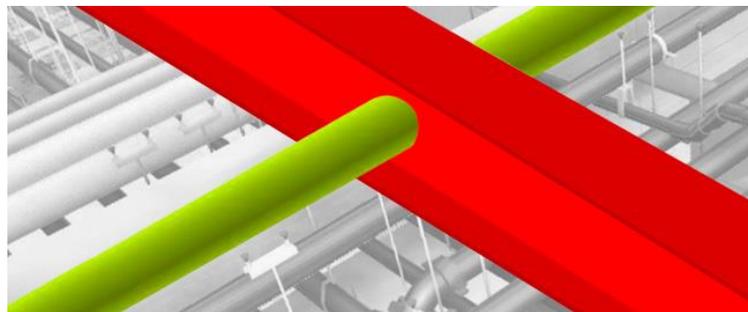
5.3.7 *Detección y Resolución de Incompatibilidad e Interferencias*

Como parte integral de este proceso, se ha priorizado la Detección y Resolución de Incompatibilidades e Interferencias para garantizar un diseño coordinado y eficiente. Mediante el uso de herramientas avanzadas de modelado y revisión en Revit, se ha identificado y abordado cualquier incompatibilidad o interferencia potencial entre los diferentes elementos del proyecto. Esto incluye la detección de conflictos entre componentes arquitectónicos, estructurales y los sistemas electrónicos y telecomunicaciones, con el objetivo de resolverlos de manera proactiva y evitar problemas durante la fase de construcción.

Una de las interferencias identificadas se muestra claramente en la imagen renderizada adjunta que muestra la figura 51, donde podemos observar la superposición de un conducto de comunicaciones con una viga estructural. Este tipo de conflictos pueden tener un impacto significativo en la eficiencia y funcionalidad del edificio si no se abordan de manera adecuada y oportuna.

Figura 51.

Ejemplo de detección de interferencias



Nota: La interacción de los modelos y sus interferencias y/o colisiones entre modelos del proyecto se ven reflejados en base a la madurez del diseño. Elaboración propia

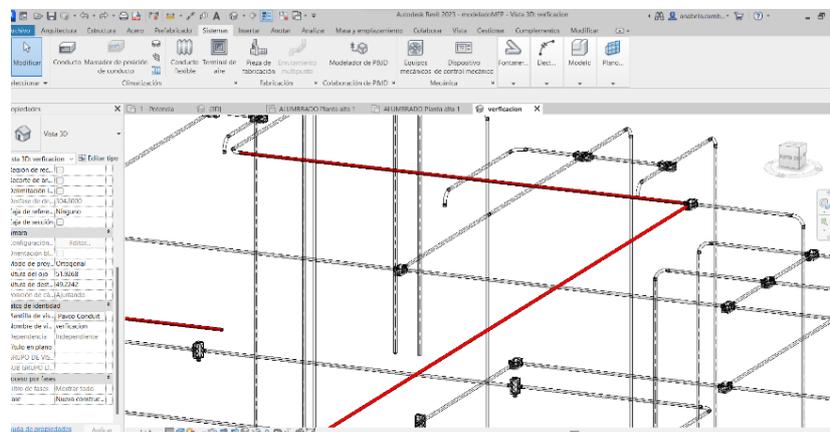
Para resolver estas interferencias y garantizar un diseño coordinado y eficiente en el modelado en Revit, se utilizan herramientas como el "Interference Check" de Revit, la función de "Coordination Review", la integración con Navisworks, plugins y plantillas específicas, y plataformas de coordinación de modelos que llevan a cabo la detección y resolución de incompatibilidades e interferencias. Estas herramientas que ofrece la metodología BIM permiten identificar y resolver conflictos entre elementos del modelo,

mejorar la colaboración entre equipos multidisciplinarios y optimizar el proceso de diseño y construcción en el entorno BIM.

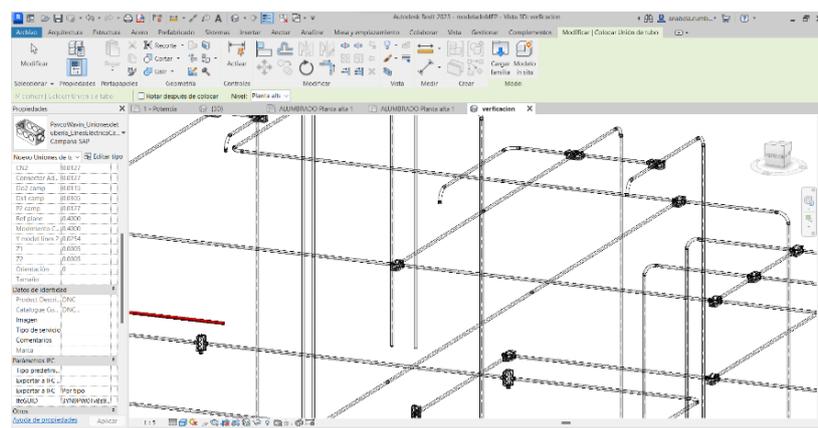
La figura 52 muestra una detección y resolución de incompatibilidad en Revit, haciendo uso de "*Coordination Review*" (revisar Anexo 12) que permite la identificación de discrepancias y la coordinación de soluciones entre equipos y elementos de diseño ajustando los parámetros de los elementos afectados para garantizar su compatibilidad y optimizar su rendimiento dentro del proyecto.

Figura 52.

Detección y Resolución de Incompatibilidad con herramienta "Coordination Review" de Revit



a) Detección de incompatibilidad de diseño



b) Corrección de incompatibilidad

Nota: La figura adjunta muestra una incompatibilidad en la ubicación de ductos, excediendo la distancia máxima de 3 metros según los estándares de la industria de la construcción. Este hallazgo se basa en una evaluación propia.

En resumen, el enfoque en la Detección y Resolución de Incompatibilidades e Interferencias en el modelado en Revit ha permitido crear un diseño integral y sin conflictos, asegurando la eficiencia y la calidad del proyecto en todas sus etapas.

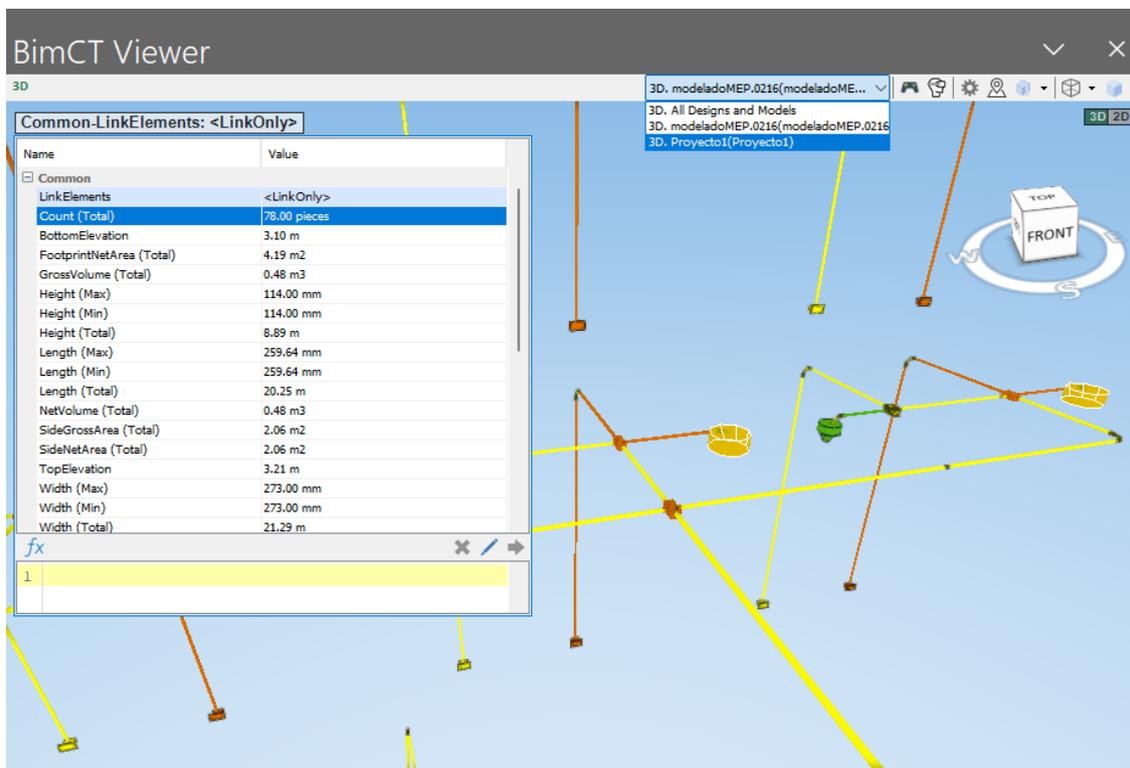
5.3.8 Exportación y Configuración de modelo BIM con herramienta Cell BIM para el cálculo de cantidades y presupuesto

El proceso de transferencia del modelo BIM desde Revit a Cell BIM implica una configuración detallada para una estimación precisa de recursos y costos, esencial en la gestión de proyectos de construcción. Comienza exportando el modelo desde Revit al formato compatible IFC, seguido de su importación a Cell BIM que permita extraer datos numéricos.

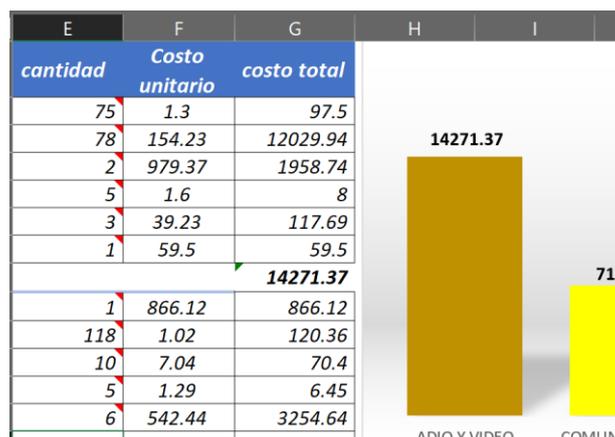
Cell BIM facilita la visualización y sincronización de varios modelos, como se aprecia en la figura 53, permitiendo su visualización gráfica junto con la interfaz de Excel. Los datos BIM se integran en las hojas de cálculo de Excel y mantienen su asociación con los elementos del modelo, lo que permite actualizaciones automáticas si se modifican los modelos y se vuelven a importar. Además, proporciona una visualización clara de la asociación entre las celdas de Excel y los elementos del modelo BIM.

Figura 53.

Integración de modelos BIM en CellBIM para el cálculo de presupuesto



a)



b)

Nota: a) Información de propiedades de elementos o entidades del modelado de sistemas. b) Vinculación entre propiedades con celdas seleccionadas, la fechita roja en la parte superior derecha de la celda significa una correcta asociación con la misma. Elaboración propia.

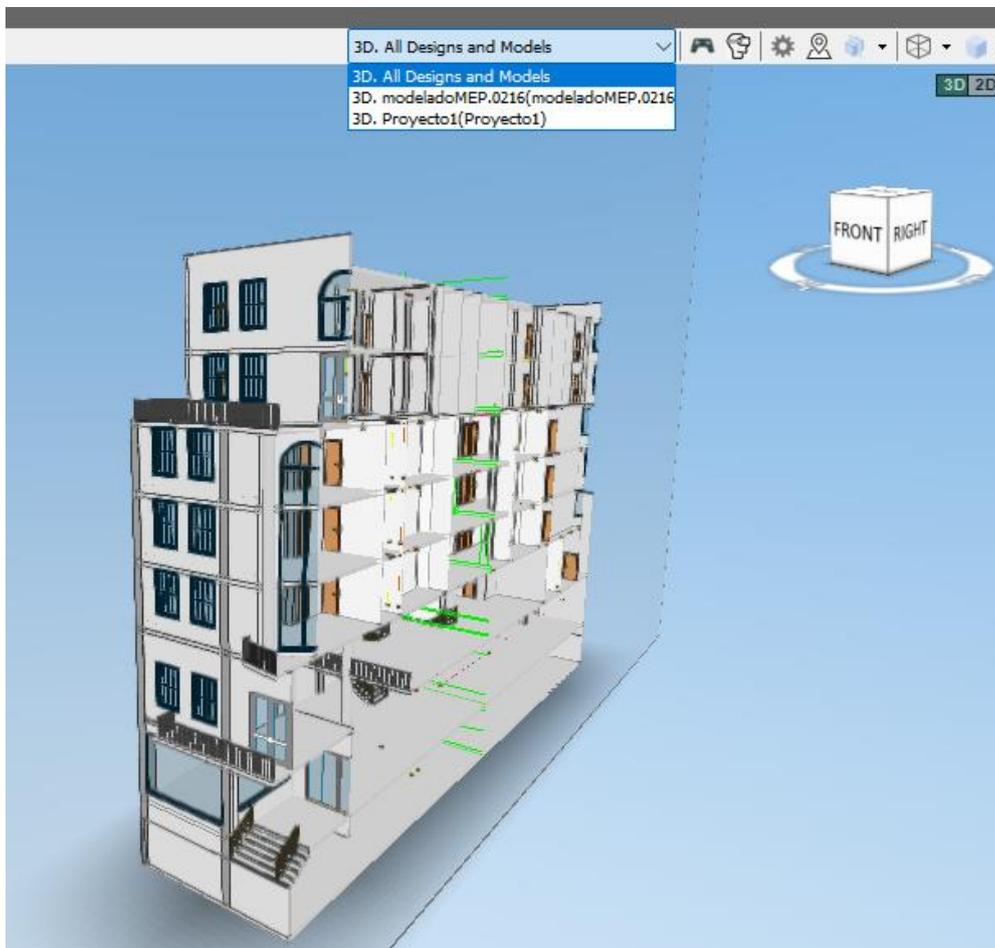
El uso de Excel es prácticamente omnipresente en la mayoría de las industrias, incluida la Asociación Ecuatoriana de corrosión (AEC), y la idea de poder abrir un modelo BIM dentro de Excel y trabajar con sus datos es brillante por su simplicidad. De hecho, puede ver el modelo y trabajar directamente con sus elementos, consultarlo, realizar cálculos, calcular cantidades y explorar visualmente cualquier aspecto del diseño.

La oportunidad de trabajar con modelos Revit en CellBIM radica en la capacidad de transferir de manera eficiente los datos del modelo BIM desde la plataforma de diseño Revit a la herramienta CellBIM. Esto permite realizar una configuración detallada para estimar con precisión los recursos necesarios y los costos asociados en la planificación y gestión de proyectos de construcción. Además, CellBIM ofrece la posibilidad de visualizar y sincronizar varios modelos, así como integrar los datos BIM en hojas de cálculo de Excel, manteniendo su asociación con los elementos del modelo para una actualización automática.

Cell BIM facilita una gestión más eficaz y precisa de la información en el proceso de diseño y construcción, la figura 54 muestra una vista renderizada del diseño y modelado mediante la integración de los modelos arquitectónico, estructural y el de sistemas del presente caso de estudio.

Figura 54.

Vista 3D de integración de modelos en CellBIM en el plano ‘Y’.



Nota: CellBIM proporciona una vista previa detallada de lo que se ha agregado, cambiado y eliminado en el nuevo archivo en un cuadro de diálogo separado, lo cual es muy útil. Elaboración propia.

La exportación y configuración de un modelo de sistemas electrónicos con la herramienta Cell BIM para la estimación de cantidades y costos es un proceso integral que permite planificar y gestionar eficazmente los recursos y costos asociados a un proyecto de construcción, asegurando una ejecución eficiente y rentable del mismo.

5.3.9 Presupuesto

El presupuesto del diseño y modelado de sistemas electrónicos y de telecomunicaciones para proyectos de construcción requiere una planificación financiera precisa. La metodología BIM, combinada con herramientas como Cell BIM y Revit, permite

obtener presupuestos precisos basados en datos concretos y proformas de proveedores reconocidos como Pavco Wavin, Hikvision y Ubiquiti (Revisar Anexo 12). Esto garantiza que el presupuesto esté basado en precios reales y actualizados, evitando sobrecostos y asegurando la viabilidad y el éxito del proyecto.

Una parte fundamental de esta estimación se basa en la asignación de costos unitarios a cada componente del modelo. Para obtener datos reales de presupuesto, se utilizan precios de referencia obtenidos de dos propuestas comerciales relevantes en el mercado (Revisar Anexo 12). Estos precios se integran en una tabla de presupuestos, que sirve como punto de referencia para la planificación financiera del proyecto y la toma de decisiones informada. La siguiente figura 55 ilustra un resumen del presupuesto previsto para cada sistema.

Figura 55.

Presupuestos establecidos para cada sistema mediante herramienta Cell BIM



Nota: Representación gráfica de presupuestos para cada sistema. Elaboración propia.

El uso de CellBIM para la estimación de cantidades y costos garantiza una gestión eficiente de los recursos y una optimización del presupuesto del proyecto. Esto contribuye a la ejecución exitosa del mismo dentro de los límites presupuestarios establecidos, asegurando la entrega de un edificio equipado con sistemas electrónicos y de telecomunicaciones de alta calidad y funcionalidad, satisfaciendo las necesidades y expectativas de los usuarios finales.

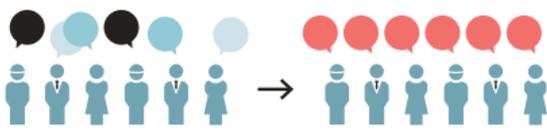
5.4 Desarrollo de manual

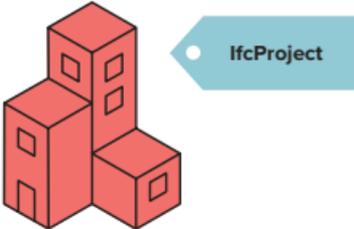
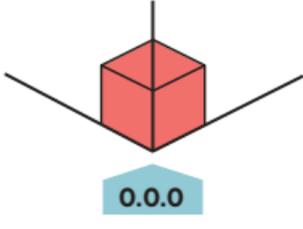
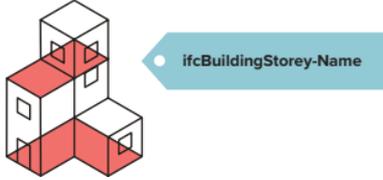
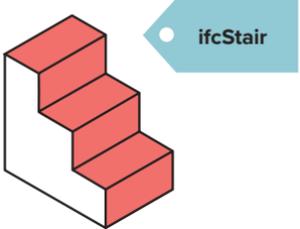
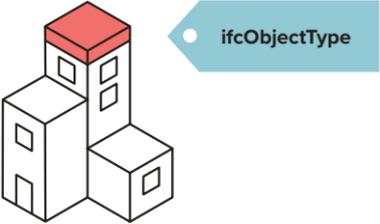
En este apartado se presenta un manual que explica los principales pasos para obtener los diversos entregables definidos por la Solicitud de Información BIM (SD) y el Plan de Ejecución BIM (PEB).

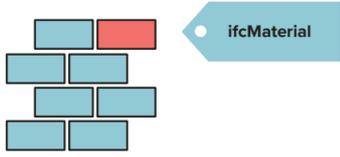
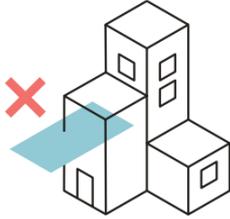
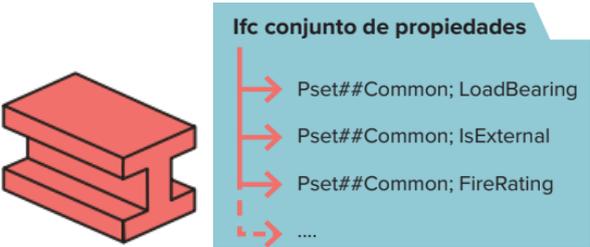
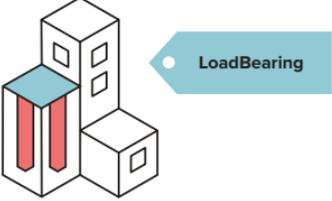
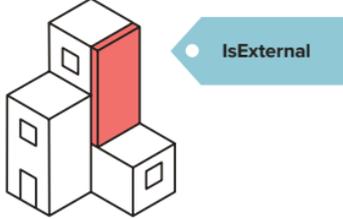
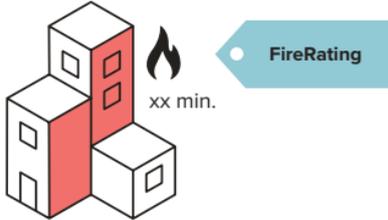
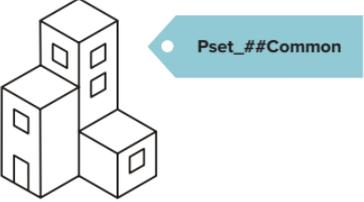
El desarrollo de un manual básico de entrega de información (MEI), aplicando la metodología BIM, es esencial para la gestión efectiva de proyectos de diseño y construcción. Este manual elaborado en la tabla 7 establece estándares y protocolos para la creación, intercambio y utilización de información a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Proporciona directrices claras sobre la estructura de archivos, nomenclatura, definición de propiedades y atributos, así como flujos de trabajo recomendados para la colaboración entre equipos multidisciplinarios, además se presenta un ejemplo breve para un mayor entendimiento en cuanto a la disponibilidad de información de un modelo BIM y de su utilización en un edificio de tipo comercial, “Calipso” como caso de estudio.

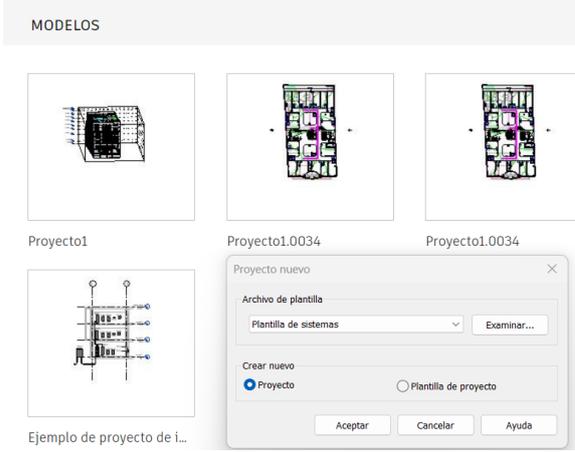
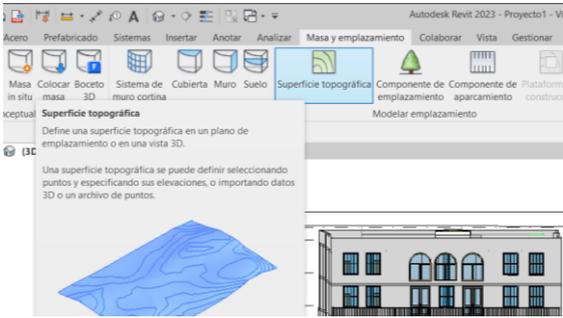
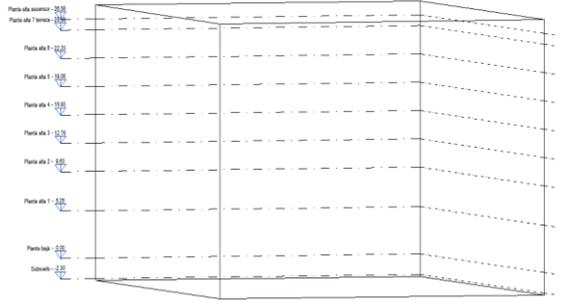
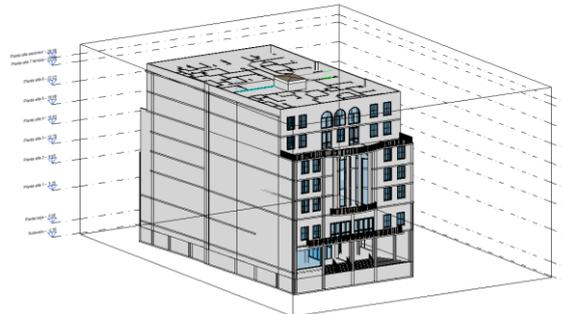
Tabla 7.

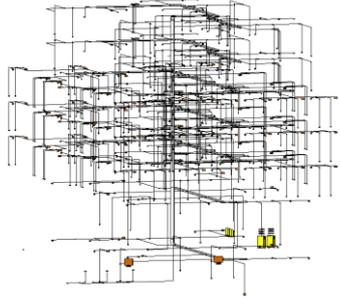
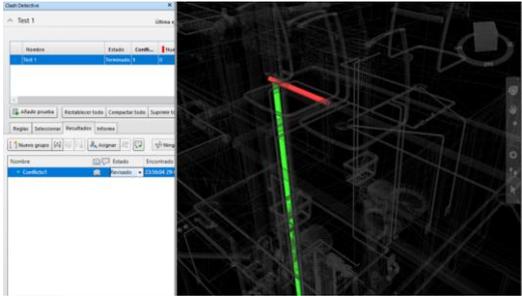
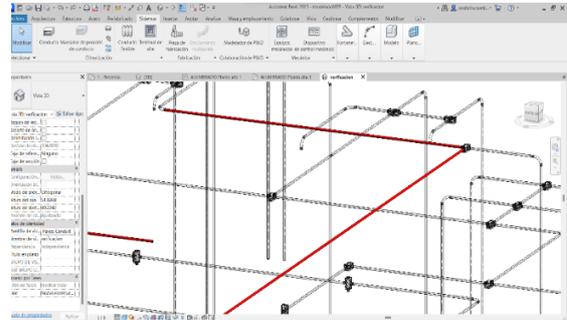
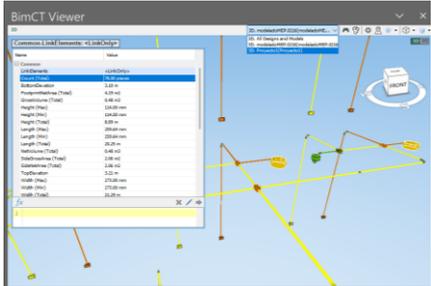
Desarrollo de manual de información básico aplicando la metodología Building Information Modeling (BIM)

MANUAL DE ENTREGA DE INFORMACIÓN (MEI) BÁSICO	
1. ¿POR QUÉ ESTAMOS COMPARTIENDO ESTA INFORMACIÓN SIN AMBIGUEDADES?	
Tener claro que el objetivo es asegurar y reutilizar la información de manera más eficiente y efectiva, por lo que se va a partir de dos premisas importantes:	
Hablar el mismo lenguaje	Eliminar Tareas ineficientes
	
2. ¿CÓMO VAMOS A COMPARTIR ESTA INFORMACIÓN SIN AMBIGUEDADES?	
Existe un importante denominador común, es decir, no se está desarrollando algo nuevo, sino mas bien utilizando estructuras existentes, basadas en openBIM IFC.	
	
3. ¿QUÉ ESTRUCTURA UTILIZAREMOS?	
Cada parte involucrada deberá poder encontrar y proporcionar la información correcta en el lugar correcto, para ello se ha considerado tener una lista de control del manual:	

<p>3.1. El Archivo</p>	<p>3.2. Posición y orientación local</p>	<p>3.3. Niveles de proyecto y su denominación</p>
<p>- Asegúrese de utilizar una denominación uniforme y coherente para los modelos (por disciplina) dentro del proyecto.</p> <p>Ejemplo: <Edificio>_<Disciplina>_ <Componente></p> 	<p>- La posición local del edificio o infraestructura debe estar coordinada y cercana al origen.</p> <p>Consejo: <i>Utilice un objeto físico como punto de origen, situado en 0.0.0, y expórtelo también a IFC.</i></p> 	<p>- Nombre los pisos o niveles del Modelo BIM solo como: ifcBuildingStorey-Name.</p> <p>- Asigne todos los objetos o componentes al nivel correcto.</p> <p>- Dentro de un proyecto, asegúrese de que todas las partes involucradas usen exactamente la misma denominación, que esta se pueda clasificar numéricamente y tenga una descripción textual.</p> <p>Ejemplo 1: <i>00 nivel de acceso</i> Ejemplo 2: <i>01 primer nivel</i></p> 
<p>3.4. Uso correcto de las entidades</p>	<p>3.5. Estructura y denominación</p>	<p>3.6. Sistema de clasificación</p>
<p>- Utilice el tipo más apropiado de entidad BIM, tanto en la aplicación de origen como en la entidad de IFC.</p> <p>Ejemplo: <i>losa = ifcSlab, muro = ifcWall, viga = ifcBeam, columna = ifcColumn, escalera = ifcStair, puerta = ifcDoor, etc</i></p> 	<p>- Estructure y nombre consistentemente los objetos.</p> <p>- Introduzca correctamente el tipo de objeto (ifcType, ifcObjectType o ifcObjectTypeOverride).</p> <p>- Cuando corresponda, introduzca también correctamente el Nombre (ifcName o NameOverride).</p> <p>Ejemplo: <i>aislación de techo, tipo: fibra de vidrio</i></p> 	<p>- Aplique el sistema de clasificación existente usado en el país.</p> <p>- Asigne a cada objeto el código que corresponda, del sistema de clasificación seleccionado.</p> 
<p>3.7. Indique el material correcto de los objetos</p>	<p>3.8. Duplicados e intersecciones</p>	<p>IMPORTANCIA DE HABAR DEL MISMO IDIOMA</p>

<p>- Asigne a los objetos una descripción del material (ifcMaterial)</p> <p>Ejemplo: <i>Piedra caliza</i></p> 	<p>- No se permiten duplicados o intersecciones. Asegúrese de comprobarlo en IFC.</p> 	<p>Al denominar objetos, considere si el nombre cumple con los siguientes criterios. Verifíquelo y sepa qué información está compartiendo.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Significativa - Clara - Comprensible - Consistente - Lógica - Reconocible
<p>4. ¿CÓMO PODEMOS ASEGURAR LA DISPONIBILIDAD DE LA INFORMACIÓN SOBRE LOS OBJETOS PARA SU FUTURO USO?</p>		
<p>Ejemplo: para vigas, las propiedades FireRating, LoadBearing y IsExternal forman parte de Pset_BeamCommon</p> 	<p>4.1. Elemento de carga</p> <p>- Asigne la propiedad LoadBearing a los objetos, cuando corresponda [Verdadero/Falso].</p> 	
<p>4.2. Elementos exteriores</p> <p>Asigne la propiedad IsExternal a los objetos, cuando corresponda [Verdadero/Falso].</p> <p>Consejo: <i>las caras interiores y exteriores de la fachada tienen la propiedad IsExternalTrue</i></p> 	<p>4.3. Resistencia al fuego</p> <p>Asigne la propiedad FireRating a los objetos, cuando corresponda.</p> <p>Consejo: <i>aplicar el estándar existente utilizado en el país correspondiente</i></p> 	<p>4.4. Proyecto específico</p> <p>Defina qué propiedades IFC está utilizando para cada proyecto específico.</p> 
<p>EJEMPLO BÁSICO DE APLICACIÓN (Modelado)</p>		
<p>DESCRIPCIÓN</p>	<p>CUMPLE</p>	<p>IMAGEN</p>

<p>1. Cargar y personalizar plantilla</p> <p>Una plantilla preconfigurada para este modelo incluye los parámetros, unidades, familias y tablas de planificación necesarias para su creación. Además, cuenta con una tabla de planificación específica.</p>	<p>Si</p>	 <p>The screenshot shows the 'MODELOS' (Models) window in Revit. It displays several project templates, including 'Proyecto1', 'Proyecto1.0034', and 'Ejemplo de proyecto de i...'. A 'Proyecto nuevo' (New Project) dialog box is open, showing options for 'Archivo de plantilla' (Template file) and 'Crear nuevo' (Create new) with radio buttons for 'Proyecto' (selected) and 'Plantilla de proyecto' (Project template). Buttons for 'Aceptar' (OK), 'Cancelar' (Cancel), and 'Ayuda' (Help) are visible.</p>
<p>2. Georreferenciación y coordenadas compartidas</p> <p>De manera similar a otros programas, es posible generar nuevos modelos en base a un archivo de puntos que contengan coordenadas compartidas y georreferenciadas ordenadas por X, Y y Z con un formato compatible.</p>	<p>Si</p>	 <p>The screenshot shows the Revit software interface with the 'Superficie topográfica' (Topographic surface) tool selected. The tool's tooltip is visible, explaining that it defines a topographic surface in a plan view or 3D view. A 3D model of a building is shown in the background.</p>
<p>3. Generar niveles y ejes</p> <p>Es un proceso fundamental para establecer la estructura y la organización del proyecto. Facilita la creación y organización del modelo tridimensional.</p>	<p>Si</p>	 <p>The screenshot shows a 3D view of a building model with a grid of levels and axes. The levels are labeled on the left side of the grid, including 'Planta alta aceras', 'Planta alta terreno', 'Planta alta 1', 'Planta alta 2', 'Planta alta 3', 'Planta alta 4', 'Planta alta 5', 'Planta baja', and 'Subsuelo'. The axes are represented by dashed lines forming a 3D coordinate system.</p>
<p>1. Modelar especialidad base</p> <p>El tener un modelo base permite visualizar y coordinar sistemas y componentes en relación con la arquitectura del edificio, mejorando la eficiencia, reduciendo errores y facilitando la gestión de datos en proyectos de construcción.</p>	<p>Si</p>	 <p>The screenshot shows a 3D view of a building model with a grid of levels and axes. The levels are labeled on the left side of the grid, including 'Planta alta aceras', 'Planta alta terreno', 'Planta alta 1', 'Planta alta 2', 'Planta alta 3', 'Planta alta 4', 'Planta alta 5', 'Planta baja', and 'Subsuelo'. The axes are represented by dashed lines forming a 3D coordinate system.</p>

<p>2. Modelar sistemas</p> <p>En este punto se modela los sistemas requeridos haciendo uso de la plantilla MEP que integran los distintos parámetros que permiten su diseño.</p>	<p>SI</p>																																								
<p>3. Integrar modelos BIM</p> <p>Consiste en combinar modelos 3D de diferentes disciplinas en un proyecto central, permitiendo la colaboración, la detección de conflictos y la generación de documentación precisa, mejorando la eficiencia en la construcción.</p>	<p>Si</p>																																								
<p>4. Detectar y corregir incompatibilidades e interferencias</p> <p>Este paso contribuye a la precisión y la calidad del diseño del proyecto a través de procesos como, revisión visual, uso de herramientas de análisis, corrección de interferencias, coordinación entre disciplinas y seguimiento de cambios.</p>																																									
<p>5. Vincular con herramientas BIM para cálculo presupuestario</p> <p>Esto se realiza mediante la exportación de información relevante del modelo BIM, como cantidades de materiales y componentes, a formatos compatibles con las herramientas de cálculo presupuestario.</p> <p>Estos datos se utilizan para generar estimaciones precisas de costos de construcción, permite planificar y gestionar eficientemente los presupuestos, además, mejora la precisión y la eficiencia en la estimación de costos y la toma de decisiones.</p>	<p>Si</p>	 <table border="1" data-bbox="871 1290 1149 1630"> <thead> <tr> <th>cantidad</th> <th>Costo unitario</th> <th>costo total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>75</td><td>1.3</td><td>97.5</td></tr> <tr><td>78</td><td>154.23</td><td>12029.94</td></tr> <tr><td>2</td><td>979.37</td><td>1958.74</td></tr> <tr><td>5</td><td>1.6</td><td>8</td></tr> <tr><td>3</td><td>39.23</td><td>117.69</td></tr> <tr><td>1</td><td>59.5</td><td>59.5</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>14271.37</td></tr> <tr><td>1</td><td>866.12</td><td>866.12</td></tr> <tr><td>118</td><td>1.02</td><td>120.36</td></tr> <tr><td>10</td><td>7.04</td><td>70.4</td></tr> <tr><td>5</td><td>1.29</td><td>6.45</td></tr> <tr><td>6</td><td>542.44</td><td>3254.64</td></tr> </tbody> </table> 	cantidad	Costo unitario	costo total	75	1.3	97.5	78	154.23	12029.94	2	979.37	1958.74	5	1.6	8	3	39.23	117.69	1	59.5	59.5			14271.37	1	866.12	866.12	118	1.02	120.36	10	7.04	70.4	5	1.29	6.45	6	542.44	3254.64
cantidad	Costo unitario	costo total																																							
75	1.3	97.5																																							
78	154.23	12029.94																																							
2	979.37	1958.74																																							
5	1.6	8																																							
3	39.23	117.69																																							
1	59.5	59.5																																							
		14271.37																																							
1	866.12	866.12																																							
118	1.02	120.36																																							
10	7.04	70.4																																							
5	1.29	6.45																																							
6	542.44	3254.64																																							

6 Resultados

De acuerdo al primer objetivo específico y en base a la bibliografía se pudo tomar en cuenta los siguientes puntos:

6.1 Consideraciones de la Revisión bibliográfica

La adopción de la metodología BIM (Modelado de Información para la Construcción) en lugar de la metodología CAD (Diseño Asistido por Computadora) para proyectos de construcción en ingeniería destaca como una elección superior, estableciendo fundamentos sólidos para su preferencia. A través de esta decisión, se evidencian varios beneficios que posicionan a BIM como una opción más avanzada y eficaz en la industria de la construcción:

6.1.1 Consideraciones principales:

- a. *Capacitación y familiaridad:* La transición de CAD a BIM requiere que los profesionales de la ingeniería adquieran nuevas habilidades y se familiaricen con el entorno BIM, lo que puede llevar tiempo y recursos.
- b. *Costos iniciales:* La implementación de BIM puede implicar inversiones en software, hardware y capacitación, lo que representa un gasto inicial.
- c. *Estándares y protocolos:* Es importante establecer estándares y protocolos BIM para asegurar la coherencia y la interoperabilidad en los proyectos.
- d. *Colaboración:* La metodología BIM promueve la colaboración y la coordinación entre los equipos de diseño, lo que puede requerir una adaptación cultural y de flujo de trabajo.

6.1.2 Beneficios de adoptar BIM en lugar de CAD:

- a. *Modelado tridimensional completo:* BIM permite la creación de modelos 3D completos y ricos en datos que representan de manera precisa los elementos del proyecto, lo que mejora la comprensión del diseño y la detección de conflictos.
- b. *Integración de información:* BIM integra información adicional en los modelos, como datos de costos, cronogramas y propiedades de los materiales, lo que facilita la toma de decisiones informadas.
- c. *Detección temprana de conflictos:* BIM permite la detección temprana de colisiones y problemas de diseño, lo que reduce los costos y el retrabajo en la construcción.
- d. *Colaboración mejorada:* Facilita la colaboración en tiempo real entre diferentes disciplinas y equipos, lo que reduce los conflictos y mejora la coordinación.

- e. *Documentación automática:* Genera automáticamente documentación detallada, como planos, listas de cantidades y especificaciones a partir del modelo BIM, lo que reduce el tiempo dedicado a la documentación manual.
- f. *Optimización de recursos:* Ayuda a optimizar el uso de recursos, como materiales y mano de obra, lo que puede reducir los desperdicios y los costos.
- g. *Gestión del ciclo de vida:* Facilita la gestión del ciclo de vida del proyecto, desde el diseño hasta la construcción y la operación, lo que mejora la eficiencia a lo largo del tiempo.
- h. *Visualización avanzada:* Ofrece capacidades de visualización avanzada, como modelado 4D (agregando la dimensión temporal) y 5D (agregando costos), lo que permite una planificación y seguimiento más precisos.
- i. *Sostenibilidad:* BIM facilita la evaluación y el diseño de soluciones sostenibles, lo que puede mejorar la eficiencia energética y reducir el impacto ambiental.
- j. *Competitividad:* La adopción de BIM puede mejorar la competitividad de una empresa en la industria de la ingeniería y la construcción, ya que muchas organizaciones buscan profesionales y equipos que estén familiarizados con esta metodología.

En resumen, aunque la transición de CAD a BIM puede requerir tiempo y recursos iniciales, los beneficios en términos de eficiencia, calidad, colaboración y gestión de proyectos hacen que la adopción de BIM sea una opción valiosa en la ingeniería y la construcción. La elección dependerá de las necesidades y objetivos específicos de cada proyecto y organización.

6.2 Resultados del diseño y modelado de sistemas de Electrónica y Telecomunicaciones

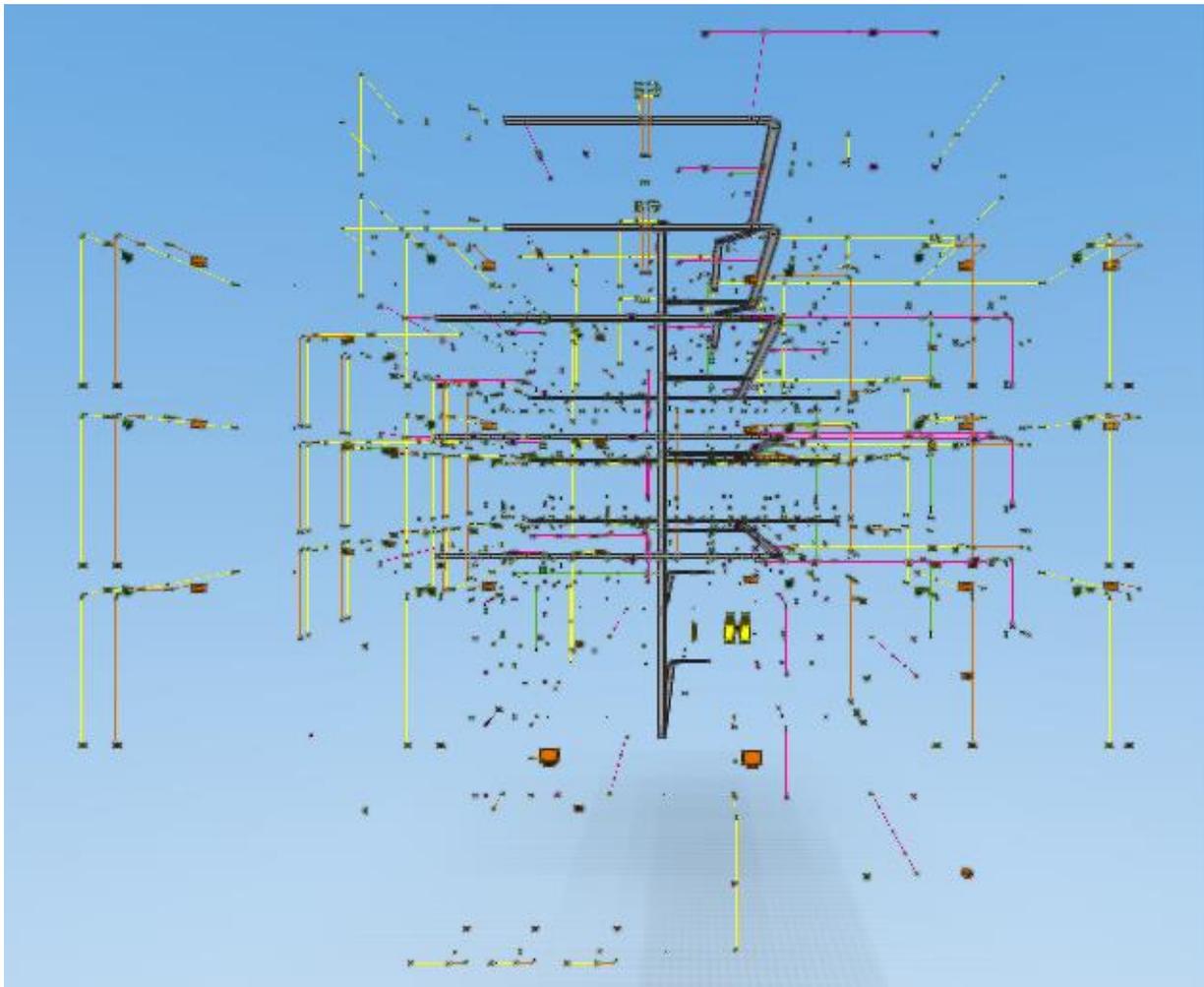
Tras desarrollar un modelo de sistemas de electrónica y telecomunicaciones, que abarca áreas como sonido, audio y video, comunicaciones, seguridad y contra incendios a partir de un modelo arquitectónico en Revit de Autodesk utilizando la metodología BIM, se han obtenido resultados significativos. Este enfoque ha permitido una integración efectiva de los sistemas técnicos con la arquitectura del edificio, lo que ha mejorado la coordinación y la planificación del proyecto. Además, se ha logrado una visualización clara y precisa de todos los sistemas, lo que ha facilitado la detección temprana de posibles conflictos y la toma de decisiones informadas.

En este contexto, se destaca la importancia de una estrategia de integración de modelos, la cual ha sido fundamental para asegurar la coherencia y la compatibilidad entre los diferentes sistemas, así como para promover la colaboración entre los equipos de diseño y

construcción. Como resultado, se espera que este modelo contribuya a una ejecución más eficiente y exitosa del proyecto, garantizando la funcionalidad y seguridad de las instalaciones electrónicas y de telecomunicaciones para edificios comerciales. A continuación, se ilustra en la figura 56 el resultado del diseño.

Figura 56.

Sistema Contraincendios Modelado en Revit en formato 3D



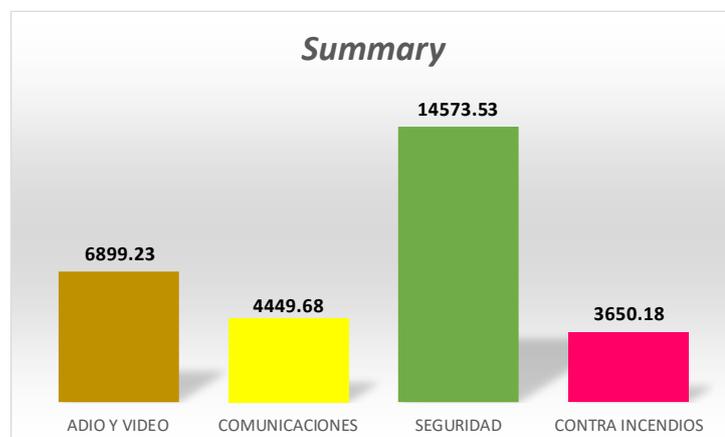
Nota: La imagen corresponde a la renderización de los sistemas haciendo uso de herramientas BIM que permiten una mayor interacción para el interesado. Elaboración propia.

En cuanto al presupuesto que involucra el proyecto en base a los requerimientos de la solicitud de información (SDI) y tras analizar las proformas de precios de equipos, se optó por utilizar CellBIM para el cálculo de cantidades y costos, se ha generado un gráfico que resume

los presupuestos de los sistemas de electrónica y telecomunicaciones en la figura 57, incluyendo audio y video, comunicaciones, seguridad y contra incendios. Este gráfico proporciona una representación visual clara y detallada de los costos asociados con cada uno de estos sistemas, lo que permite una mejor comprensión de la distribución del presupuesto total del proyecto. Además, esta información es invaluable para la planificación financiera y la toma de decisiones, ya que ayuda a identificar áreas de inversión prioritarias y a establecer un control más preciso sobre los costos del proyecto.

Figura 57.

Resumen presupuestario de sistemas de electrónica y telecomunicaciones



Nota: El gráfico proporciona un resumen general del modelado de los equipos que componen cada sistema, basado en las proformas presupuestarias consideradas para su estimación real.

Elaboración propia.

En resumen, el análisis de los presupuestos de los sistemas obtenidos a través de las proformas de precios y el uso de CellBIM ha proporcionado una visión integral y precisa de los costos asociados con los sistemas de electrónica y telecomunicaciones, lo que contribuirá significativamente al éxito y la eficiencia del proyecto en su totalidad.

6.3 Resultados del manual básico de entrega de información (MEI) en BIM

El manual proporciona una guía de doce pasos para la gestión de información en modelos BIM, facilitando el intercambio estructurado de datos entre actores del proyecto a lo largo del ciclo de vida de una edificación o infraestructura, utilizando estándares openBIM. Esta herramienta asegura la disponibilidad y reutilización eficiente de la información en

modelos BIM garantizando la calidad de los entregables BIM solicitados por instituciones públicas y/o empresas.

Los resultados de la elaboración de este manual han sido significativos para la gestión de información en modelos BIM. Se ha observado una mejora sustancial en la estructuración y el intercambio de datos a lo largo del ciclo de vida de proyectos de construcción, lo que ha llevado a una mayor eficiencia en la comunicación entre los diferentes actores involucrados. Además, se ha facilitado la reutilización de la información, lo que ha contribuido a la reducción de costos y tiempos en la ejecución de proyectos.

Como ejemplo de implementación del manual se ha desarrollado un modelado en la especialidad de electrónica y telecomunicaciones, a través de un modelo BIM detallando sistemas de Audio y video, Comunicaciones, Seguridad y Contra Incendio en un edificio comercial. Este modelo incluye todos los componentes necesarios, como altavoces, paneles de control, dispositivos de seguridad y otros. Utilizando herramientas como CellBIM, se han realizado cálculos precisos de cantidades y presupuestos para todos los elementos del sistema, lo que ha permitido una estimación más precisa de los costos de instalación y mantenimiento. Este manual toma un enfoque en la colaboración entre actores y múltiples herramientas BIM que permita hablar “un solo idioma”, esto ha demostrado ser altamente eficaz para optimizar la planificación y ejecución de proyectos de telecomunicaciones dentro del marco de la metodología BIM.

7 Discusión

La comparación entre las metodologías tradicionales de diseño, como CAD, y la metodología BIM en la construcción de edificios comerciales plantea un debate relevante en la industria de la construcción. Mientras que CAD ha sido durante mucho tiempo el estándar para el diseño asistido por computadora, BIM representa una innovación significativa que ofrece oportunidades y desafíos únicos en el diseño y modelado de sistemas de electrónica y telecomunicaciones.

CAD ha sido criticado por su limitada capacidad de integración de sistemas complejos, lo que puede dificultar la colaboración entre equipos de diseño y la gestión eficiente de cambios durante el proceso de diseño. Por otro lado, BIM ofrece una solución más completa al proporcionar una mejor integración y colaboración entre equipos, así como una gestión dinámica de cambios, simulación y análisis avanzados, y una documentación detallada para el mantenimiento futuro del edificio. Estas características hacen que BIM sea especialmente atractivo para proyectos de construcción comercial donde la coordinación entre múltiples disciplinas es fundamental.

Aunque la elección entre CAD y BIM depende de diversos factores, como la complejidad del proyecto y la experiencia del equipo de diseño, la tendencia en la industria apunta hacia una mayor adopción de BIM debido a sus capacidades avanzadas y su potencial para mejorar la eficiencia y la calidad del diseño. Esto se evidencia en estudios realizados en países sudamericanos como Colombia, donde el auge de la metodología BIM es evidente y se ha demostrado su aplicación exitosa en la gestión de proyectos de construcción y en el diseño de infraestructura eléctrica y de telecomunicaciones.

A pesar de los avances en la adopción de BIM en algunos países sudamericanos, aún existen desafíos en su implementación, especialmente en lo que respecta al diseño y modelado eficiente de sistemas de electrónica y telecomunicaciones. Es crucial destacar la necesidad de investigaciones que exploren la implementación de metodologías innovadoras como BIM en este campo para optimizar la industria de la construcción y garantizar proyectos más eficientes y precisos. En este contexto, la implementación de BIM marca un avance significativo en el diseño y modelado de sistemas de electrónica y telecomunicaciones, optimizando recursos y previniendo costos excesivos. La propuesta garantizar su implementación exitosa en proyectos futuros representa un paso importante hacia la adopción generalizada de BIM en la industria de la construcción.

8 Conclusiones

En el presente documento, luego de un exhaustivo proceso de análisis de metodologías en la industria de la construcción, implementación de la metodología BIM en un caso de estudio y el desarrollo de un manual que detalla su uso, se han obtenido las siguientes conclusiones:

- La adopción de BIM en la industria de la construcción ofrece ventajas en comparación con la CAD como: una mejor coordinación, precisión y detección temprana de errores, reduciendo costos y tiempos de ejecución a través de estrategias de integración de modelos, fundamental para garantizar la coherencia y la colaboración entre los equipos y los actores y/o empresas involucradas. En un entorno competitivo, la adopción de BIM y una sólida estrategia de integración son esenciales para el éxito y calidad en proyectos de construcción.
- La metodología BIM, enfocada en la gestión de la información y la colaboración entre equipos, proporciona una solución efectiva que trasciende las limitaciones geográficas y temporales. Esto se logra a través de una integración en un único modelo, facilitada por una familia de softwares especializados, y respaldada por parámetros fundamentales como la Solicitud de Información (SDI) y Plan de Ejecución BIM (BEP). Este enfoque garantiza la coherencia, calidad y éxito en la construcción de sistemas electrónicos y de telecomunicaciones en edificios comerciales.
- El modelado de sistemas electrónicos y de telecomunicaciones en Revit requiere una cuidadosa atención a los parámetros definidos por la SDI y el BEP para la correcta elección de objetivos, usos, estrategias de integración y etiquetado, garantizando el vínculo y eficacia del modelado en conjunto con herramientas complementarias como CellBIM, el cálculo de presupuestos dentro del modelado BIM puede mejorarse aún más, lo que aumentará la eficiencia del proceso y la precisión en la estimación de costos.

- La disponibilidad de un manual básico en BIM es fundamental para garantizar la coherencia, eficiencia y éxito en los proyectos de construcción. Proporciona pautas claras y estándares que promueven la consistencia en la modelación y colaboración, lo que a su vez reduce errores y mejora la eficiencia del proceso. Esta herramienta facilita la adopción efectiva de la metodología BIM, lo que resulta en un proceso de diseño, construcción y mantenimiento más fluido y eficaz, en pocas palabras, al desarrollo exitoso de proyectos de cualquier envergadura.

9 Recomendaciones

Se espera que los hallazgos de este estudio contribuyan al avance del conocimiento en el campo de la metodología BIM y su aplicación en el diseño de sistemas electrónicos y de telecomunicaciones en construcciones comerciales. Además, la expectativa es que las recomendaciones propuestas puedan servir como guía para profesionales, empresas y entidades involucradas en proyectos de construcción en la ciudad de Loja y otras localidades similares.

- Se recomienda encarecidamente la adopción de la metodología BIM en lugar de la tradicional CAD para proyectos de construcción. Esto se debe a las numerosas ventajas que ofrece BIM en términos de coordinación, precisión, colaboración y eficiencia en la gestión de proyectos. Al adoptar BIM, las empresas pueden mejorar significativamente la calidad de sus proyectos, reducir los costos y los tiempos de ejecución, y mantenerse competitivas en un mercado en constante evolución. Es esencial invertir en la capacitación del personal y la implementación de tecnología BIM para aprovechar al máximo estas ventajas y garantizar el éxito a largo plazo en la industria de la construcción.
- Es clave establecer una comunicación clara y continua entre todos los actores involucrados en el proyecto, asegurándose de que comprendan y cumplan con los parámetros establecidos en la Solicitud de Información (SDI) y el Plan de Ejecución BIM (BEP). Esto garantizará una alineación adecuada con los objetivos del proyecto y una ejecución efectiva del modelado en Revit de sistemas electrónicos y de telecomunicaciones. Además, se debe enfatizar la importancia de la formación continua del personal en el uso de estas herramientas y metodologías, lo que mejorará la calidad y eficiencia del trabajo realizado.
- La implementación de un manual básico en BIM es esencial para garantizar la coherencia, eficiencia y éxito en proyectos de construcción. Este manual proporciona pautas claras y estándares que promueven la consistencia en la modelación y colaboración, reduciendo errores y mejorando la eficiencia del proceso. Además, es importante incluir pautas sobre la elaboración de la Solicitud de Información BIM (SDI) y el Plan de Ejecución BIM (BEP) dentro del manual,

ya que estos documentos son fundamentales para establecer objetivos y estrategias de implementación de BIM en el proyecto. Esto asegura una mejor comprensión y aplicación de la metodología BIM, contribuyendo al éxito general del proyecto de construcción.

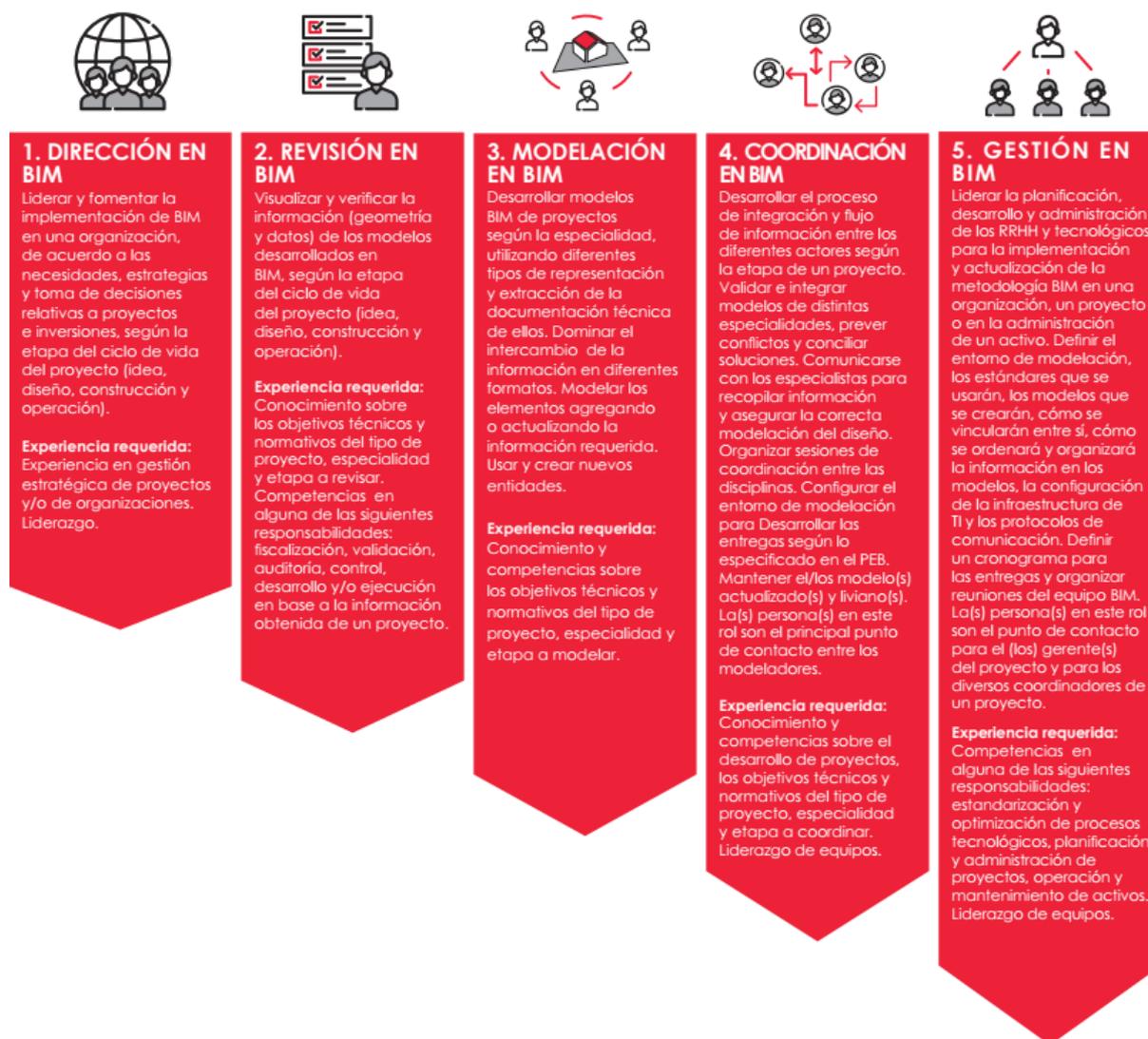
10 Bibliografía

- Endesa. (2022). *Smart Buildings y casas domóticas: Edificios inteligentes* fundacionendesa.org. <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/smart-building-casa-domotica>
- García Fernández, M. (2019, April 25). *Dimensiones BIM, el alcance del programa.* / Editeca. BIM Services. <https://editeca.com/dimensiones-bim-alcance-del-programa/>
- Koala. (2020, May 20). *Ciclo de vida de un proyecto BIM* | Koala Architecture and Engineering. Koala Architecture. <https://koalaarchitecture.com/ciclo-de-vida-de-un-proyecto-bim/>
- LISTA DE PRECIOS OCT 2022 *Construyendo Entornos Saludables y Sostenibles.* (n.d.). www.pavcowavin.com.co
- M, A. (2022, June 8). *AutoCAD: ¿cuáles son las características del software?* - 3Dnatives. 3Dnatives. <https://www.3dnatives.com/es/autocad-cuales-caracteristicas-del-software-020420202/>
- Mendoza, W., & Aguilar, B. (n.d.). *GUÍA NACIONAL BIM GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN PARA INVERSIONES DESARROLLADAS CON BIM.*
- NEC, Norma Ecuatoriana de La Construcción-Infraestructura Común En Telecomunicaciones, código NEC - SB - TE 1 (2018).
- Pérez, S. (2021, June 25). *Modelado MEP en BIM - Bimpsas.* BIMP: Soluciones Para Todos. <https://www.bimpsas.com/modelado-mep-en-bim/>
- Plan BIM. (2021). *ESTÁNDAR BIM PARA PROYECTOS PÚBLICOS.* CORFO. <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>
- Pumasupa, K. (2022, June 28). *Plan de Ejecución BIM (BEP): Qué es, objetivos y beneficios* - Konstruedu. KONSTRUECU.COM. <https://konstruedu.com/es/blog/plan-de-ejecucion-bim-bep-que-es-objetivos-y-beneficios>
- Rodriguez, J. (2019, October 10). *Cómo reducir el coste y el tiempo de ejecución de obras con BIM* - Retain Technologies. BIM, Gestión de Activos. <https://retaintechologies.com/como-reducir-coste-tiempo-ejecucion-de-obras-bim/>

Santa Cruz, T. (2022). BIM en Ecuador: ¿Para cuándo un estándar nacional? - aBIM. In *Alianza BIM* (pp. 06–23). <https://alianzabim.com/bim-en-ecuador-para-cuando-un-estandar-nacional/>

11 Anexos.

Anexo 1. Roles BIM



Nota: Definición de roles BIM. Obtenido de (Plan BIM, 2021)

Anexo 2. Matriz de Roles y capacidades BIM

 						
TEMÁTICAS	CAPACIDADES BIM	DIRECCIÓN EN BIM	REVISIÓN EN BIM	MODELACIÓN EN BIM	COORDINACIÓN EN BIM	GESTIÓN EN BIM
A. Pilares fundamentales del Mandato Nacional BIM al 2020 en el contexto internacional.	1 Las características y déficit del modelo productivo tradicional de la industria de la construcción actual a nivel nacional e internacional versus el modelo productivo BIM.	Comprender / Comunicar	Comprender	Comprender	Comprender	Comprender / Comunicar
	2 Los pilares fundamentales de la metodología BIM relacionadas con: estrategia, procesos y estándares, tecnologías y capital humano.	Comprender / Comunicar	Comprender	Comprender	Comprender	Comprender / Comunicar
	3 Las oportunidades en productividad, competitividad, sustentabilidad e innovación que conlleva la implementación de la metodología BIM.	Comprender / Comunicar / Fomentar	Comprender	Comprender	Comprender	Comprender / Comunicar / Fomentar
B. Metodología BIM centrada en el trabajo colaborativo a lo largo de todo el ciclo de vida de un proyecto.	4 BIM como una metodología de trabajo colaborativo a lo largo de todo el ciclo de vida, considerando desde un inicio los requerimientos de operación y mantenimiento de un proyecto.	Comprender / Comunicar / Fomentar	Comprender	Comprender	Comprender	Comprender / Comunicar / Fomentar
	5 Los beneficios que brinda BIM en términos de ahorro de costos, tiempo y mayor productividad, considerando las limitantes y riesgos que implica su implementación.	Comprender / Planificar / Comunicar	Comprender	Comprender	Comprender	Comprender / Planificar / Comunicar
	6 Los desafíos y cambios que implica implementar una cultura de BIM y las responsabilidades para cada sector: público, privado y academia.	Planificar / Comunicar / Fomentar	No aplica	No aplica	No aplica	Comprender / Comunicar
C.	7 Los desafíos y cambios que implica implementar BIM en una organización (trabajo colaborativo, flujo de información, etc.).	Comprender / Planificar / Comunicar	No aplica	No aplica	Comprender	Comprender
	8 Los Roles BIM y su caracterización de capacidades y responsabilidades, que deben ser integradas al capital humano de una organización.	Comprender	Comprender	Comprender	Comprender	Planificar / Implementar
C. Estrategias de implementación de BIM y la gestión del cambio organizacional.	9 Los requerimientos en cuanto a: rediseño de metodologías, procesos y estándares, habilitación de tecnologías e interoperabilidad y capacitaciones, entre otros.	Validar / Planificar	No aplica	No aplica	No aplica	Planificar / Implementar
	10 Las repercusiones legales y comerciales para la organización.	Validar / Comunicar / Fomentar	No aplica	No aplica	No aplica	Comprender
	11 Los desafíos para la adopción de BIM en una organización, tales como, crear condiciones para el éxito, mostrar logros a corto y mediano plazo, definir línea base y KPIs, entre otros.	Validar / Comunicar / Fomentar	No aplica	No aplica	No aplica	Planificar / Implementar
	12 El cambio organizacional para la implementación de BIM, de acuerdo al nivel de madurez y rol de la organización dentro de la cadena de producción.	Validar / Comunicar / Fomentar	No aplica	No aplica	Comprender	Planificar / Implementar
D. Estrategia de comunicación de acuerdo a la Solicitud de Información BIM (SDI BIM) y el Plan de Ejecución BIM (PEB), para coordinar el trabajo colaborativo.	13 Un sistema de trabajo colaborativo entre los actores de un proyecto, en base a protocolos de comunicación y seguridad, consulta, control, revisión, validación y retroalimentación de la información.	Validar / Comunicar / Fomentar	Aplicar / Validar	Aplicar	Aplicar / Validar	Planificar / Implementar
	14 El flujo de información definido por medio de la Solicitud de Información BIM (SDI BIM) y el Plan de Ejecución BIM (PEB).	Comprender	Validar	Aplicar	Aplicar	Desarrollar / Implementar
E. Marco normativo y estándares para el trabajo colaborativo y coordinado.	15 El marco normativo para el desarrollo de proyectos en BIM.	Comprender	Aplicar / Validar	Aplicar	Aplicar / Validar	Validar
	16 El marco contractual entre los agentes participantes en el proyecto desarrollado en BIM, en relación a la fase del ciclo de vida.	Comprender	Aplicar	No aplica	Comprender	Comprender / Aplicar

E	17	Los estándares e instrumentos pre-establecidos para la industria o desarrollados de forma interna, para el trabajo colaborativo y multidisciplinar.	Comprender	Aplicar	Aplicar	Aplicar	Desarrollar / Implementar
F. Visualización y revisión de la información estructurada y actualizada de un proyecto, según el flujo de trabajo y entregables.	18	La representación de la información geométrica de un proyecto en BIM mediante: planimetrías, visualizaciones 3D, renders, animaciones, etc.	No aplica	Utilizar / Validar	Desarrollar	Desarrollar	Validar
	19	La representación de la información no geométrica de un proyecto en BIM mediante: reportes, planillas, tablas, etiquetas, cuadros de datos,	No aplica	Utilizar / Validar	Desarrollar	Desarrollar	Validar
	20	Los diferentes formatos e interfaces de visualización de la información de un proyecto por medio de dispositivos móviles.	Utilizar	Utilizar	Utilizar	Utilizar	Planificar / Implementar
	21	La exportación e importación de plantillas y datos de proyectos en distintos formatos como: Excel, DWG, DWF, etc	No aplica	Comprender	Desarrollar	Utilizar / Desarrollar	Planificar / Implementar
	22	La información geométrica de un modelo BIM, según Tipo de Información (TDI), Nivel de Información (NDI) y Entregables BIM que se requieran en cada etapa y según cada especialidad (topografía, arquitectura, MEP, estructura, etc.)	No aplica	Utilizar / Validar	Desarrollar	Desarrollar	Planificar / Validar
G. Diseño y desarrollo de un proyecto de edificación o infraestructura en base a modelos digitales y paramétricos.	23	La información no geométrica de un modelo BIM, según Tipo de Información (TDI), Nivel de Información (NDI) y Entregables BIM que se requieran en cada etapa y según cada especialidad (topografía, arquitectura, MEP, estructura, etc.)	No aplica	Utilizar / Validar	Desarrollar	Desarrollar	Planificar / Validar
	24	Las entidades pre-configuradas BIM que facilitan la estandarización e interoperabilidad de los proyectos.	No aplica	Comprender	Desarrollar / Aplicar	Desarrollar / Aplicar	Validar
H. Programación y personalización de las interfaces.	25	La personalización de la interfaz del software BIM, por medio de configuraciones predeterminadas y plantillas.	No aplica	Utilizar	Utilizar	Utilizar / Planificar	Planificar / Desarrollar / Implementar
	26	La automatización de tareas y funciones en los software BIM utilizados.	No aplica	Utilizar	Utilizar	Utilizar / Planificar	Planificar / Desarrollar / Implementar
I. Importación y exportación de modelos de proyectos con datos paramétricos por medio de protocolos de interoperabilidad.	27	La exportación e importación de información entre sistemas BIM interoperables por medio de formato: IFC, LandXML, GIS, BCF, COBle, SQL, etc.	No aplica	Utilizar	Desarrollar	Utilizar / Desarrollar	Planificar / Implementar
	28	Los sistemas/plataformas de gestión de la comunicación e intercambio de información (Entorno de Datos Compartidos o CDE por sus siglas en inglés).	Comprender	Utilizar	Utilizar	Utilizar	Planificar / Desarrollar / Implementar
J. Coordinación e integración de información de diferentes especialidades de un proyecto, para prevenir conflictos e interferencias.	29	La coordinación de los diferentes modelos BIM de un proyecto para evitar y/o detectar posibles incidencias, colisiones o conflictos.	No aplica	Validar	No aplica	Desarrollar	Planificar / Validar
	30	Los informes sobre coordinación, interferencias y colisiones detectadas y/o posibles soluciones.	No aplica	Validar / Desarrollar	No aplica	Desarrollar	Planificar / Validar

M. Operación y mantenimiento de un activo de infraestructura o edificación hasta su desmantelamiento.	37	Los datos para calcular, seguir y reportar indicadores de uso, tiempo y costos para la operación del activo. (ej: rendimiento del diseño, ajuste a normativa y estándares, información de fabricantes y proveedores, costos de reemplazo, períodos de cambio y mantenencias, etc.).	No aplica	Validar	Desarrollar	Utilizar / Desarrollar	Planificar / Validar
	38	La actualización de entidades, datos y procesos en los modelos BIM, ej: piezas, equipamientos y sistemas, registrando su historial que permite trazabilidad.	No aplica	Validar	Desarrollar	Utilizar / Desarrollar	Planificar / Validar
	39	El seguimiento y monitoreo de datos de manera planificada y periódica para una adecuada operación y control logístico del activo.	Comunicar / Fomentar	Validar	Desarrollar	Utilizar / Desarrollar	Planificar / Implementar
	40	La información para la estrategia de consumo y ahorros durante el ciclo de vida, plan de mantenimiento técnico y optimización.	No aplica	Validar	Desarrollar	Utilizar / Desarrollar	Planificar / Validar
	41	La información para la planificación de desastres y preparación ante la posibilidad de evacuación u otras emergencias.	No aplica	Validar	Desarrollar	Utilizar / Desarrollar	Planificar / Validar
N. Alcances de la Era de la Información y el valor de la actualización y formación continua.	42	La actualización permanente del capital humano de la organización respecto de avances tecnológicos en la industria.	Comunicar / Fomentar	Comprender	Comprender	Comprender	Planificar / Implementar

Nota: Esta matriz cuenta con 14 temáticas que contienen las 42 capacidades de acuerdo a los roles. Obtenida de (Plan BIM, 2021)

Anexo 3. Estados de Avance de la Información de los Modelos

Información de Planificación	DC 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 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 Diseño Básico	Fase en la que se preparan los criterios y especificaciones generales de los sistemas que considera el proyecto.
	DD 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 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 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 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 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 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.

Nota: Estos estados muestran la madurez del proyecto de acuerdo al avance que se tenga del mismo. Obtenido de (Plan BIM, 2021)

Anexo 4. Tipos de Información por cada Uso 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 del programa espacial (zonificación)	5. Análisis de ubicación	6. Coordinación 3D	7. Diseño de especialidades	8. Revisión del diseño
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	Requerimientos 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 		•						

Nota: Los tipos de información necesarios serán tomados en cuenta de acuerdo al Uso BIM a implementar. Obtenido de (Plan BIM, 2021)

Anexo 5. Niveles de Información

Concepto		Descripción
NDI-1	Información inicial general	Información inicial, que puede ser estimativa, acerca de área, altura, volumen, localización y orientación de los elementos generales.
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.

Nota: Los niveles de información necesarios serán tomados en cuenta de acuerdo al Uso BIM a implementar. Obtenido de (Plan BIM, 2021)

Anexo 6. Nombres de Archivos y Carpetas

Campo	Descripción	Carpeta	Archivo
Proyecto	Se debe definir un código único de proyecto al inicio de éste, independiente y distinto del número de trabajo interno que tenga la organización. Se recomienda que éste coincida con algún código de contrato existente. El código para el proyecto y cualquier subproyecto debe ser de dos a seis caracteres.	PR1	PR1
Organización	Se debe definir un código único para la organización solicitante. Éste debe ser de tres a seis caracteres.		ABC
Disciplina o sistema	Se debe indicar un código para cada disciplina o sistema dentro del proyecto (Tabla 13). Este código debe ser de tres caracteres.		ARQ
Zona	Se debe indicar un código para la zona de la edificación o infraestructura al cual pertenece el archivo. Éste debe ser de uno a dos caracteres. Nota: Cuando un archivo representa todas las zonas de una edificación o infraestructura debe indicarse como: - ZZ: Todas las zonas		Z1
Nivel o ubicación	Se debe definir un código único para cada nivel si es una edificación y para cada localización si es una infraestructura. Este código debe ser de dos caracteres. - ZZ: Niveles múltiples - XX: No hay nivel aplicable - 01: Piso 1 - 02: Piso 2, etc. - E1: Entrepiso por encima del nivel 01 - E2: Entrepiso por encima del nivel 02, etc. - S1: Subterráneo 1 - S2: Subterráneo 2, etc.		01
Tipo de documento	Se debe indicar un código único para cada tipo de documento (Tabla 12). Este código debe ser de dos caracteres.		MO
Número (opcional)	Cuando un archivo pertenece a una serie que no se distingue por ninguno de los campos anteriores se debe indicar un número secuencial. Este código debe ser de cuatro dígitos.		0001
Descripción (opcional)	El texto descriptivo puede utilizarse para expresar distinciones que permitan el reconocimiento entre documentos. Este texto debe ser corto y preciso en su redacción.		Puertas
Estatus (opcional)	Los códigos de identificación y gestión del estatus de las carpetas y de los archivos pueden seguir lo indicado en la sección de Estatus del Entorno de Datos Compartidos (5.8.1.1). Este código debe ser de uno a tres caracteres. - T: Trabajo en progreso - C: Compartido - P: Publicado - A: Archivado	C	C
Revisión (opcional)	Las carpetas y los archivos pueden indicar la versión de revisión de la información contenida. Este código debe ser de uno a dos caracteres y deben ser asignados de manera secuencial.	A	A
Resultado carpeta: PR1-C-A			
Resultado archivo: PR1-ABC-ARQ-Z1-01-MO-0001-Puertas-C-A			

Elaborada por Planbim, basado en la norma BS 1192:2007+A2:2016

Nota: La correcta elección de nombres y etiquetado mantiene la coherencia del trabajo en equipo. Obtenido de (Plan BIM, 2021)

Anexo 7. Códigos de documentos

Sigla	Documento
CO	Corte
CV	Circulaciones verticales con sus detalles
DE	Detalles exteriores
DH	Detalles zonas húmedas
DI	Detalles interiores
DP	Detalles de planta generales
EL	Elevaciones (interiores y exteriores)
ES	Escantillón
ET	Especificaciones técnicas
GE	Generalidades y notas generales respecto al proyecto
ME	Memoria (arquitectónica, de cálculo, entre otros)
MO	Modelos
PC	Plantas de cielo
PL	Planta
PM	Plan maestro
PO	Programa oficial
PT	Presupuesto
TP	Trabajos previos (demolición, trabajos de sitio, instalación de faenas, trabajos)

Elaborada por Planbim

Nota: Los códigos de documentos permiten saber el estado del modelo BIM. Obtenido de (Plan BIM, 2021)

Anexo 8. Códigos y colores por disciplina y/o sistema

Disciplina	Sigla	Color	R	G	B
Arquitectura	ARQ				
Audio y Acústica	AYA				
Audio	AUD		190	120	10
Acústica	ACU		230	230	30
Cálculo estructural	EST		165	165	165
Carga combustible	CCB				
Redes de combustible	RCB		255	255	0
Escape de gases	EDG		255	215	0
Circuito cerrado de TV	CTV		230	160	0
Climatización	CLI				
Inyección de aire	INY		230	30	100
Extracción de aire	EXA		135	15	80
Retorno de aire	RET		155	40	175
Aire fresco	FRE		215	0	250
Refrigerante	REF		100	60	180
Equipos	EQU		100	30	255
Evacuación condensación	CON		80	110	255
Control centralizado	CCT		30	150	240
Electricidad	ELE				
Fuerza	FRZ		105	160	55
Corrientes débiles	COD		120	255	0
Alumbrado	ALU		205	220	55
Voz y datos	VOD		200	255	0
Extracción de Basura	BAS		110	210	75
Iluminación	ILU		75	175	80
Obras civiles	OCV		55	85	35
Protección contra incendio	PCI				
Detección de incendio	DET		255	20	70
Extinción de incendio	EXT		0	175	255
Red húmeda	RHU		230	60	50
Red seca	RSE		215	165	70
Radiocomunicación	RAD		0	230	255
Redes de gases clínicos	RGC				
Gases clínicos	GCL		100	255	220
Red de aire comprimido	RAC		0	150	135

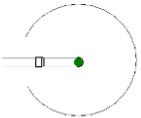
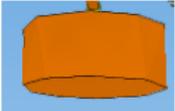
Nota: La correcta elección de códigos y colores mantiene la coherencia y calidad del diseño y modelado. Obtenido de (Plan BIM, 2021)

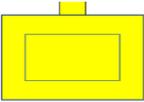
Anexo 9. Entidades mínimas para cada tipo de modelo

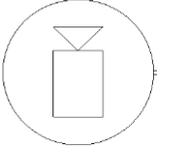
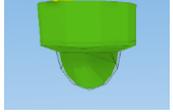
Modelos BIM	Entidades		Ejes (IfcGrid)	Terreno (IfcSite)	Elementos Civiles (IfcCivilElement)	Elementos Geográficos (IfcGeographicElement)	Fundaciones (IfcFounding)	Zonas / Espacios (IfcSpace-IfcZone)	Columnas (IfcColumn)	Vigas (IfcBeam)	Losas / Radier (IfcSlab)	Muros (IfcWall)	Muros Cortina (IfcCurtainWall)	Ventanas (IfcWindow)	Puertas (IfcDoor)	Cubiertas / Techumbre (IfcRoof)	Cielos Falsos / Acabados (IfcCovering)	Sistemas de Circulación / Escaleras / Rampas (IfcTransportElement-IfcStair-IfcRamp)	Equipos e Instalaciones (IfcSoftFurniture-IfcMechanicalDevice-IfcLamp)	Muebles (IfcFurniture-IfcSystemFurnitureElement)	Estructuras Especiales (IfcElementAssembly)	Equipamiento y Tableros MEP (IfcEnergyConversionDevice-IfcDistributionControlElement)	Distribución y Tuberías MEP (IfcDistributionFlowElement)	
Sitio				●	*	*	*	●	*	*	*	*	*			*								
Volumétrico				●	*	*		●																
Arquitectura o Diseño de Infraestructura			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Estructura			●	●	●		●		●	●	●	●	*			●		●			●			
MEP			●	●				●				●							●			●	●	
Coordinación (**)			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	*	●	●	●

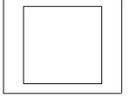
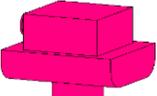
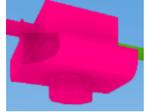
Nota: ●: Elemento requerido, según el tipo de modelo; *: Elemento sugerido, según el tipo de modelo. La descripción del IFC de cada identidad se puede encontrar en la norma ISO 167391:2018. Tomado de (Plan BIM, 2021).

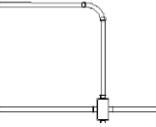
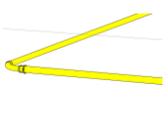
Anexo 10. Matriz de entidades de Electrónica y Telecomunicaciones (especialidad MEP) detallada

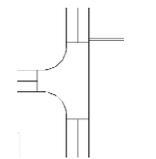
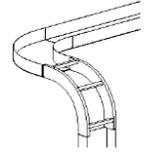
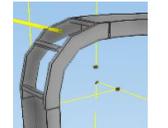
ACTOR ELEMENTO		MEP				ELEMENTO DE MODELO		
ELEMENTO		Parlante Altavoz Cielo Razo Techo Jb Unit 24c Micr 4				SISTEMA DE AUDIO Y VIDEO		
ENTREGA DE INFORMACIÓN		ENTREGA 01: Diseño de anteproyecto	ENTREGA 02: Diseño de anteproyecto	ENTREGA 03: Diseño básico (DB)	ENTREGA 04: Diseño de detalle (DD)	PLANTA	ELEVACIONES	
USOS BIM CUBIERTOS		Levantamiento de condiciones existentes, Análisis de ubicación, Diseño de especialidades	Diseño de especialidades, Coordinación 3D	Diseño de especialidades, Coordinación 3D, detección de interferencias y análisis de diseño	Coordinación y detección de colisiones, Listado de cantidades, Documentación, Análisis de diseño			
ELEMENTO CÓDIGO OmnitClass	INFORMACIÓN GEOMÉTRICA	NDI	1	2	3			
		Detalle geométrico:			Modelado como el tamaño, la forma, el espaciado y la ubicación de los accesorios especificados en el diseño. Las dimensiones aproximadas para el espacio y las holgaduras requeridas para todos los soportes especificados que se utilizarán en el diseño de todos los accesorios.	Modelado como el tamaño, la forma, el espaciado y la ubicación de los accesorios especificados en el diseño. Las dimensiones aproximadas para el espacio y las holgaduras requeridas para todos los soportes especificados que se utilizarán en el diseño de todos los accesorios.		
		Dimensionalidad:			2D-3D	2D-3D		
		Ubicación:			Absoluta	Absoluta		
		Apariencia:			Color / textura / material	Color / textura / material		
Comportamiento paramétrico:			Según requerimientos de diseño	Según requerimientos de diseño				
ELEMENTO CÓDIGO OmnitClass	INFORMACIÓN GEOMÉTRICA	TDI			A - E	A - F		
		Identificación			Categoría: Dispositivos de comunicación Familia: M_Altavoz - Redondo Nombre del tipo: ESTÁNDAR	Categoría: Dispositivos de comunicación Familia: M_Altavoz - Redondo Nombre del tipo: ESTÁNDAR		
		Contenido de la información			Estado de fase: Nueva construcción Elemento: De acuerdo al proyecto Código de elemento: De acuerdo al proyecto Nivel: De acuerdo al proyecto Sistema: AUDIO_VIDEO ID de elemento: De acuerdo al proyecto Unidad: Según itemizado Assembly Code: Según itemizado Assembly Description: Según itemizado	Estado de fase: Nueva construcción Elemento: De acuerdo al proyecto Código de elemento: De acuerdo al proyecto Nivel: De acuerdo al proyecto Sistema: AUDIO_VIDEO ID de elemento: De acuerdo al proyecto Unidad: Según itemizado Assembly Code: Según itemizado Assembly Description: Según itemizado		
		Documentación asociada	No es requerido	No es requerido	Especificaciones técnicas	Especificaciones técnicas		
								VISTA 3D 

ACTOR ELEMENTO		MEP				ELEMENTO DE MODELO		
ELEMENTO		TOMA DE VOZ Y DATOS				SISTEMA DE COMUNICACIONES		
ENTREGA DE INFORMACIÓN		ENTREGA 01: Diseño de anteproyecto	ENTREGA 02: Diseño de anteproyecto	ENTREGA 03: Diseño básico (DB)	ENTREGA 04: Diseño de detalle (DD)	PLANTA	ELEVACIONES	
USOS BIM CUBIERTOS		Levantamiento de condiciones existentes, Análisis de ubicación, Diseño de especialidades	Diseño de especialidades, Coordinación 3D	Diseño de especialidades, Coordinación 3D, detección de interferencias y análisis de diseño	Coordinación y detección de colisiones, Listado de cantidades, Documentación, Análisis de diseño			
ELEMENTO CÓDIGO OmnitClass	INFORMACIÓN GEOMÉTRICA	NDI	1	1	3			
		Detalle geométrico:			Modelado como el tamaño, la forma, el espaciado y la ubicación de los accesorios especificados en el diseño. Las dimensiones aproximadas para el espacio y las holgaduras requeridas para todos los soportes especificados que se utilizarán en el diseño de todos los accesorios.	Modelado como el tamaño, la forma, el espaciado y la ubicación de los accesorios especificados en el diseño. Las dimensiones aproximadas para el espacio y las holgaduras requeridas para todos los soportes especificados que se utilizarán en el diseño de todos los accesorios.		
		Dimensionalidad:			2D-3D	2D-3D		
		Ubicación:			Absoluta	Absoluta		
		Apariencia:			Color / textura / material	Color / textura / material		
Comportamiento paramétrico:			Según requerimientos de diseño	Según requerimientos de diseño				
ELEMENTO CÓDIGO OmnitClass	INFORMACIÓN ALFANUMÉRICA	TDI			A - E	A - F		
		Identificación			Categoría: Dispositivos de comunicaciones Familia: Toma de datos Nombre del tipo: DOBLE	Categoría: Dispositivos de comunicaciones Familia: Toma de datos Nombre del tipo: DOBLE		
		Contenido de la información			Estado de fase: Nueva construcción Elemento: De acuerdo al proyecto Código de elemento: De acuerdo al proyecto Nivel: De acuerdo al proyecto Sistema: COMUNICACIONES ID de elemento: De acuerdo al proyecto Unidad: Según itemizado Assembly Code: Según itemizado Assembly Description: Según itemizado	Estado de fase: Nueva construcción Elemento: De acuerdo al proyecto Código de elemento: De acuerdo al proyecto Nivel: De acuerdo al proyecto Sistema: COMUNICACIONES ID de elemento: De acuerdo al proyecto Unidad: Según itemizado Assembly Code: Según itemizado Assembly Description: Según itemizado		
		Documentación asociada	No es requerido	No es requerido	Especificaciones técnicas	Especificaciones técnicas		
								VISTA 3D 

ACTOR		ARQUITECTURA				ELEMENTO DE MODELO	
ELEMENTO		Cámara IP DOMO 2MP 1080p				SISTEMAS DE SEGURIDAD	
ENTREGA DE INFORMACIÓN		ENTREGA 01: Diseño de anteproyecto	ENTREGA 02: Diseño de anteproyecto	ENTREGA 03: Diseño básico (DB)	ENTREGA 04: Diseño de detalle (DD)	PLANTA	ELEVACIONES
USOS BIM CUBIERTOS		Levantamiento de condiciones existentes, Análisis de ubicación, Diseño de especialidades	Diseño de especialidades, Coordinación 3D	Diseño de especialidades, Coordinación 3D, detección de interferencias y análisis de diseño	Coordinación y detección de colisiones, Listado de cantidades, Documentación, Análisis de diseño		
ELEMENTO CÓDIGO Omniclass	INFORMACIÓN GEOMÉTRICA	NDI	1	1	2		
		Detalle geométrico:			Modelado como el tamaño, la forma, el espaciado y la 2D-3D	Modelado como el tamaño, la forma, el espaciado y la 2D-3D	
		Dimensionalidad:			Absoluta	Absoluta	
	Ubicación:			Color / textura / material	Color / textura / material		
	Apariencia:			Según requerimientos de diseño	Según requerimientos de diseño		
INFORMACIÓN ALFANUMÉRICA	Comportamiento paramétrico:			A - E	A - F		
	TDI			Categoría: Dispositivos de Seguridad	Categoría: Dispositivos de Seguridad		
	Identificación			Familia: Camera-Security-Dome	Familia: Camera-Security-Dome		
	Contenido de la información			Nombre del tipo: 1080p, HDR, SR lens	Nombre del tipo: 1080p, HDR, SR lens		
				Estado de fase: Nueva construcción	Estado de fase: Nueva construcción		
			Elemento: De acuerdo al proyecto	Elemento: De acuerdo al proyecto			
Documentación asociada	No es requerido	No es requerido	Código de elemento: De acuerdo al proyecto	Código de elemento: De acuerdo al proyecto			
			Nivel: De acuerdo al proyecto	Nivel: De acuerdo al proyecto			
			Sistema: SEGURIDAD	Sistema: De acuerdo al proyecto			
			ID de elemento: De acuerdo al proyecto	ID de elemento: De acuerdo al proyecto			
			Unidad: Según itemizado	Unidad: Según itemizado			
			Assembly Code: Según itemizado	Assembly Code: Según itemizado			
			Assembly Description: Según itemizado	Assembly Description: Según itemizado			
				VISTA 3D			
							

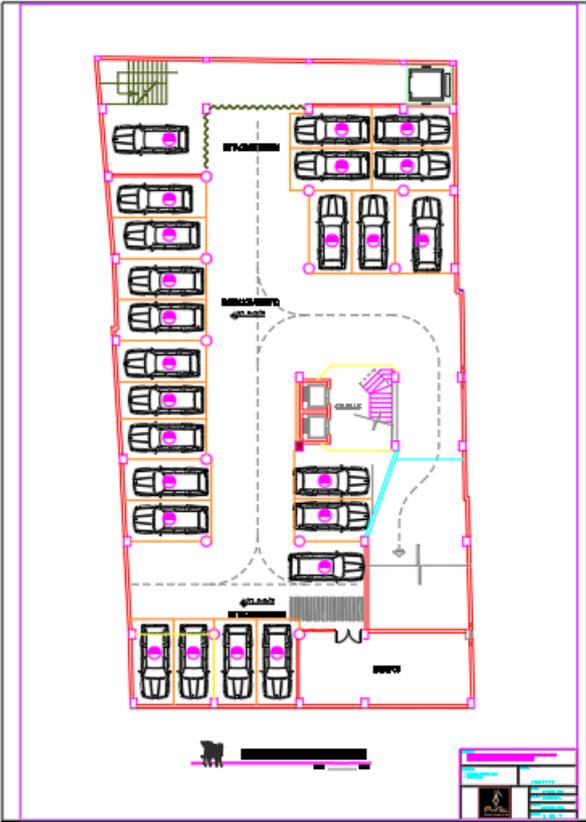
ACTOR		ARQUITECTURA				ELEMENTO DE MODELO	
ELEMENTO		ALTAVOZ DE ALARMA DE INCENDIO CON LUZ ESTROBOCÓPICA (TECHO)				SISTEMAS CONTRA INCENDIO	
ENTREGA DE INFORMACIÓN		ENTREGA 01: Diseño de anteproyecto	ENTREGA 02: Diseño de anteproyecto	ENTREGA 03: Diseño básico (DB)	ENTREGA 04: Diseño de detalle (DD)	PLANTA	ELEVACIONES
USOS BIM CUBIERTOS		Levantamiento de condiciones existentes, Análisis de ubicación, Diseño de especialidades	Diseño de especialidades, Coordinación 3D	Diseño de especialidades, Coordinación 3D, detección de interferencias y análisis de diseño	Coordinación y detección de colisiones, Listado de cantidades, Documentación, Análisis de diseño		
ELEMENTO CÓDIGO Omniclass	INFORMACIÓN GEOMÉTRICA	NDI	1	1	3		
		Detalle geométrico:			Modelado como el tamaño, la forma, el espaciado y la 2D-3D	Modelado como el tamaño, la forma, el espaciado y la 2D-3D	
		Dimensionalidad:			Absoluta	Absoluta	
	Ubicación:			Color / textura / material	Color / textura / material		
	Apariencia:			Según requerimientos de diseño	Según requerimientos de diseño		
INFORMACIÓN ALFANUMÉRICA	Comportamiento paramétrico:			A - E	A - F		
	TDI			Categoría: Dispositivo de alarma de incendios	Categoría: Dispositivo de alarma de incendios		
	Identificación			Familia: M_Altavoz de alarma de incendio con luz estroboscópica	Familia: M_Altavoz de alarma de incendio con luz estroboscópica		
	Contenido de la información			Nombre del tipo: ESTÁNDAR	Nombre del tipo: ESTÁNDAR		
				Estado de fase: Nueva construcción	Estado de fase: Nueva construcción		
			Elemento: De acuerdo al proyecto	Elemento: De acuerdo al proyecto			
Documentación asociada	No es requerido	No es requerido	Código de elemento: De acuerdo al proyecto	Código de elemento: De acuerdo al proyecto			
			Nivel: De acuerdo al proyecto	Nivel: De acuerdo al proyecto			
			Sistema: De acuerdo al proyecto	Sistema: De acuerdo al proyecto			
			ID de elemento: De acuerdo al proyecto	ID de elemento: De acuerdo al proyecto			
			Unidad: Según itemizado	Unidad: Según itemizado			
			Assembly Code: Según itemizado	Assembly Code: Según itemizado			
			Assembly Description: Según itemizado	Assembly Description: Según itemizado			
				VISTA 3D			
							

ACTOR		ARQUITECTURA				ELEMENTO DE MODELO		
ELEMENTO		AVISADOR ACUSTICO DE ALTAVOZ				ELEMENTO DE MODELO		
ENTREGA DE INFORMACIÓN		ENTREGA 01: Diseño de anteproyecto	ENTREGA 02: Diseño de anteproyecto	ENTREGA 03: Diseño básico (DB)	ENTREGA 04: Diseño de detalle (DD)	PLANTA	ELEVACIONES	
USOS BIM CUBIERTOS		Levantamiento de condiciones existentes, Análisis de ubicación, Diseño de especialidades	Diseño de especialidades, Coordinación 3D	Diseño de especialidades, Coordinación 3D, detección de interferencias y análisis de diseño	Coordinación y detección de colisiones, Listado de cantidades, Documentación, Análisis de diseño			
ELEMENTO	CÓDIGO OmniClass	INFORMACIÓN GEOMÉTRICA	NDI	1	3			
			Detalle geométrico:		Modelado como el tamaño, la forma, el espaciado y la 2D-3D	Modelado como el tamaño, la forma, el espaciado y la 2D-3D		
			Dimensionalidad:		Absoluta	Absoluta		
		Ubicación:		Color / textura / material	Color / textura / material			
		Apariencia:		Según requerimientos de diseño	Según requerimientos de diseño			
		Comportamiento paramétrico:		A - E	A - F			
INFORMACIÓN ALFANUMÉRICA	TDI			Categoría: Tubos	Categoría: Tubos	VISTA 3D		
	Identificación			Familia: Tubo con uniones	Familia: Tubo con uniones			
	Contenido de la información				Nombre del tipo: PAVCO_WAVIN-TUBERIAS	Nombre del tipo: PAVCO_WAVIN-TUBERIAS		
					Estado de fase: Nueva construcción	Estado de fase: Nueva construcción		
					Elemento: De acuerdo al proyecto	Elemento: De acuerdo al proyecto		
					Código de elemento: De acuerdo al proyecto	Código de elemento: De acuerdo al proyecto		
			Nivel: De acuerdo al proyecto	Nivel: De acuerdo al proyecto				
			Sistema: De acuerdo al proyecto	Sistema: De acuerdo al proyecto				
			ID de elemento: De acuerdo al proyecto	ID de elemento: De acuerdo al proyecto				
			Unidad: Según itemizado	Unidad: Según itemizado				
			Assembly Code: Según itemizado	Assembly Code: Según itemizado				
			Assembly Description: Según itemizado	Assembly Description: Según itemizado				
	Documentación asociada	No es requerido	No es requerido	No es requerido	No es requerido			

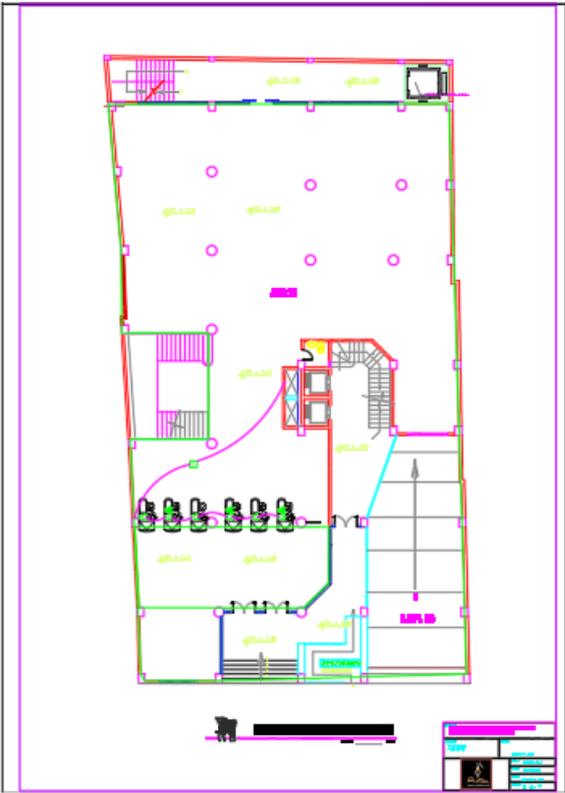
ACTOR		ARQUITECTURA				ELEMENTO DE MODELO		
ELEMENTO		BANDEJA DE CABLES				ELEMENTO DE MODELO		
ENTREGA DE INFORMACIÓN		ENTREGA 01: Diseño de anteproyecto	ENTREGA 02: Diseño de anteproyecto	ENTREGA 03: Diseño básico (DB)	ENTREGA 04: Diseño de detalle (DD)	PLANTA	ELEVACIONES	
USOS BIM CUBIERTOS		Levantamiento de condiciones existentes, Análisis de ubicación, Diseño de especialidades	Diseño de especialidades, Coordinación 3D	Diseño de especialidades, Coordinación 3D, detección de interferencias y análisis de diseño	Coordinación y detección de colisiones, Listado de cantidades, Documentación, Análisis de diseño			
ELEMENTO	CÓDIGO OmniClass	INFORMACIÓN GEOMÉTRICA	NDI	1	3			
			Detalle geométrico:		Modelado como el tamaño, la forma, el espaciado y la 2D-3D	Modelado como el tamaño, la forma, el espaciado y la 2D-3D		
			Dimensionalidad:		Absoluta	Absoluta		
		Ubicación:		Color / textura / material	Color / textura / material			
		Apariencia:		Según requerimientos de diseño	Según requerimientos de diseño			
		Comportamiento paramétrico:		A - E	A - F			
INFORMACIÓN ALFANUMÉRICA	TDI			Categoría: Bandeja de cables	Categoría: Bandeja de cables	VISTA 3D		
	Identificación			Familia: Bandeja de cables con Uniones	Familia: Bandeja de cables con Uniones			
	Contenido de la información				Nombre del tipo: BANDEJA DE CABLE DE CANAL	Nombre del tipo: BANDEJA DE CABLE DE CANAL		
					Estado de fase: Nueva construcción	Estado de fase: Nueva construcción		
					Elemento: De acuerdo al proyecto	Elemento: De acuerdo al proyecto		
					Código de elemento: De acuerdo al proyecto	Código de elemento: De acuerdo al proyecto		
			Nivel: De acuerdo al proyecto	Nivel: De acuerdo al proyecto				
			Sistema: De acuerdo al proyecto	Sistema: De acuerdo al proyecto				
			ID de elemento: De acuerdo al proyecto	ID de elemento: De acuerdo al proyecto				
			Unidad: Según itemizado	Unidad: Según itemizado				
			Assembly Code: Según itemizado	Assembly Code: Según itemizado				
			Assembly Description: Según itemizado	Assembly Description: Según itemizado				
	Documentación asociada	No es requerido	No es requerido	No es requerido	No es requerido			

Nota: Se ha tomado a un único equipo por sistema como ejemplo explicativo de cómo funciona la matriz de entidades detallada. Elaboración propia.

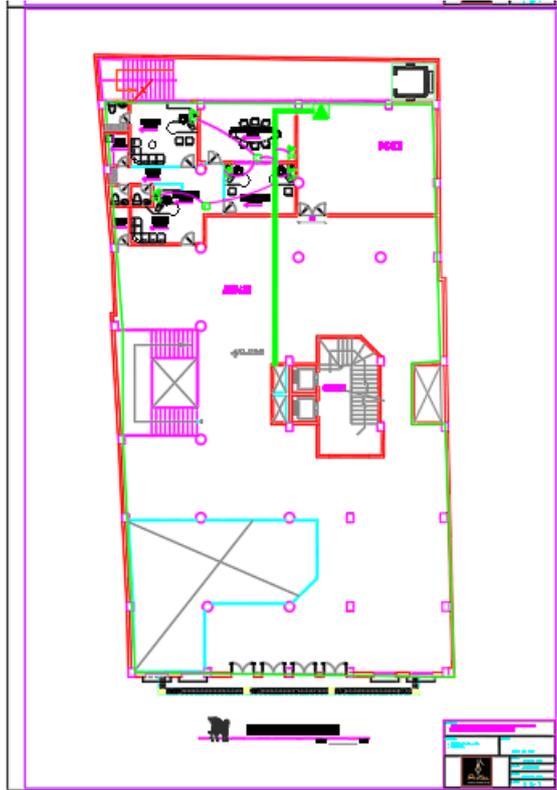
Anexo 11. Planimetría 2D del edificio CALIPSO con herramienta AutoCAD



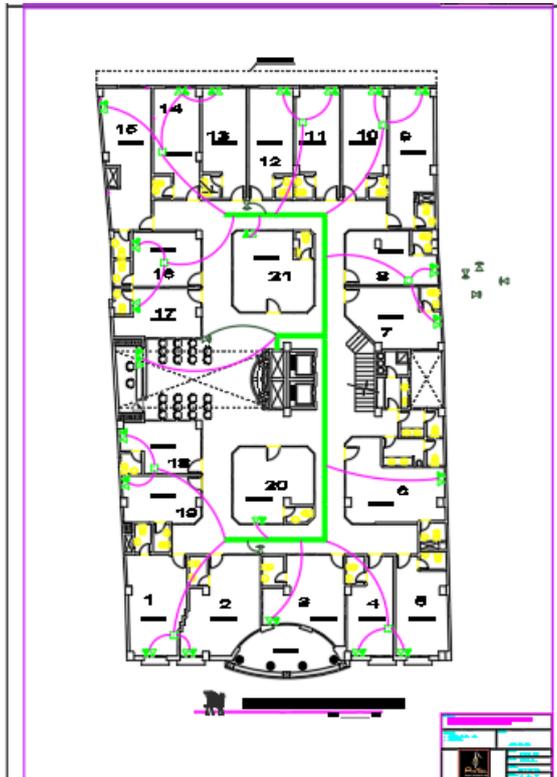
1. Planimetría 2D de estacionamiento



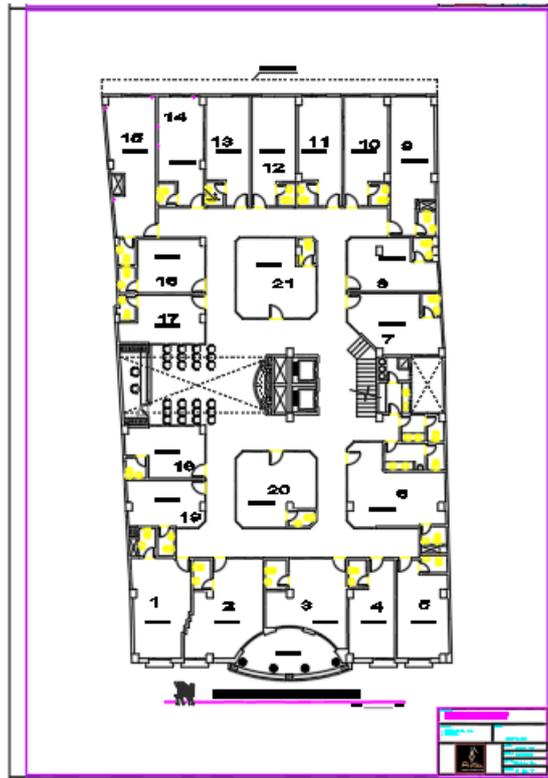
2. Planimetría 2D de la planta baja



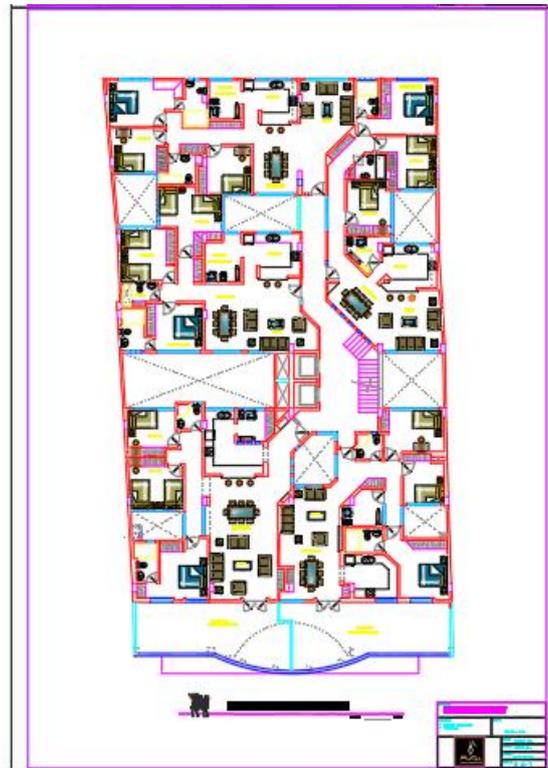
3. Planimetría 2D de la primera planta



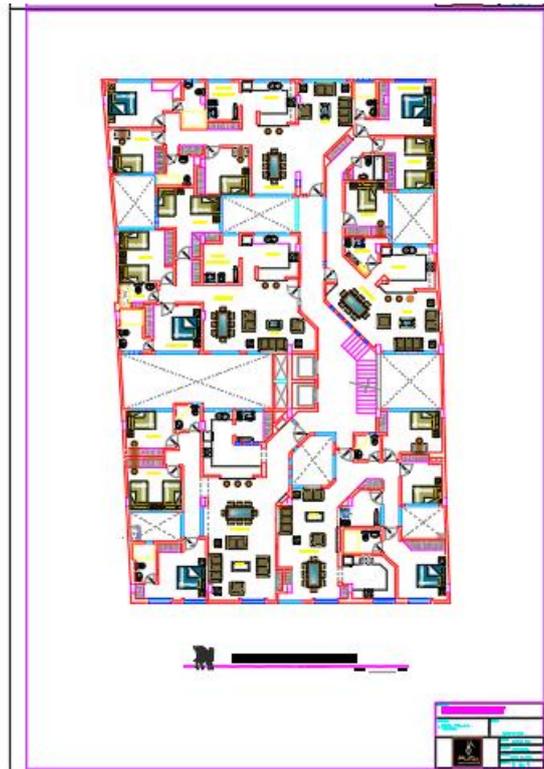
4. Planimetría 2D de la segunda planta



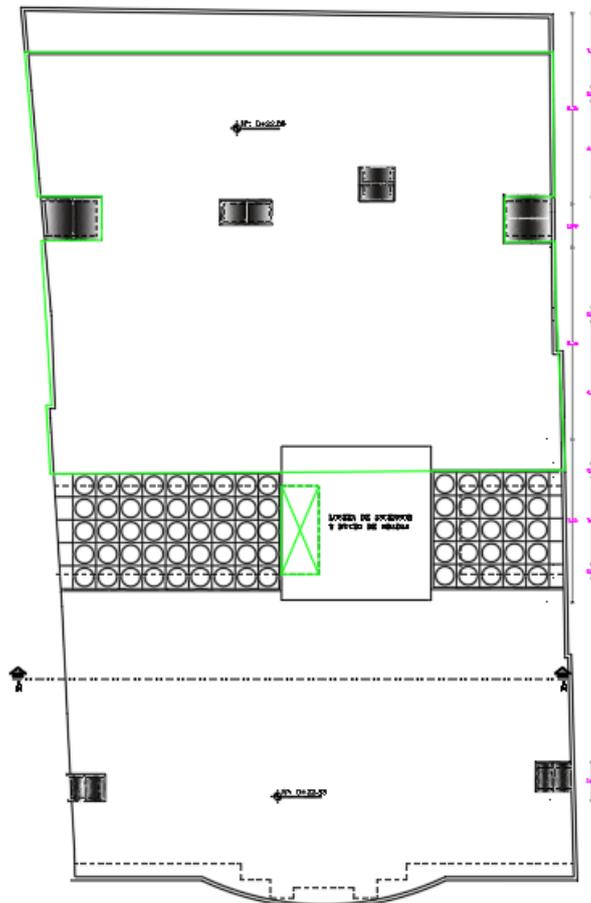
5. *Planimetría 2D de la segunda planta*



6. *Planimetría 2D de la tercera planta*



7. Planimetría 2D de la cuarta planta



8. Planimetría 2D de la terraza

Anexo 12. Presupuesto de los sistemas Electrónicos y de Telecomunicaciones

SISTEMA	FAMILIA Y TIPO	marca	cantidad	Costo unitario	costo total
AUDIO Y VIDEO	Toma de telefono IP	S/N	75	1.3	97.5
	Parlante Altavoz Cielo Razo Techo Jbl Unit 24c Micr 4	S/N	78	154.23	12029.94
	MONITOR DE CCTV LED 43" WIDE SCREEN HDMI , VGA PARA USO 24/7 110VAC	S/N	2	979.37	1958.74
	Toma de tv	S/N	5	1.6	8
	interfono	S/N	3	39.23	117.69
	Estacion de interfono	S/N	1	59.5	59.5
Total					14271.37
COMUNICACIONES	Armario de distribucion	S/N	1	866.12	866.12
	Toma de datos	S/N	118	1.02	120.36
	Caja de conexión -datos	S/N	10	7.04	70.4
	toma de datos - suelo	S/N	5	1.29	6.45
	Switch administrable POE de 24 Puertos	S/N	6	542.44	3254.64
	Tablero de control de accesorios	S/N	3	604.56	1813.68
	Punto de acceso inalambrico doble banda 2.4/5GHZ 5 Antenas	S/N	7	54.53	381.71
	Tablero Central de detección y alarma de incendio algoritmica inteligente	S/N	1	649.66	649.66
Total					7163.02
SEGURIDAD	Cámara IP DOMO 2MP 1080p	Hikvision	60	107.41	6444.6
	NVR 16 CH (Almacenamiento de video)	Bosch Security Systems	1	480.2	480.2
	Cerradura inteligente (sistema de contro de acceso)	Bosch Security Systems	20	142.35	2847
	Cámara de videoportero IP 2MP IR 2 MTS TCP/METALICO WIFI	Bosch Security Systems	2	211.23	422.46
	PANTALLA TOUCH PARA VIDEO TOUCH SCREEN 7" INALAMBRICAS WIFI TCP/ IP	Bosch Security Systems	12	89.45	1073.4
	Lector de hella digital de control de asistencia & Acceso	Bosch Security Systems	12	270.56	3246.72
	Sirena con luz 12VDC	Bosch Security Systems	7	8.45	59.15
Total					14573.53
CONTRA INCENDIOS	Sirena con luz estroboscópica 12-24 VDC	S/N	48	17.31	830.88
	Detector de humo - fotoelectronica	S/N	30	52.67	1580.1
	Detector optico térmico direccionable	S/N	10	44.51	445.1
	Estacion de accionador manual	S/N	8	8.55	68.4
	Sensor detector de movimiento (PIR) Para techo cobertura 360°	S/N	30	24.19	725.7
	Total				
TOTAL					39658.1

Nota: Para la elaboración del presupuesto preciso se utilizó datos concretos y proformas de proveedores reconocidos como Pavco Wavin, Hikvision, Ubiquiti (LISTA DE PRECIOS OCT 2022 Construyendo Entornos Saludables y Sostenibles, n.d.) (LISTA DE PRECIOS OCT 2022 Construyendo Entornos Saludables y Sostenibles, n.d.). Elaboración propia.

Anexo 13. Certificación de traducción del Resumen



FINE- TUNED ENGLISH
тBBOUBO£ IBFTITYT£
Líderes en la Enseñanza del Inglés

Ing. María Belén Novillo Sánchez.

ENGLISH TEACHER - FINE TUNED ENGLISH CIA LTDA.

CERTIFICA:

Que el documento aquí compuesto es fiel traducción del idioma español al idioma inglés del trabajo de titulación "Análisis de la metodología Building Information Modeling (BIM) para el diseño de sistemas Electrónicos y de Telecomunicaciones en construcciones comerciales para la ciudad de Loja" autoría de Anabela Cecibel Cumbicus Quiroga con número de cédula 1900893874, estudiante de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Nacional de Loja.

Lo certifico en honor a la verdad y autorizo a la interesada hacer uso del presente en lo que a sus intereses convenga.

Loja, 16 de agosto del 2023



Ing. María Belén Novillo Sánchez.

ENGLISH TEACHER- FINE TUNED ENGLISH CIA LTDA.

Líderes en la Enseñanza del Inglés

Matriz - Lola: Macari 205-51 entre Rocafuerte y Miguel Riofrío - Teléfono: 072578899
Zamora: García Moreno y Pasaje 12 de Febrero - Teléfono: 072608169
Yantzaza: Jorge Mosouera y Luis Bastidas - Edificio Sindicato de Choferes - Teléfono: 072301329

www.fte.edu.ec