



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Herramientas de planificación y seguimiento de tareas para la implementación de la metodología BIM en la obra de duplicación de vía e implantación del tercer hilo ferroviario entre el muelle de Poniente y el muelle de Levante del Puerto de Valencia.

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil

AUTOR/A: Maldonado Vallejo, Gabriel

Tutor/a: Pellicer Armiñana, Eugenio

Cotutor/a externo: Jordán Palomar, Isabel

CURSO ACADÉMICO: 2025/2026

AUTOR/A: Maldonado Vallejo, Gabriel

Tutor/a: Pellicer Armiñana, Eugenio

Cotutor/a externo: Jordán Palomar, Isabel

CURSO ACADÉMICO: 2025/2026



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos,
Canales y Puertos

Máster Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil

**Herramientas de planificación y seguimiento de
tareas para la implementación de la
metodología BIM en la obra de duplicación de
vía e implantación del tercer hilo ferroviario
entre el muelle de Poniente y el muelle de
Levante del Puerto de Valencia**

Autor:	Maldonado Vallejo Gabriel Alexander
Tutor:	Pellicer Armiñana Eugenio
Cotutor:	Jordán Palomar Isabel
Curso:	2025/2026
Fecha:	17 de enero de 2026



RESUMEN

El presente trabajo de fin de máster define un sistema de implementación de la metodología BIM en la obra de duplicación de vía e implantación del tercer carril del Puerto de Valencia, abordando la alta complejidad técnica y la necesidad de una coordinación interdisciplinar durante la fase de construcción del proyecto. Parte de un análisis que evidencia cómo la adopción de BIM con métodos tradicionales generan riesgos críticos de retrasos y sobrecostos, y que esta metodología es coherente con los requisitos del cliente y la normativa ISO 19650 la cual está enfocada en un correcto modelado 3D y una precisa gestión de información, promoviendo la correcta interoperabilidad entre las herramientas de Autodesk y los IFC generados. Para mejorar la planificación operativa, se desarrolla un Plan Maestro de Entrega de Información que desglosa entregables por disciplina, define responsables, fechas, dependencias y permite una gestión activa del avance mediante hitos verificables. En paralelo, se proponen Indicadores Clave de Desempeño (KPIs) que cuantifican productividad, calidad y cumplimiento de estándares incluyendo métricas de entrega, coherencia de datos, tiempos de revisión, incidencias y conformidad documental. Finalmente, se integra la información sobre un panel de Power BI que consolida los datos y nos permite tomar acciones tempranas ante desviaciones no esperadas. Este sistema reduce incertidumbre, minimiza retrabajos por criterios inconsistentes, mejorar la transparencia hacia el cliente y servirá como un punto de partida para aplicar a todos los proyectos de implementación BIM.

Palabras clave: Implementación BIM, ISO 19650, MIDP, KPIs, Power BI

ABSTRACT

This master's thesis defines a system for implementing the BIM methodology in the track duplication and third rail implementation project at the Port of Valencia, addressing the high technical complexity and the need for interdisciplinary coordination during the construction phase of the project. It is based on an analysis demonstrating that adopting BIM alongside traditional methods generates critical risks of delays and cost overruns, and that this methodology aligns with the client requirements and the ISO 19650 standard, which is focused on proper 3D modeling and precise information management, promoting a correct interoperability between Autodesk tools and the IFC files. To enhance operational planning, a Master Information Delivery Plan (MIDP) is developed, this plan breaks down deliverables by discipline, defines responsible parties, deadlines, dependencies and enables active progress management through verifiable milestones. Concurrently, Key Performance Indicators (KPIs) are proposed to quantify productivity, quality, and standard compliance, including delivery metrics, data consistency, review times, incidents and document conformity. Finally, information is integrated into a Power Bi dashboard that consolidates data and enables early action in the face of unexpected deviations. This system reduces uncertainty, minimizes rework due to inconsistent criteria, improves transparency towards the client, and will serve as a starting point for application across all future BIM implementation projects.

Keywords: BIM Implementation, ISO 19650, MIDP, KPIs, Power BI

RESUDEM

El present treball de fi de màster definix un sistema d'implementació de la metodologia BIM en l'obra de duplicació de via i implantació del tercer carril al Port de València, abordant l'elevada complexitat tècnica i la necessitat de coordinació interdisciplinària durant la fase de construcció del projecte. Es basa en una anàlisi que evidencia que l'adopció de BIM junt mètodes tradicionals genera riscos crítics de retrassos i sobre costos, i que esta metodologia és coherent amb els requisits del client i la norma ISO 19650, orientada a un modelatge 3D adequat i a una gestió precisa de la informació, fomentant la correcta interoperabilitat entre Autodesk i els fitxers IFC generats. Per a millorar la planificació operativa, es desentrolla un Pla Mestre de Lliurament d'Informació (MIDP) que desglossa els lliurables per-disciplina, definix responsables, termes i dependències, i permet una gestió activa de l'avanç mitjançant fites verificables. Paral·lelament, es proposen Indicadors Claus de Rendiment (KPIs) que quantifiquen la productivitat, la qualitat i el compliment d'estàndards, incloent-hi mètriques de lliurament, coherència de dades, temps de revisió, incidències i conformitat documental. Finalment, la informació s'integra en un quadre de comandament en Power BI que consolida les dades i permet adoptar accions tempranes davant desviacions no previstes. El sistema reduïx la incertesa, minimitza els retreballs derivats de criteris inconsistents, millora la transparència cap al client i servirà com a punt de partida per a la seua aplicació en tots els futurs projectes d'implementació BIM.

Paraules Claus: Implementació BIM, ISO 19650, MIDP, KPIs, Power BI

RESUMEN EJECUTIVO

Título: Planificación y seguimiento de tareas para la implementación de la metodología BIM en la obra de duplicación de vía e implantación del tercer hilo ferroviario entre el muelle de Poniente y el muelle de Levante del Puerto de Valencia

Autor: Maldonado Vallejo Gabriel

1. Planteamiento del problema a resolver:

La obra de duplicación de vía e implementación del tercer hilo ferroviario en el Puerto de Valencia presenta una complejidad técnica por la intervención simultánea de varias disciplinas y agentes. Aunque el BIM integra la información en un modelo federado y reduce errores, su aplicación inicial careció de planificación y control. La ausencia de una MIDP y control de KPIs generó una incertidumbre operativa y falta de métricas para poder evaluar el rendimiento del equipo, afectando la coordinación, la calidad y el cumplimiento de los plazos.

2. Objetivos:

Objetivo General:

El objetivo principal del TFM es definir un sistema que permita la correcta implementación BIM de la obra de duplicación de vía e implementación del tercer carril dentro del Puerto de Valencia, evaluando su impacto en la coordinación interdisciplinar, la optimización de plazos y eficiencia de costes durante las fases de diseño, construcción y mantenimiento del proyecto.

Objetivos Específicos:

Establecer la estrategia de implementación BIM en la obra, asegurando la correcta generación de modelos 3D y gestión de la información, en coherencia con los requisitos del cliente y de la normativa ISO 19650.

	Mejorar la planificación operativa de la implementación BIM mediante un Plan Maestro de Entrega de Información (MIDP), desglosando la totalidad de los entregables del proyecto y asignando responsabilidades para tener una gestión activa del proyecto. Definir los indicadores Clave de Desempeño (KPIs) para cuantificar objetivamente la productividad, calidad y cumplimiento de estándares del equipo de modelado y coordinación. Desarrollar una herramienta de visualización y seguimiento en Power Bi para la integración de los datos facilitando así la detección temprano de las desviaciones que se puedan generar en el desarrollo del proyecto.
3. Estructura Organizativa:	Este trabajo se estructura en seis capítulos: Introducción y Objetivos; un marco teórico que fundamenta la implementación BIM, la ISO 19650, los planes de información y los KPIs; la descripción del proyecto y el análisis del problema; la metodología aplicada; el desarrollo de la solución mediante BEP, MIDP, modelado 3D, KPIS, y Power BI; y finalmente las conclusiones y referencias
4. Método	Esta investigación adopta un enfoque mixto, combinando un análisis cualitativo y cuantitativo para definir un sistema integrado de planificación BIM. El enfoque cualitativo se emplea para analizar procesos organizativos, coordinación interdisciplinaria y la gestión de información mediante la revisión documental del BEP, MIDP, manuales BIM y normativa ISO 19650. El enfoque cuantitativo permite medir objetivamente el rendimiento del equipo BIM mediante KPIs de

	productividad, calidad y cumplimientos de plazos, los datos se analizan y visualizan mediante herramientas de Inteligencia Empresarial específicamente en Power BI, para facilitar el seguimiento y la toma de decisiones.
5. Cumplimiento de objetivos:	El objetivo general se cumple mediante la definición de un sistema integrado de implementación BIM, desarrollado en los capítulos de metodología y desarrollo de la solución, donde se evalúa su impacto en la coordinación interdisciplinar, plazos y eficiencia de costes. La estrategia de implementación BIM y la coherencia con la normativa ISO 19650 se demuestran en el análisis documental y normativo, la mejora de la planificación operativa se evidencia a través del desarrollo del MIDP. La definición y aplicación de KPIs se presenta en el apartado de desarrollo de la solución y la integración y seguimiento de datos se materializa mediante el “dashboard” desarrollado en Power BI.
6. Contribuciones:	El trabajo aporta un sistema integral para la implementación BIM alineado con ISO 19650 y requerimientos del cliente, combinando planificación operativa (MIDP), control del rendimiento mediante KPIs y análisis visual con Inteligencia Empresarial. Como beneficios, mejora la coordinación interdisciplinar, reduce reprocesos, optimiza plazos y aumenta la calidad de la información.
7. Recomendaciones:	Se recomienda adoptar una metodología BIM de manera correcta y no solo por cumplir los requerimientos de la obra, esta debe ejecutarse desde fases tempranas del proyecto y debe apoyarse en una planificación mediante un MIDP y tener un control de rendimiento mediante KPIs para poder controlar productividad y calidad. La estandarización de estos procesos facilitara la toma de decisiones, mejora de coordinación entre

	disciplinas y permite replicar este modelo en gestión de proyectos de similar complejidad.
8. Limitaciones	La principal limitación de este trabajo es que el sistema propuesto solo se valida en un único proyecto, las empresas por lo general manejan múltiples proyectos de infraestructura y edificación por lo que se requiere una validación más amplia. Como línea futura se plantea desarrollar una investigación doctoral que permita implementar y escalar el control mediante el MIDP y KPIs a todos los proyectos para fortalecer el sistema global de gestión.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	15
1.1. Planteamiento general: descripción y justificación del proyecto	17
1.1.1. Descripción del proyecto	17
1.1.2. Justificación del proyecto	18
1.2. OBJETIVOS DEL TFM.....	20
1.2.1. Objetivo General.....	20
1.2.2. Objetivos Específicos	20
2. MARCO TEÓRICO	21
2.1. Implementación de la Metodología BIM en Ingeniería Civil.....	21
2.1.1. Evolución del BIM	21
2.1.2. Beneficios y Barreras de la Implementación BIM en infraestructuras.....	24
2.1.3. Aplicación de la Norma ISO 19650 en la gestión de la Información BIM.....	26
2.2. Planes de entrega de Información: MIDP, TIDP, BEP	33
2.2.1. Plan Maestro de Entrega de Información	33
2.2.2. Plan de Información de Tareas.....	34
2.2.3. Plan de Ejecución BIM	35
2.3. Implementación de KPIs	36
2.4. Fundamentos de “business intelligence” (BI) en contextos BIM.....	39
3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	41
3.1. Antecedentes del proyecto	41
3.2. Requisitos BIM del proyecto	43
3.2.1. Objetivos Estratégicos del BIM en el Proyecto.....	43
3.3. La empresa IBIM Building Twice S.L.....	45
3.3.1. Organigrama de la empresa	46

3.3.2.	Gestión de proyectos BIM en la empresa	47
3.4.	Análisis del problema	49
4.	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	51
4.1.	Enfoque de la investigación	51
4.2.	Técnicas de análisis	52
4.2.1.	Análisis Cualitativo	52
4.2.2.	Análisis Cuantitativo	52
4.2.3.	Análisis Documental y Normativo	53
4.2.4.	Análisis de Procesos	53
4.2.5.	Análisis de Datos	53
5.	DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN y resultados obtenidos	55
5.1.	Plan de ejecución BIM	55
5.1.1.	Alcance BIM y usos aplicados para los objetivos del cliente	55
5.1.2.	Alcance BIM y usos aplicados para los objetivos del cliente	56
5.1.3.	Herramientas, flujo de modelado e integración interdisciplinaria	56
5.2.	Plan de entrega de información de tareas	57
5.3.	Modelado 3D	61
5.3.1.	Autodesk Civil 3D	61
5.3.2.	Autodesk Revit	64
5.3.3.	Integración interdisciplinaria	68
5.4.	Indicadores clave de rendimiento	69
5.4.1.	KPI 01: Existencia del modelo inicial	69
5.4.2.	KPI 02: Nivel BIM del cliente	71
5.4.3.	KPI 03: Índice de productividad (Eficiencia del diseño)	72
5.4.4.	KPI 04: Índice de precisión del modelo (Calidad de diseño)	74



5.4.5.	KPI 05: Índice de resolución de interferencias	79
5.4.6.	KPI 06: Índice de retrabajo	80
5.1.	Visualización en Power BI	81
6.	Conclusiones.....	83
7.	Recomendaciones	85
8.	Limitaciones	87
	Referencias bibliográficas.....	88
Anexo A.	Plan de ejecución BIM	89
Anexo B.	Procesos de los usos del BIM.....	103
Anexo C.	Set de propiedades.....	109
Anexo D.	Control de interferencias.....	113

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Dimensiones del BIM</i>	<i>24</i>
<i>Figura 2. Proceso de gestión de la información.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 3. Esquema de funcionamiento del MIDP y TIDP</i>	<i>35</i>
<i>Figura 4. Gráfica impacto/esfuerzo de los KPIs del nivel BIM del entorno.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 5. Metodología BI en BIM.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 6. Esquema de vías del proyecto</i>	<i>42</i>
<i>Figura 7. Procesos dentro de la empresa IBIM</i>	<i>48</i>
<i>Figura 8. Modelado vía ferroviaria</i>	<i>62</i>
<i>Figura 9. Modelado de desvíos ferroviarios</i>	<i>62</i>
<i>Figura 10. Modelado de instalaciones y drenajes</i>	<i>63</i>
<i>Figura 11. Modelado de pavimentación.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 12. Modelado de la urbanización</i>	<i>64</i>
<i>Figura 13. Modelado de instalaciones.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 14. Modelado de catenaria</i>	<i>66</i>
<i>Figura 15. Modelado de la señalética</i>	<i>67</i>
<i>Figura 16. Modelado de cerramientos</i>	<i>68</i>
<i>Figura 17. “Dashboard” en Power BI con los KPIs aplicados en la implementación BIM</i>	<i>82</i>
<i>Figura 18. Organización del CDE</i>	<i>98</i>
<i>Figura 19. Proceso de entregas</i>	<i>99</i>
<i>Figura 20. Procesos para la revisión de los modelos</i>	<i>100</i>
<i>Figura 21. Procesos para la revisión de los modelos</i>	<i>102</i>
<i>Figura 22. Proceso: Información Centralizada</i>	<i>103</i>
<i>Figura 23. Procesos para el diseño y visualización 3D.....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 24. Procesos para la documentación 2D</i>	<i>105</i>

<i>Figura 25. Procesos para la coordinación 3D y gestión de colisiones</i>	<i>106</i>
<i>Figura 26. Procesos para los planos “as-built”</i>	<i>107</i>
<i>Figura 27. Procesos para infografías y recorridos virtuales</i>	<i>108</i>

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Partes de la ISO 19650.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 2. Componentes clave del BEP.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 3. Requerimientos de la contrata de la implementación BIM en la obra.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 4. Plan maestro de entrega de información.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 5. KPI 01: Existencia del modelo inicial – Niveles de control.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 6. KPI 02: Nivel BIM del cliente – Niveles de control.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 7. KPI 03 Índice de productividad – Niveles de control.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 8. KPI 03 índice de productividad – Resultados.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 9. KPI 04 índice de precisión del modelo – Variables de entrada y matriz.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 10. KPI 04 índice de salud del modelo – Niveles de control.....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 11. KPI 05 índice de resolución de interferencias – Niveles de control.....</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 12. KPI 06 Índice de retrabajo – Matriz.....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 13. KPI 06 Índice de retrabajo – Niveles de control.....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 14. Datos del proyecto.....</i>	<i>89</i>
<i>Tabla 15. Agentes Intervinientes (RACI).....</i>	<i>90</i>
<i>Tabla 16. Objetivos BIM solicitados para el proyecto.....</i>	<i>91</i>
<i>Tabla 17. Objetivos BIM solicitados para el proyecto.....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 18. “Software” para el proyecto.....</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 19. Hardware para el proyecto.....</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 20. Usos BIM con sus objetivos.....</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 21. Estrategia de respuesta a los usos BIM.....</i>	<i>95</i>
<i>Tabla 22. Procesos de los usos del BIM.....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 23. Codificación de archivos.....</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 24. Supervisión de los modelos.....</i>	<i>100</i>

1. INTRODUCCIÓN

Building Information Modeling (BIM) es una metodología de trabajo colaborativo que se utiliza para la creación, gestión y desarrollo de los proyectos dentro de la construcción, la cual tiene como objetivo la centralización de la información digital que será generada por varios usuarios (Building Smart Spain, 2025b). Un proyecto y/o activo necesita información a lo largo de su ciclo de vida por lo que el BIM no solo es un modelo 3D sino es una estructura de trabajo que nos permite tomar decisiones importantes, reduciendo así los riesgos que se pueden generar en el proyecto, optimizando los costos y generando una mayor rentabilidad.

En España, la implementación de la metodología BIM ha supuesto un avance en los últimos años ya que el Consejo de Ministros en junio del 2023 aprobó “Plan BIM” dentro de la contratación pública con el objetivo de mejorar la eficiencia del gasto público y transformar digitalmente el sector de la construcción a través de la innovación. Este plan es un hito estratégico ya que establece un marco obligatorio para la incorporación de esta metodología en los procesos del estado. El plan define varios niveles BIM los cuales será aplicados dependiendo del tipo de contrato integrando dentro de ellos el diseño 3D, la planificación 4D, el control de costos 5D y la sostenibilidad 7D (Ministerio de Transportes Movilidad y Agenda Urbana, 2023).

El puerto de Valencia constituye uno de los principales nodos logísticos del Mar Mediterráneo, el cual en los últimos años ha tenido un aumento de su volumen de tráfico por lo que los niveles de infraestructura ferroviaria deberán aumentar para poder abastecer a todos los embarques, en ese contexto el proyecto de duplicación de vía actúa como implementación estratégica para agrandar la operación ferroviaria. La Autoridad Portuaria de Valencia (APV) en los últimos años ha definido que la metodología BIM es obligatoria en todas las obras dentro de sus instalaciones por lo que tienen su propio manual GIS/BIM que incluye todos los requisitos a cumplirse durante la fase de construcción, operación y mantenimiento del proyecto (Autoridad Portuaria de Valencia, 2024).

Sin embargo, a pesar de la existencia de normas internacionales como la ISO 19650 y los manuales elaborados por las distintas empresas, que definen como gestionar la información BIM en los proyectos, persiste una carencia significativa de herramientas para la gestión de

tareas y sistema de indicadores de desempeño para planificar y controlar el avance de la implementación BIM, lo cual dificulta la medición del grado de cumplimiento de los objetivos, seguimiento periódicos, toma de decisiones limitando así la trazabilidad, eficiencia y la mejora continua de los procesos BIM.

La implementación BIM en la duplicación de vía del Puerto de Valencia no es la excepción, como la mayoría de las obras en la actualidad inició con plazos ajustados y con la necesidad de comenzar cuanto antes la producción de modelos y entregables digitales. Adicional, no se contaba con un equipo especializado, por lo que la fase de construcción inició exclusivamente con el modelo digital presentado en la fase de licitación del proyecto, generando así varias limitaciones dentro del proceso constructivo, esto se vio reflejado al momento de la toma de decisiones para una correcta coordinación de disciplinas. Las primeras entregas BIM se realizaron bajo la lógica “Avanzar con todo lo posible” y aun que las entregas cumplieran con el control de calidad y las expectativas del cliente, no existían una referencia cuantitativa del avance alcanzado ni de la meta que se debía lograr cada mes, lo que dificultaba establecer un calendario de entrega, priorizar tareas críticas y evaluar objetivamente el desempeño del equipo de modelado y coordinación.

En este contexto, se puede identificar dos problemas. Por un lado, la gestión inicial del avance BIM en el proyecto se realizó sin un sistema de planificación de datos y por otro, no existe un marco metodológico que integre el MIDP, con un conjunto estructurado de KPIs y herramientas de “Business Intelligence” que apoyen en los procesos de gestión de tareas del equipo BIM. Es por lo que, el presente trabajo propone el diseño y configuración de un sistema de planificación y control del avance BIM el cual estará apoyado en indicadores claves que se los podrá observar en paneles de seguimiento dinámico, con el objetivo de disponer una visión objetiva y en tiempo real del proceso de modelado, mejorando así la toma de decisiones, priorizando actividades críticas, optimizando la asignación de recursos y aumentando la eficiencia del proceso de implementación BIM en este tipo de proyectos.

1.1. Planteamiento general: descripción y justificación del proyecto

1.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto seleccionado para la realización de este trabajo de fin de máster corresponde a la “Duplicación de vía e implementación del tercer hilo ferroviario entre el Muelle de Poniente y el Muelle de Levante del Puerto de Valencia”. Esta obra de infraestructura tiene como objetivo mejorar la conectividad ferroviaria del puerto de Valencia con la finalidad de aumentar su capacidad operativa, manejar de manera eficiente el tráfico de mercancías y mejorando la capacidad logística portuaria.

El proyecto tiene una inversión aproximada de 9.940.239,36€ (Sin IVA) y un plazo de ejecución de 18 meses, la unión temporal de empresas (UTE) está conformada por Dragados y Tecsma Empresa Constructora las cuales tienen una amplia experiencia en proyectos similares. La obra tiene como vía la creación de una doble vía mixta que permitirá la circulación de trenes con un ancho ibérico (1.668 mm) y un ancho internacional UIC (1.435 mm) facilitando la interoperabilidad ferroviaria, aumentará la capacidad de movimiento de trenes y mejorará la conexión del Corredor Mediterráneo.

Bajo un análisis técnico y económico las partidas con un mayor peso de ejecución corresponden a la duplicación de vías y la implementación del tercer carril con un 27.30%, la reposición de los servicios afectados un 27.26%, la electrificación ferroviaria un 12.88% y la señalización un 6.52%. Estas cifras reflejan la complejidad de este proyecto ya que tendrá una combinación de infraestructura líneas, electromecánica y civil, por lo que se requiere una correcta planificación y coordinación entre todos los equipos de trabajo.

Las múltiples tareas deberán garantizar una compatibilidad entre los diseños y sincronización en tareas de campo, aquí radica la importancia de implementar una metodología BIM bajo los estándares de la ISO 19650, ya que nos permitirá centralizar la información técnica, geométrica y documental del proyecto en un modelo único, este servirá para la planificación, control de obra, seguimiento de costes y mantenimiento. Con una información de calidad y disponible en toda la fase de vida del proyecto y/o activo reduciremos retrasos administrativos, tareas de tareas con repetición, errores al momento de tomar decisiones, coordinación multidisciplinar y resolución de conflictos.

La Autoridad Portuaria de Valencia ha establecido una serie de requisitos BIM para esta obra, la mayoría alineados con las ISO 19650. Dentro de los cuales lo primero que se pide es la integración de los modelos 3D desde las primeras fases de diseño y construcción del proyecto, facilitando la coordinación entre disciplinas y la gestión de colisiones en un entorno virtual. Estos modelos deben contener información precisa que nos ayudará a simulaciones en 4D y optimiza la obtención de mediciones precisas en 5D. Estas exigencias no solo responden a necesidades técnicas son que busca solucionar la dispersión de información y tener un modelo digital que refleje el avance real del proyecto.

1.1.2. Justificación del proyecto

La implementación de una metodología BIM en la obra se convierte en un elemento estratégico para poder garantizar la ejecución eficiente, coordinada y trazable durante todas las fases del proyecto, la obra de la “Duplicación de vía e implementación del tercer hilo ferroviario entre el Muelle de Poniente y el Muelle de Levante del Puerto de Valencia” requiere una coordinación precisa entre varias disciplinas como son: civil, ferroviaria, hidráulica, eléctrica y logística, por lo que mediante el BIM se llegará a integrar todas estas en un modelo federado, reduciendo así errores, tareas causadas por un retrabajo, problemas de coordinación y asegurando que los rendimientos sean los óptimos.

El uso del modelo federado no solo optimizará el flujo de trabajo y reducirá errores, sino que permitirá una coordinación entre todos los agentes implicados durante el desarrollo de este proyecto (ingenieros, contratistas subcontratistas, operarios, fiscalizadores) mediante el uso de la herramienta Clash Detective para poder localizar los puntos de interferencia. La evidencia de estudios muestra que una implementación BIM aplicada desde las primeras fases del proyecto puede reducir un 30% en errores de diseño, un 15% en costes y un 20% en tiempo (Das et al., 2025).

Pero para una correcta implementación BIM es necesario incluir un control de avance BIM, con esto podemos trabajar bajo un ritmo previsto y asignar los recursos necesarios para cumplir los hitos contractuales. Sin embargo, en esta obra como en muchas otras de la actualidad al inicio de la implementación BIM no existía control alguno. Las tareas se han asignado de manera informal y las prioridades han cambiado en función de la urgencia de las

entregas, esto incide directamente en los resultados ya que no se tiene una herramienta para saber si el trabajo realizado en un periodo específico coincide con lo que se debió acordar en los documentos del BEP o contractuales.

En este contexto, es necesario controlar el avance del equipo modelador mediante una planificación formalizada, para esta obra la ausencia de un Plan Maestro de Entrega de Información (MIDP) y KPIs no definidos, generó una incertidumbre operativa. Al no tener un desglose de tareas y solo trabajar bajo la lógica “Avanzar con todo lo posible” se priorizó el modelado 3D antes que la relevancia del uso estratégico del manejo de información dentro de la obra.

Así mismo, no existió unas métricas cuantitativas que evalúe el rendimiento de cada agente que está participando en la implementación, por lo que para la gerencia de la empresa encargada de la implementación BIM carecía de una base para determinar si estaba asignando sus recursos humanos y técnicos de una forma adecuada en esta obra. La ausencia de indicadores que midan la productividad carga de trabajo, grado de cumplimiento de las tareas y calidad de la información entregada, genera reprocesos e ineficiencias en el proceso de modelado.

En consecuencia, este trabajo se centra en realizar una correcta implementación BIM e identificar todas las mejores que se puede llegar a tener gracias a un MIDP definido correctamente y con KPIs que nos ayuden a controlar el rendimiento del equipo de trabajo de la implementación BIM, se busca adicional buscar la correcta presentación de los datos ya que con un proceso de “business intelligence” bien consolidado se podrá analizar de mejor forma los datos obtenidos y establecer un estándar de gestión replicable en otros proyectos de la empresa que garantice un rendimiento alto, con un control de calidad correcto y que tenga un seguimiento riguroso de los plazos para aumentar la satisfacción del cliente.

1.2.OBJETIVOS DEL TFM

1.2.1. Objetivo General

El objetivo principal del TFM es definir un sistema que permita la correcta implementación BIM de la obra de duplicación de vía e implementación del tercer carril dentro del Puerto de Valencia, evaluando su impacto en la coordinación interdisciplinar, la optimización de plazos y eficiencia de costes durante las fases de diseño, construcción y mantenimiento del proyecto.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Establecer la estrategia de implementación BIM en la obra, asegurando la correcta generación de modelos 3D y gestión de la información, en coherencia con los requisitos del cliente y de la normativa ISO 19650.
- Mejorar la planificación operativa de la implementación BIM mediante un Plan Maestro de Entrega de Información (MIDP), desglosando la totalidad de los entregables del proyecto y asignando responsabilidades para tener una gestión activa del proyecto.
- Definir los indicadores Clave de Desempeño (KPIs) para cuantificar objetivamente la productividad, calidad y cumplimiento de estándares del equipo de modelado y coordinación.
- Desarrollar una herramienta de visualización y seguimiento en Power Bi para la integración de los datos facilitando así la detección temprano de las desviaciones que se puedan generar en el desarrollo del proyecto.

2. MARCO TEÓRICO

La industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC, por sus singlas en inglés) se encuentra en una fase de transformación digital gracias a los avances tecnológicos de la actualidad, en medio de este cambio se sitúa la implementación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en las obras de construcción, un enfoque que ya no se base simplemente en una creación de modelos tridimensionales sino que se ha convertido en un proceso integral de la gestión de información durante el ciclo de vida del proyecto, lo cual busca facilitar la colaboración entre todos los involucrados en el proyecto.

2.1. Implementación de la Metodología BIM en Ingeniería Civil

2.1.1. Evolución del BIM

El origen del término BIM (Building Information Modeling) se remonta a los años 1960 y 1970, en esta década aparecieron los primeros conceptos técnicos sobre la representación digital de la información dentro de las obras de construcción las cuales fueron propuestas por Douglas C. Engelbart que buscaba entornos colaborativos para el manejo de la información, diseños automatizados y la parametrización de elementos. Con esas bases Charles M. Eastman desarrolló el BDS (Building Description System) que permitió integrar datos geométricos en los edificios, sin embargo, el punto de partida de avance tecnológico en la construcción nace en 1983 con la creación del “software” RADAR CH que en la actualidad es ArchiCAD. La empresa Graphisoft desarrolló este programa y permitió un modelado tridimensional diferenciándose así de los sistemas CAD tradicionales que solo gestionaban información geométrica en dos dimensiones; este avance ayudó a que se tenga una mayor visión de desarrollo para las herramientas de diseño digital. En el año de 1992 se introdujo el acrónimo BIM gracias a los investigadores Van Nederveen y Frits Toman definiéndolo como la representación técnica de un edificio formado con diferentes vistas de un modelo tridimensional (Borkowski, 2023).

Aunque el término BIM se popularizó inicialmente en la edificación vertical, la aplicación de esta metodología en obras de infraestructura civil como carreteras, puentes, ferrocarriles, obras, etc. ha cobrado un gran impulso en estos últimos años. Esto ocurre ya que es una

herramienta confiable para la toma de decisiones durante todo el ciclo de vida de un proyecto, optimizando tiempos, simplificando la complejidad de tareas, mejorando la planificación e integrando los datos de varias disciplinas (Topografía, Ingeniería Civil, Ingeniería Hidráulica, Medio Ambiente, Seguridad, etc.) permitiendo un espacio de trabajo más integró entre todos los especialistas del proyecto (Muñoz Pérez & Llamo Cubas, 2022).

Esta transformación digital ha ido obteniendo un desarrollo progresivo el cual se adapta a las nuevas necesidades de información que requieren los proyectos, en donde ya no solo se enfoca en un modelo tridimensional básico, sino que integral alcance con aspectos temporales, económicos, ambientales y operativos. A continuación, se presenta las dimensiones más relevantes (Malta et al., 2024):

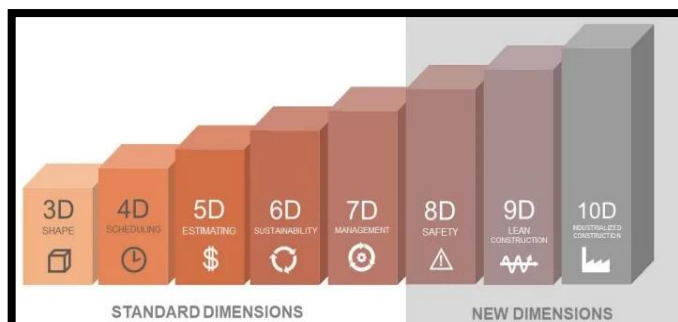
- 1D: La primera dimensión hace referencia a la estructuración de los procesos para una correcta implementación BIM en proyectos, en esta se incluyen protocolos, procedimientos y normas que regularán como se almacenará, intercambiará y verificará la información del modelo digital. En esta fase también se definirá los flujos de trabajo, roles y responsabilidades para garantizar un marco organizativo que garantice que el flujo de información sea constante y esté disponible en todo momento para que los involucrados del proyecto la puedan usar sin ninguna limitación.
- 2D: Esta dimensión hace referencia a la gestión y generación de planos bidimensionales que forman la base del proyecto, dentro de los cuales se representarán elementos arquitectónicos, estructurales y de instalaciones que servirán de soporte para la interpretación y generación del modelo en la siguiente dimensión.
- 3D: La tercera dimensión está representada por un modelo tridimensional que permitirá visualizar el proyecto en un espacio digital realista, esta representación visual incluirá una representación geométrica que integrará elementos arquitectónicos, estructurales e instalaciones en un solo entorno. Esta dimensión permite una coordinación interdisciplinar con el uso de modelos federados provenientes de distintos equipos de trabajo y ayudará a identificar los conflictos espaciales o funcionales antes de ser transmitidos a la fase de ejecución del proyecto.
- 4D: Esta dimensión integrará la planificación y programación de las actividades constructivas dentro del modelo tridimensional, en este se vinculará cada elemento

con su respectiva actividad temporal y se podrá visualizar las secuencias de construcción con el objetivo de optimizar los tiempos de trabajo y evitar retrasos o desajustes en el cronograma.

- 5D: En esta fase se incorpora los costos a todos los modelos, aquí cada componente que se tiene en el modelo tridimensional se le asigna un valor económico tomando en cuenta materiales, mano de obra y rendimientos. Con esto se puede hacer un seguimiento de la estimación de costos durante toda la fase de construcción obteniendo así un control financiero que nos ayudará a la búsqueda de la optimización de los recursos.
- 6D: Una vez que se culmina con la fase de construcción es necesario realizar una gestión operacional, es por eso por lo que la fase 6D se enfoca en el mantenimiento y conservación del proyecto y los activos que le conforman. La 6D permite a los gestores utilizar el modelo BIM como una herramienta para maximizar la vida útil, minimizar paradas y evitar sobre costes por un arreglo no previsto.
- 7D: La séptima dimensión del BIM está asociada con la evaluación del impacto del proyecto sobre el medio ambiente, en esta se deberá realizar un análisis de consumo energético, emisión de carbono y gestión de los residuos durante todas sus fases. En esta se deberá implementar estrategias sostenibles que cumplan con la normativa medioambiental vigente contribuyendo a minimizar la contaminación y la optimización de los recursos naturales.
- 8D: Está asociada con la prevención de accidentes y la seguridad del activo durante su etapa de construcción, con esto se puede identificar zonas peligrosas y tener un control más eficiente del departamento de seguridad mediante la implementación de protocolos e informes de seguridad asociados al modelo BIM.
- 9D: En esta dimensión se integrará la metodología LEAN con el objetivo de optimizar los flujos de trabajo, reducir tiempos de entrega y sobre todo minimizar los desperdicios de los recursos, mano de obra y materiales, procurando tener la mayor eficiencia posible durante la ejecución del proyecto.
- 10D: Esta es la última fase en la cual se utiliza la realidad aumentada para poder mejorar la visualización del proyecto, esto nos ayuda disponer la información sobre el sitio de construcción. Mediante el uso de dispositivos móviles o gafas de realidad virtual los trabajadores y el cliente pueden visualizar el modelo tridimensional

superpuesto en el mundo real lo cual facilita la inspección de obra durante todas sus fases.

Figura 1. Dimensiones del BIM



Fuente: <https://biblus.accasoftware.com/es/wp-content/uploads/sites/3/2019/10/las-10-dimensiones-del-bim.jpg.webp>

Esta incorporación de las dimensiones BIM representa un avance significativo hacia la gestión integral durante los procesos constructivos ya que podemos unir variables en un entorno común. Sin embargo, esta inclusión requiere tener unos marcos normativos que regulen el flujo, la calidad y la trazabilidad de la información compartida entre todas las áreas que influyen durante el proceso constructivo y de mantenimiento del activo, en este contexto, emergen las normas ISO 19650 que son un estándar internacional para la correcta implementación BIM y servirán de referencia para la correcta digitalización de la información en proyectos de edificación e infraestructura (UNE, 2018).

2.1.2. Beneficios y Barreras de la Implementación BIM en infraestructuras

Uno de los impactos más significativos de la implementación BIM es la mejora de los procesos para una colaboración y coordinación eficiente de los agentes que actúan en todas las fases del proyecto, creando así un valor agregado tanto para el equipo de entrega como para el propietario del proyecto. En esta se elimina la manera tradicional de trabajo en donde cada disciplina se opera de manera aislada y se centraliza la información en un modelo compartido el cual facilitará la gestión de datos.

El beneficio más valorado del uso de esta metodología es la detección de interferencias (Clash Detective) que es una ayuda en las fases tempranas del proyecto, mediante el modelo se podrá resolver los conflictos geométricos entre las distintas disciplinas que tiene un proyecto

antes de que comience la obra y se convierta en un problema en la fase de construcción, disminuyendo en gran cantidad de retrasos y sobrecostos generados por imprevistos. En proyectos de infraestructura se utiliza para detectar las interferencias que tenga el trazo de la obra lineal con los servicios subterráneos existentes como canalizaciones y/o drenajes (Brayan et al., 2024).

Por último, otra de las utilidades de la implementación radica en la optimización del ciclo de vida del activo, esto se genera gracias a que la gestión de proyectos está limitada por una “cadena de información de datos rota”, en donde la generación mientras se va ejecutando la obra se distorsiona y cuando se pasa de la fase de construcción a la de operación muchos datos no suelen estar acorde a las actividades realizadas. Con el uso del BIM se plantea crear un registro digital (gemelo digital) que gestione los datos a lo largo de todo el ciclo de vida, asegurando que cada fase del proyecto tenga la información actualizada.

Sin embargo, aunque existen muchos beneficios demostrados, la implementación BIM en el sector de las infraestructuras es un desafío significativo, los flujos de trabajos esperados implica una transformación en muchas áreas al momento de diseñar, construir y operar un proyecto. Esto está arraigado a no disponer de los equipos adecuados y sobre todo a estar vinculado a una cultura organizacional basada en procesos tradicionales y con metodología obsoleta (Zahedi et al., 2022).

Un análisis ha podido evidenciar que los obstáculos más significativos se encuentran dentro del ámbito sociotécnico, las limitaciones más citadas es la “resistencia al cambio” “falta de apoyo de la alta dirección y los “problemas culturales”, adicional a eso se suma los problemas de interoperabilidad entre diferentes “softwares” y la falta de implementación de una cultura colaborativa. Su alto costo genera una limitación al momento de contratar personal especializado, formar a trabajadores y genera una incertidumbre sobre el retorno de inversión esperado durante las fases del proyecto (Sao et al., 2024).

La identificación y comprensión de estas barreras es fundamental, ya que justifica la necesidad de las normas ISO 19650 y documentos como el Plan de Ejecución BIM (BEP), con estos se podrá proporcionar la claridad necesaria para superar los obstáculos y poder tener una correcta implementación de esta metodología.

2.1.3. Aplicación de la Norma ISO 19650 en la gestión de la Información BIM

La importancia de las normas ISO 19650 radica en los lineamientos internacionales necesarios para proporcionar un lenguaje común dentro de un marco operativo coherente el cual permita que todos los involucrados en el proyecto pueda trabajar de manera eficiente y coordinada independientemente de su ubicación. Esta norma es publicada por la Organización Internacional de Normalización y esta titulada como “Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil, incluyendo BIM”. Esta norma define claramente los roles, responsabilidades de los involucrados, flujos de trabajo, requisitos de información y unificación de estándares previos (UNE, 2018).

El origen de estas normas surge con los estándares británicos BS 1192 y PAS 1192-2, los cuales se internacionalizaron con el objetivo de ser aplicables a nivel mundial, en donde todas tienen un objetivo similar el cual es la eliminación de las barreras del trabajo colaborativo fomentando una comunicación fluida, asegurando que la información sea precisa y accesible en el momento adecuado para así reducir coste, riesgo y mejorar la calidad de la información manejada en los proyectos (Autodesk, n.d.).

La serie ISO 19650 se estructura en varias partes, cada una aborda un proceso específico del proceso de gestión de información:

Tabla 1. Partes de la ISO 19650

Parte	Título	Enfoque
ISO 19650-1	Conceptos y principios	Marco general (todo el ciclo de vida)
ISO 19650-2	Fase de entrega (diseño y construcción)	Proyecto (PIM)
ISO 19650-3	Fase de operación del activo	Operación y mantenimiento (AIM)
ISO 19650-4	Intercambio de información	Transversal (entrega y operación)
ISO 19650-5	Seguridad de la información	Transversal (gestión de riesgos)
ISO 19650-6	Salud y seguridad (H&S)	Transversal (diseño–construcción–operación)

Fuente: Elaboración Propia

2.1.3.1. ISO 19650-1 Conceptos y Principios

Esta norma es la primera parte de toda la subdivisión de las normas ISO de BIM, la cual establece los conceptos y principios para gestionar la información de los activos de edificación o ingeniería civil a lo largo de todo su ciclo de vida. Establece las recomendaciones necesarias para estructurar un marco de gestión e intercambio de información coherente y que se usarán de base para las siguientes partes de la norma (UNE, 2018a).

La parte 1 define una terminología para manejar un lenguaje común, entre estas destaca el modelo de información al cual se define como un conjunto estructurado de información que engloba propiedades geométricas y alfanuméricas. La norma distingue dos tipos de modelo: el modelo de información del proyecto (PIM) que contiene toda la información general durante la fase de desarrollo del proyecto y el modelo de información del activo (AIM) que recopila la información necesaria para la fase de operación, mantenimiento y gestión una vez que el proyecto ha sido construido (UNE, 2018a).

Otro pilar fundamental es la definición de los requisitos de información que estará conectada directamente con la entrega de información:

- Requisitos de Información de la Organización (OIR): que es la información necesaria para responder a los objetivos estratégicos de la entidad contratante. Ejemplos: mejorar eficiencia operativa, aumentar la seguridad, optimizar costes de operación, garantizar la sostenibilidad ambiental, localización GIS de los activos.
- Requisitos de Información del Activo (AIR): se identifican cuáles son los datos necesarios para la operación, mantenimiento y gestión del activo. Ejemplos: modelo “as-built” de todas las vías, georeferenciación de los activos del modelo, catálogo de activos, plan de mantenimiento.
- Requisitos de Información del Proyecto (PIR): se establece la información necesaria para la toma de decisiones en la fase de diseño y construcción. Ejemplos: definición de las etapas del proyecto, hitos de entrega de las actividades, calidad y verificación de interferencia, modelo 3D, simulaciones 4D-5D y modelos “as-built” validados.
- Requisitos de Intercambio de Información (EIR): especifican como, cuando y con qué nivel de detalle se deberá entregar la información por parte del equipo consultor.

Otro aspecto sobre esta parte de la norma ISO 19650 es la definición de las funciones de que tendrán los principales autores de la implementación BIM, estableciendo los roles y las responsabilidades que deberá asumir a lo largo del proyecto, entre los cuales se puede mencionar al Information Manager, Coordinador BIM, BIM Manager y los modeladores, los cuales agregarán la información de acuerdo con el BEP (UNE, 2018a).

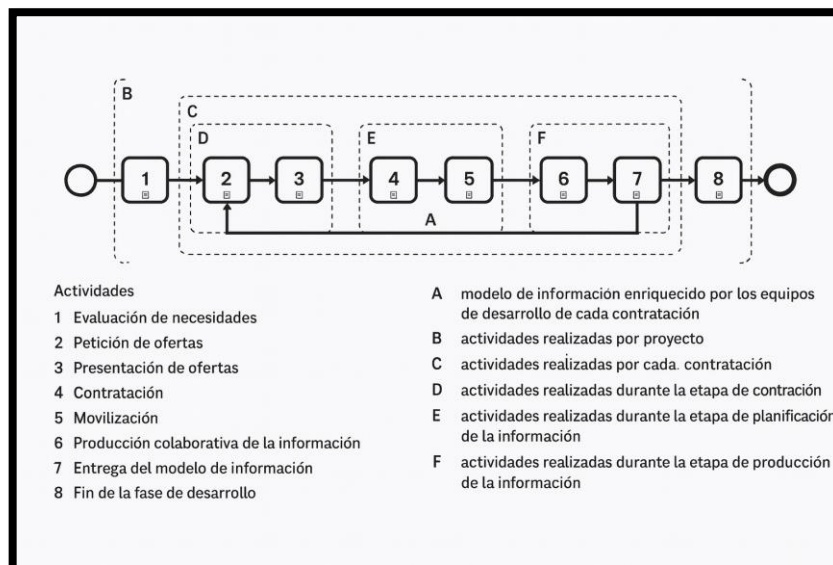
Y por último introduce el Entorno Común de Datos (CDE), el cual es una fuente de información del activo que nos ayudará a recolectar y distribuirla mediante un proceso gestionado. Aquí se establecen cuatro estados de trabajo: “Work in Progress” (WIP) o trabajo en curso para hacer referencia a la información ejecutado, pero no verificado para su difusión, Compartido (Shared) para información que ha sido revisada internamente y está lista para compartir con otros equipos de trabajo, Publicado (Published) para compartir información autorizada para el uso en la fase de construcción y Archivado (Archived) para información pasada que se podrá utilizar como referencia en futuras entregas (UNE, 2018a).

2.1.3.2. ISO 19650-2 Gestión de la Información en la Fase de Desarrollo

La norma ISO 19650-2 establece el proceso de gestión de la información durante la fase de entrega de un proyecto, esta abarca desde la preparación de la licitación hasta el momento del cierre de la obra. Está diseñada específicamente para que el contratante establezca cuales son los requisitos y equipos necesarios para que pueda producir información fiable dentro de un entorno colaborativo, eficiente y eficaz (UNE, 2018b).

Presenta un modelo estructurado de ocho fases que regula el flujo de trabajo para tener una secuencia ordenada de actividades y responsabilidades para poder planificar, producir, revisar y aceptar información de manera coherente, cumpliendo con los formatos y datos acordados y que estará disponible en los momentos en donde se necesita tomar decisiones estratégicas para la operación y calidad de la obra (UNE, 2018b).

Figura 2. Proceso de gestión de la información



Fuente: UNE ISO 19650-2:2018

- Fase 1 Evaluación de Necesidades: el contratante evalúa las necesidades y establece los fundamentos para el proyecto, deberá designar a los responsables que actuarán en la implementación, establecer los requisitos de información del proyecto y configurar el entorno común de datos (CDE) con flujos de trabajo para que el intercambio de información ocurra en un entorno controlado.
- Fase 2 Petición de Ofertas: el cliente emite los EIR que especifican como y cuando se debe entregar información, “software” a utilizar, LOIN necesario, procedimientos de aprobación y requisitos comerciales.
- Fase 3 Presentación de Ofertas: los licitadores responden a la petición de ofertas con un PRE-BEP que evidencia la capacidad y experiencia del equipo de trabajo. Se define la matriz RACI (responsable, aprobador, consultado, informado)
- Fase 4 Contratación: Tras una adjudicación se prepara el BEP contractual, se detallan las responsabilidades por tarea, se define el plan maestro (MIDP) con su respectivo calendario, se define el nivel de detalle que el proyecto requiere (LOIN) y se formaliza todos los acuerdos contractuales que se deberán cumplir.
- Fase 5 Movilización: una vez contratada se pone en marcha al personal y a los recursos tecnológicos para iniciar con la implementación. Se desarrolla el BEP definitivo y se inicia con la entrega de información inicial para probar los procedimientos acordados.

- Fase 6 Producción Colaborativa de la Información: esta fase inicia la coordinación interdisciplinar en donde mediante reuniones periódicas se revisará que no existan datos duplicados, incidencias no resueltas, inconsistencias en los modelos y asegurando que la información tenga la calidad correspondiente antes de ser compartida.
- Fase 7 Entrega del Modelo de Información: una vez cumplido con los hitos contractuales se procede a la entrega del modelo de información del proyecto, en el mismo se deberá incluir modelos BIM de las diferentes disciplinas abordadas en el proyecto, formatos nativos, IFC y documentación técnica (memoria, planos, mediciones) las cuales deberán reflejar fielmente lo construido.
- Fase 8 Fin de la Fase de Desarrollo: aprobado los entregables del proyecto se ejecuta la información necesaria para la fase de operación del activo y se trasfiere la información relevante del PIM al AIM, en esta fase se cierra formalmente el contrato.

2.1.3.3. ISO 19650-3 Fase de Operación de los Activos

En esta norma se establecen el proceso para organizar, producir, intercambiar y mantener la información del activo en su fase de operación, aquí la información del modelo se integra con el sistema empresarial para definir qué información se necesita para conservar el activo durante su uso. La empresa define y actualiza sus OIR/AIR, identifica posibles eventos descendentes como son mantenimiento planificados, inspecciones o cambios regulados y emite esta información para que la empresa encargada del bien ejecute los procedimientos de calidad en el BEP y en el MIDP (UNE, 2020a).

El modelo de información de activos (AIM) es el centro de esta fase ya que este inicia juntamente con el arranque de la obra y se ha ido actualizando en base a los cambios y mejoras efectuadas en el proceso de construcción, contiene información sobre la geometría, localización de todos los componentes, manuales de operación, manuales de mantenimiento, programas de mantenimiento preventivo y predictivo, registro de los fallos, intervenciones y reparaciones, así como un análisis de desempeño energético y ambiental. En este se asigna a la persona que revisará, aprobará y mantendrá actualizada de forma periódica la información (UNE, 2020a).

2.1.3.4. ISO 19650-4 Intercambio de Información

Esta norma se centra en cómo se debe ejecutar el intercambio de información que garantice la calidad del modelo tanto del proyecto como del activo, su objetivo es que todos los equipos involucrados en el proyecto colaboren con criterios explícitos de manera que la información de estas carperas sea fiable y utilizable en cualquier ciclo de entrega (corto plazo, mediano plazo y largo plazo) cubriendo las fases de diseño, producción y mantenimiento del activo tanto para documentación no estructurada (pdfs, memorias, informes, planos) como a información estructurada (modelos BIM con geometría y fatos alfanuméricos) (UNE, 2022).

Uno de los aspectos críticos de esta norma es la interoperabilidad ya que reconoce que las empresas utilizan diferentes herramientas por lo que promueve el uso de formatos abiertos y estándares neutrales como son los IFC, para garantizar que la información pueda ser leída independientemente del “software” utilizado. Se definen cuatro bloques operativos en esta norma que son, movilización y producción, revisión en estado compartido, uso en estado publicado y acciones de cambio, en donde para pasar de un bloque a otro se debe dejar evidencia en el CDE de las aprobaciones, rechazos, correcciones correspondientes y registros de conformidad por parte del contratante (UNE, 2022).

2.1.3.5. ISO 19650-5 Enfoque de Seguridad en la Gestión de la Información

La ISO 19650-5 integra el apartado de seguridad dentro del proceso BIM para poder proteger la información de los activos a lo largo del ciclo de vida del proyecto, es por ello por lo que la norma evalúa que información es la que tiene mayor exposición a amenazas y debido a su sensibilidad deberá tener un tratamiento específico, en términos prácticos, esto implica segregar permisos por funciones y disciplinas, de manera que cada equipo tenga acceso únicamente a la información necesaria para la ejecución de sus tareas, garantizando así trazabilidad y proporcionalidad en el uso de los datos del proyecto (UNE, 2020b).

Existen activos que por su complejidad contienen información sensible como son estructuras críticas (centrales eléctricas, centrales nucleares, plantas de tratamiento de agua, redes estratégicas de transporte), espacio multitudinarios (pabellones, hospitales, hoteles), instalaciones gubernamentales y de seguridad nacional, en donde el acceso libre podría generar repercusiones graves, afectando a la privacidad y protección de la obra y

comprometiendo propiedad intelectual y secretos comerciales facilitando actividades delictivas y vulnerar las obligaciones legales y contractuales de confidencialidad. Por lo que la norma recomienda generar (UNE, 2020b):

- Plan de Gestión de la Seguridad: el cual será específico para cada proyecto o activo que se implemente con metodología BIM y basarse en una evaluación inicial que determine las sensibilidades y amenazas durante todas las fases. Debe incluir una clasificación por niveles para así poder plantear una segregación de accesos por rol y disciplina, adicional se deberá integrar una evaluación de los proveedores y los acuerdos de seguridad y logística que estos tendrán durante sus fases de diseño, suministro y puesta en marcha.
- Medidas de protección: en donde se usará un cifrado de datos en tránsito y en reposo, control de acceso por rol mediante una autenticación, registro y ejecutando auditorías periódicas de accesos y descargas de información. Adicional se debe tener un plan de recuperación de datos ante inconvenientes para así asegurar que toda la información esté disponible ante cualquier eventualidad durante la fase del proyecto o activo.
- Gestión de Vida de Información Sensible: esta inicia con la creación de información la cual debe estar correctamente clasificada con un etiquetado de seguridad, la segunda etapa es el almacenamiento en donde se requiere segmentar el CDE en áreas y permitir permisos graduales limitando su descarga, esta sección enfatiza que la compartición de información solo se debe transmitir a través de canales seguros con su respectivas autorizaciones y registros. Finalmente se deberá eliminar de forma segura la información al finalizar los plazos de retención o revocar lo respectivos permisos de acceso.

2.1.3.6. ISO 19650-6 Información sobre Salud y Seguridad

Esta norma fue publicada en el 2025 lo cual la convierte en la parte más reciente de la ISO 19650, esta define los conceptos, requisitos y para poder clasificar, compartir y usar información de salud y seguridad a lo largo de las fases del proyecto, con la finalidad de reducir incidentes mediante datos estructurados. Se usará el siguiente esquema de datos: contexto (sitio, activo), riesgo, incidentes y tratamientos los cuales deberán clasificarse por niveles de riesgo (UNE, 2025).

La digitalización mediante BIM en este apartado permite visualizar riesgos directamente en el modelo tridimensional, con este se facilita su comprensión y se podrá vincular información de seguridad. Dentro de esta se encuentra los propietarios y promotores que una vez que establezcan los requisitos de salud y seguridad, lo coordinan entre los contratistas y subcontratistas para tener medidas de control promoviendo así un ambiente de trabajo seguro (UNE, 2025).

2.2. Planes de entrega de Información: MIDP, TIDP, BEP

La correcta implementación de una metodología BIM no está limitado solo a un modelo visual en tres dimensiones. Un factor crítico para su éxito es la forma de cómo se gestiona la información durante todo el ciclo de vida del proyecto: qué es lo que se produce, cuándo se lo produce, cómo se lo produce, quién lo ejecutará, quién se encargará de la calidad de este y sobre todo como se intercambiará la información producida. En este contexto, la norma ISO 19650 menciona tres elementos fundamentales que constituyen un punto fundamental en la gestión de importación BIM: el Plan Maestro de Entrega de Información (MIDP), el Plan de Información de Tareas (TIDP) y el Plan de Ejecución BIM (BEP). Estos documentos no son independientes, sino que forma parte de un sistema integrado y jerárquico que tienen funciones específicas y nos ayudarán a una correcta implementación BIM.

2.2.1. Plan Maestro de Entrega de Información

El MIDP es el “Plan Maestro” de entrega de información en un proyecto BIM, este documento suele prepararse en la fase inicial del proyecto y se podría considerar como la federación de todos los TIDP del proyecto y en el cual se especifica: las etapas de producción de los modelos, los hitos en los cuales debe ser entregado cada información, las responsabilidades asumidas por el equipo encargado de la implementación BIM y los procedimientos de verificación para que los modelos tengan una calidad óptima (BibLus, n.d.-a).

Este se centra en la planificación detallada de la entrega de información, en donde se establece los datos que se generarán asegurando que sean definidos con claridad y se gestione de manera eficaz para evitar así retrabajos o pérdida de información. Este plan es un “documento vivo” que ayudará a la coordinación entre todas las disciplinas actuantes durante toda la vida

del activo, será ejecutado por el director del proyecto o el BIM Manager y se podrá actualizar dependiendo de la evolución del proyecto (BibLus, n.d.-a).

2.2.2. Plan de Información de Tareas

El TIDP por sus siglas en inglés Task Information Delivery Plan es el documento que nos ayudará a gestionar la información a nivel de equipo, esta herramienta de planificación colaborativa ayuda a garantizar que los participantes del proyecto tengan claro las actividades que deberá ejecutar durante la implementación, cada equipo disciplinario que participe en el proyecto deberá producir un TIDP que cumpla las necesidades solicitadas en el EIR para posteriormente ser incorporado al MIDP (BibLus, n.d.-b).

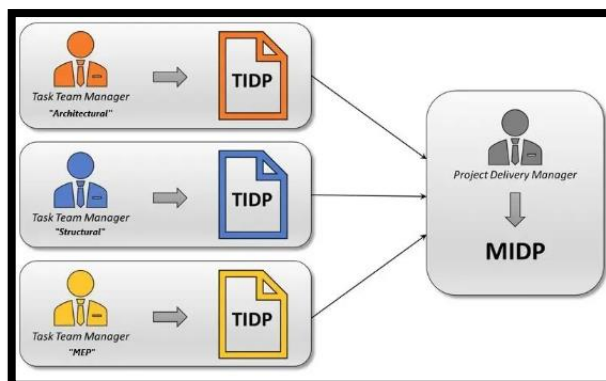
Según la norma ISO 19650 indica que este documento debe incluir una lista detallada de las tareas y entregables que se requieren para cada fase del proyecto, especificar quién es el responsable para cada tarea, el formato en el que será entregado y los plazos de entrega establecidos para una fase del proyecto. Una de las características claves del TIDP es la capacidad que tiene para ajustarse a las necesidades específicas del proyecto, permitiendo así personalizar los entregables y las tareas en función de las características del proyecto optimizando así la eficiencia en la entrega de la información (BibLus, n.d.-b).

Un proyecto que no cuenta con un TIDP estructurado de manera correcta generará interferencia en la implementación BIM, en primer lugar, se producen conflictos de secuencia ya que los equipos no disponen un cronograma claro de cuando se recibirá la información adecuada para iniciar con su parte del proyecto, además, se puede generar una duplicidad de trabajo ya que al momento de producir información de manera paralela y descoordinada pueden dos equipos trabajar en el mismo, disminuyendo su rendimiento y aumentando los costos respectivos (UK BIM Framework, 2020).

La gestión manual de los TIDPs es un desafío para las industrias que trabajan con proyectos de edificación e infraestructura de larga duración, esto se debe dichos proyectos tienen cronogramas que están bajo constante cambios y con un equipo de trabajo que podría cambiar a lo largo del proyecto. Es por esto por lo que si el mismo se ha ejecutado en Excel se desactualizará de manera instantánea convirtiéndose así en una herramienta obsoleta, por lo

que una solución viable es la automatización de KPIs y tratarlo como una base de datos dinámicos (Abanda et al., 2025).

Figura 3. Esquema de funcionamiento del MIDP y TIDP



Fuente: <https://biblus.accasoftware.com/es/wp-content/uploads/sites/3/2023/02/tidp-y-midp-esquema-de-funcionamiento.jpg.webp>

2.2.3. Plan de Ejecución BIM

El Plan de Ejecución BIM (BIM Execution Plan – BEP) se define como un documento global en el cual se detalla la implementación de la metodología BIM a través de las diferentes fases de un proyecto, en este se establece la metodología, procesos, roles, responsabilidades y entregables necesarios para cumplir con los requisitos del cliente (Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas, 2020). Es un documento contractual, lo cual implica que dentro de este se deberá establecer compromisos formales entre todas las partes involucradas dentro del desarrollo del proyecto y se deberá actualizar continuamente conforme existan cambios en el proyecto con el objetivo de tener un entorno BIM organizado. El BEP se manifiesta en dos momentos claves durante el proceso de contratación:

- BEP de Pre-Adjudicación: El mismo se elabora durante la fase de licitación como respuesta directa a los requisitos de intercambio de información (EIR), tiene como objetivo demostrar que el equipo licitador ha comprendido los requisitos del cliente y de la obra y dispone de la capacidad para cumplir con el alcance de este
- BEP de Post-Adjudicación: una vez que se adjudica el contrato el documento deberá detallarse y se convierte en el documento que se usará para la producción colaborativa de información durante todo el proyecto.

Tabla 2. Componentes clave del BEP

Sección	Componentes Principales	Enfoque
Información de Objetivos	Datos del proyecto, hitos, objetivos y usos del BIM.	Alinear la documentación con los objetivos del cliente.
Roles y Responsabilidades	Contactos clave, BIM Manager, matriz de responsabilidades.	Definir el responsable de cada actividad de gestión de información.
Diseño del Proceso BIM	Flujos de trabajo y mapas de proceso.	Detallar como se generará el espacio colaborativo.
Intercambio de Información	Requisitos de entregables, LOIN.	Cumplir los requisitos establecidos en el EIR.
Colaboración y Calidad	Control de interferencias, estándares.	Establecer los procesos de revisión y validación para la transición de la información.
Infraestructura Tecnológica	“Software”, hardware	Herramientas mínimas necesarias para una correcta implementación

Fuente: Elaboración Propia

2.3. Implementación de KPIs

Un Indicador Clave de Rendimiento (KPI) es una métrica cuantificable y verificable que mide el grado de cumplimiento de un objetivo estratégico, operativo o táctico. En términos simples, un KPI responde la pregunta: "¿Estamos logrando lo que nos propusimos?"

Según la literatura científica de gestión empresarial, un KPI efectivo debe cumplir con cinco características fundamentales, expresadas en el acrónimo SMART:

- S (Specific - Específico): El KPI debe estar claramente definido sin ambigüedades. No es suficiente decir "mejorar calidad"; debe especificarse exactamente qué aspecto de la calidad se medirá.
- M (Measurable - Medible): Debe ser cuantificable mediante datos objetivos verificables. Debe permitir comparación entre períodos, proyectos o equipos.
- A (Achievable - Alcanzable): El objetivo del KPI debe ser realista dentro del contexto operacional y temporal del proyecto, considerando restricciones de recursos, tecnología y capacidades organizacionales.
- R (Relevant - Relevante): Debe estar directamente conectado con objetivos estratégicos de la organización, no siendo una métrica aislada o vanidad.

- T (Time-Bound - Temporal): Debe tener marcos temporales claramente definidos para medición (diaria, semanal, mensual, por fase, por proyecto).

La industria global del sector AECO atraviesa un momento de avance tecnológico marcado por procesos analógicos y ecosistemas digitales integrados. Dentro de este centro de transformación se encuentra la metodología BIM que se ha convertido en la herramienta más útil para la gestión de información de los activos durante todo el ciclo de vida. Sin embargo, a pesar de que casi todas las obras tienen incluida esta metodología como parte de sus procesos, persiste una problemática con la dificultad de cuantificar objetivamente el impacto de esta en la productividad, calidad, reprocesos y cumplimiento de estándares (Succar, 2010).

Es por esto, que es necesario definir Indicadores Clave de Desempeño (KPIs) específicos que permitan medir de forma objetiva el desempeño del equipo encargado de ejecutar la implementación BIM ya que esto aportará criterios claros para evaluar la eficacia de la modelación y calidad de la coordinación, alineando los objetivos del proyecto con resultados medibles (Shim et al., 2024).

Estudios realizados coinciden que los KPIs deben estar alineados con los objetivos del proyecto y basados en estándares reconocidos. Por ejemplo, en proyectos de Malasia se identificaron índices enfocados al control de costos, cumplimiento de plazos, gestión de calidad, satisfacción de los “stakeholders”, cumplimiento del cronograma y control de calidad. Además, dichos estudios afirman que la implementación exitosa de la metodología BIM depende de factores organizacionales y humanos medibles (Saksena, 2024). Estas evidencias nos subrayan la importancia estratégica de tener una evaluación integral en sus procesos y nos indican el impacto directo que tienen sobre las decisiones estratégicas del proyecto permitiendo a las empresas identificar sus debilidades y tomar acciones correctivas ante las mismas.

Los KPIs actúan como un vínculo entre la estrategia y la operación en la implementación BIM, permite alinear los objetivos del proyecto con los esfuerzos del equipo de modelado con el objetivo de tener una reducción de errores, entrega puntual de la información y cumplimiento de las normativas. Con esto los directivos pueden monitorear el progreso BIM con la misma rigurosidad con la que se da seguimiento al cronograma y presupuesto del proyecto. Estos indicadores nos ayudarán a tomar decisiones basadas en datos y son una base para identificar

áreas de mejora, justificar inversiones y asegurar el un correcto retorno de la inversión (ROI) (Saksena, 2024).

En un estudio del Building Smart España realizado el 26 de febrero de 2025, con la participación de empresas como ACCIONA, DRAGADOS y FCC, se identificaron que 14 KPIs que combinan alto impacto y tienen un bajo esfuerzo de implementación, posicionándolos como herramientas clave para acelerar la adopción de BIM. Esto es un resultado de la evaluación de 65 indicadores agrupados en categorías como entorno, calidad del modelo, calidad del personal, TIC y seguimiento ISO 19650, los asistentes priorizaron aquellos que generaban un mayor valor estratégico sin el uso de grandes cantidades de dinero, destacando el % de empleados formados en BIM, la existencia de un modelo inicial y el % de costes de BIM sobre el PEM vinculados directamente al retorno de la inversión y a la madurez digital (Building Smart Spain, 2025a).

Figura 4. Gráfica impacto/esfuerzo de los KPIs del nivel BIM del entorno



Fuente: <https://www.buildingsmart.es/2025/03/24/kpis-de-la-adopci%C3%B3n-bim-de-las-constructoras/>

Este enfoque basado en la matriz impacto/esfuerzo permite a las empresas optimizar recursos y obtener beneficios tangibles a corto plazo, facilitando así la toma de decisiones y generando una implementación consolidada del BIM como una herramienta de gestión, impulsando así la mejora continua, fortaleciendo la cultura organizacional y optimizando la eficiencia operativa en el proceso de transformación digital en el sector de la construcción. (Building Smart Spain, 2025a).

2.4. Fundamentos de “business intelligence” (BI) en contextos BIM

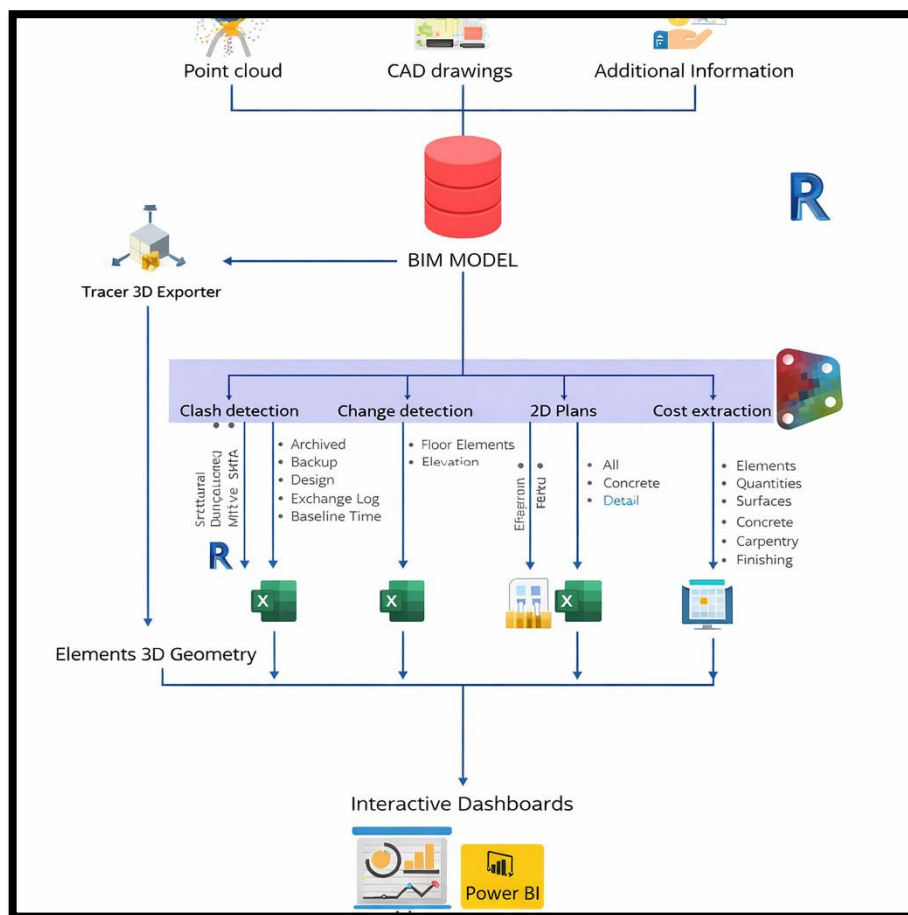
La capacidad para detectar desviaciones en los proyectos BIM de manera temprana es un requisito necesario para tener un éxito operacional. Una desviación, está definida como la varianza entre lo planificado (línea base) y lo ejecutado (realidad), este es un indicador que nos enseña la salud de un proyecto y la detección temprana de estas desviaciones a menudo llegan demasiado tarde para permitir acciones correctivas eficaces (Regano, 2024).

Para aumentar el tiempo de detección de desviaciones de forma temprana nace el concepto de “business intelligence” la cual se define como el proceso de transformar grandes cantidades de datos en información útil para la toma de decisiones estratégicas, tácticas y operacionales, obteniendo así una mayor precisión en la predicción de costos y cronogramas finales para las mejoras en los proyectos (Golestanizadeh et al., 2025).

Una consultora de BIM necesita herramientas de visualización que le permitan al gerente evaluar objetivamente el desempeño de sus proyectos de implementación BIM, más allá del seguimiento del plazo y el coste de la obra, el interés principal del uso del BI es disponer de información fiable sobre cómo ha funcionado el proyecto desde la perspectiva del servicio: productividad de los trabajadores, nivel de reprocesos, cumplimiento del BEP, tiempo de repuestas de incidencias y en última instancia, satisfacción de los entregables al cliente. (Rodrigues et al., 2022).

La adopción de BIM según la serie ISO 19650 implica estructurar la información del proyecto en base a entregables, flujos de aprobación, responsabilidades definidas y disponer de un CDE donde se almacenan modelos y documentos usados en obra (UNE, 2022). El valor de Power BI para este trabajo es integrar todas estas fuentes en un único modelo de datos, de manera que se pueda evaluar mediante indicadores que tan bien o mal se ha desarrollado un proyecto en concreto y como se podrá mejorar el rendimiento para futuras implantaciones. (Rodrigues et al., 2022)

Figura 5. Metodología BI en BIM



Fuente: Kadcha, Y 2022 AN INTEGRATED BIM-POWER BI APPROACH FOR DATA EXTRACTION AND VISUALIZATION

Finalmente, la aplicación de Power BI en este caso de estudio debe entenderse como un mecanismo de mejorar continua y aprendizaje organizativo, al consolidar datos de múltiples proyectos a lo largo de los años en un único repositorio permite a la compañía comparar su desempeño de sus trabajadores, identificar patrones de éxito, incumplimiento de actividades, procesos no estandarizados, etc. De este modo, se podrá tomar decisiones estratégicas orientados a la calidad (Gaur & Tawalare, 2023).

3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Antecedentes del proyecto

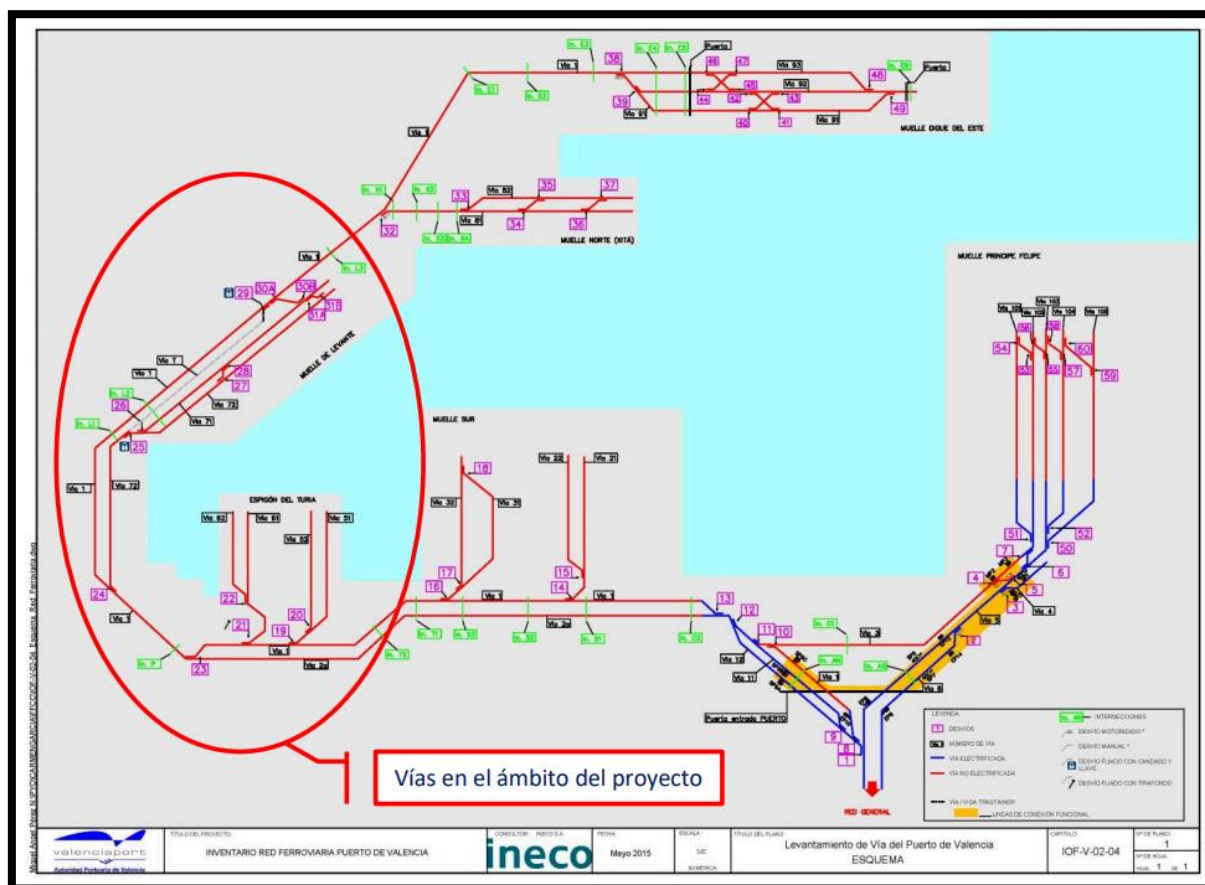
El Puerto de Valencia es uno de los principales nodos logísticos del mediterráneo y es el puerto que tiene la mayor cantidad de tráfico de contenedores en España y está considerado como uno de los cinco más importantes de Europa, su movimiento anual supera los 5.1 millones de TEUs demostrando así que es una conexión internacional entre los mercados europeos, africanos, asiáticos y americanos.

El crecimiento de los últimos años ha obligado a la Autoridad Portuaria de Valencia a desarrollar proyectos de ampliación de sus instalaciones con el objetivo de incrementar su capacidad y reducir los tiempos de tránsito de sus operaciones, en ese contexto el proyecto de “Duplicación de Vía e Implementación del Tercer Hilo Ferroviario entre el Muelle de Poniente y el Muelle de Levante” responde a la necesidad estratégica para la Autoridad Portuaria de Valencia (APV). Adicional requiere adaptar su red ferroviaria a un ancho estándar con el objetivo de compatibilizar su sistema con uno internacional.

La memoria de este proyecto define una obra que su núcleo se encuentra en tres actividades:

- Vía sobre balasto: El tramo inicial (0+000 a 0+215) será una vía doble sobre balasto la cual tendrá un saneamiento del terreno existente.
- Vía en placa: El resto de la obra se implementa en una vía doble hormigonada que tendrá su carril embebido para una mayor rigidez y conectar con los carriles existentes que tienen la misma característica.
- Ancho Mixto (Tercer Hilo): Ambos tipos de vías tendrían tres carriles los cuales estará configurados para permitir trenes con anchos internacional y trenes con ancho ibérico (14365mm / 1668mm).

Figura 6. Esquema de vías del proyecto



Fuente: Pliego de Prescripciones Técnicas del Proyecto

Paralelamente a la obra se deberá colocar la infraestructura de electrificación en donde tendrá dos instalaciones: LAC que será la línea de contacto aéreo en donde se proyecta una catenaria de tipo CA-160 B diseñada para 3 kV de corriente continua y CMS que el control, mando y señalización deberán tener la configuración para la doble vía y que sus intersecciones cumplan con las instalaciones de seguridad correspondientes.

Y por último se requiere reponer la instalación de varios servicios, construir una nueva galería de 500 metros aproximadamente y un sistema el cual conducirá los colectores pluviales, línea de media tensión, aguas residuales y drenajes. Todos estos trabajos están divididos en 6 fases y tendrán un plazo de 18 meses para el cierre del proyecto y entrega de la documentación necesaria a la entidad contratante.

3.2.Requisitos BIM del proyecto

La Autoridad Portuaria de Valencia frente a la complejidad de las obras y con el objetivo de minimizar errores durante las fases de construcción, ha establecido un manual para la implementación de la metodología Building Information Modeling como una herramienta estratégica en la elaboración de sus proyectos, este documento no es una recomendación, sino es un conjunto de requisitos vinculantes el cual tiene el nombre de “Manual GIS/BIM de la Autoridad Portuaria de Valencia”.

3.2.1. Objetivos Estratégicos del BIM en el Proyecto

La APV identifica siete objetivos que estructuran la estrategia de integración digital en el proyecto:

- Implementación de un entorno común de datos para los contratos: La cual se deberá cargar con información estandarizada ya que será la fuente única para todos los trabajos de las subdisciplinas y demás involucrados del proyecto
- Facilitar la interpretación y comunicación continua del proceso constructivo: La generación de información debe ser de calidad y en lenguaje que facilite la interpretación de soluciones para el proceso constructivo y comunicación de los proveedores, gestores, propietarios, etc.
- Garantizar la coordinación entre disciplinas del proceso constructivo: En donde se deberá asegurar que exista una compatibilidad de todas las disciplinas del proyecto con el objetivo de buscar soluciones multidisciplinarias y colaboración entre los diferentes equipos de trabajos.
- Mejorar la monitorización del avance del proceso constructivo: Debe existir un seguimiento de las soluciones propuestas para reducir errores, mejorar el control de las actividades y potenciar los entregables.
- Controlar el presupuesto durante el proceso constructivo: Es necesario disponer de mediciones fiables durante el avance de la obra, controlando los procesos constructivos críticos y buscando la eficiencia en los costes unitarios del proyecto.

- Definir procesos constructivos fiables minimizando las desviaciones: Mediante la coordinación de disciplinas aumentar la fiabilidad del control de obra para así reducir sobre costes por ámbitos no considerados en la fase de diseño.
- Facilitar la gestión del edificio/infraestructura acabada: la información entregada al final deberá ser “As-Built” para poder continuar con el mantenimiento de la obra y así disponer de lo necesario para todas las fases de vida del proyecto.

Tabla 3. Requerimientos de la contrata de la implementación BIM en la obra

Nombre Uso BIM	Objetivo Esperado
Información centralizada	Centralizar y estandarizar la información digital del proyecto.
Diseño 3D	Utilizar modelos 3D para mejorar precisión y coherencia del diseño constructivo.
Visualización 3D	Comunicar información técnica y espacial mediante modelos visuales tridimensionales.
Documentación 2D	Generar planos 2D precisos a partir de modelos BIM actualizados.
Coordinación 3D y gestión de colisiones	Detectar y resolver interferencias entre disciplinas mediante modelos coordinados.
Obtención de mediciones	Generar mediciones automáticas y precisas desde modelos BIM clasificados.
Simulaciones constructivas 4D	Revisar secuencias constructivas para identificar errores, retrasos y sobrecostes.
Seguimiento de obra (Producción y Certificación)	Controlar el avance físico de la obra mediante modelos actualizados.
Infografías y recorridos virtuales	Presentar visualizaciones e infografías del proyecto para comunicación y revisión.
Modelo de Registro (Modelo As Built)	Crear modelo digital del activo construido para gestión futura y mantenimiento.
Mantenimiento de infraestructuras 6D	Integrar datos del modelo As Built en la gestión de activos portuarios.

Fuente: Manual Requerimientos BIM del Proyecto

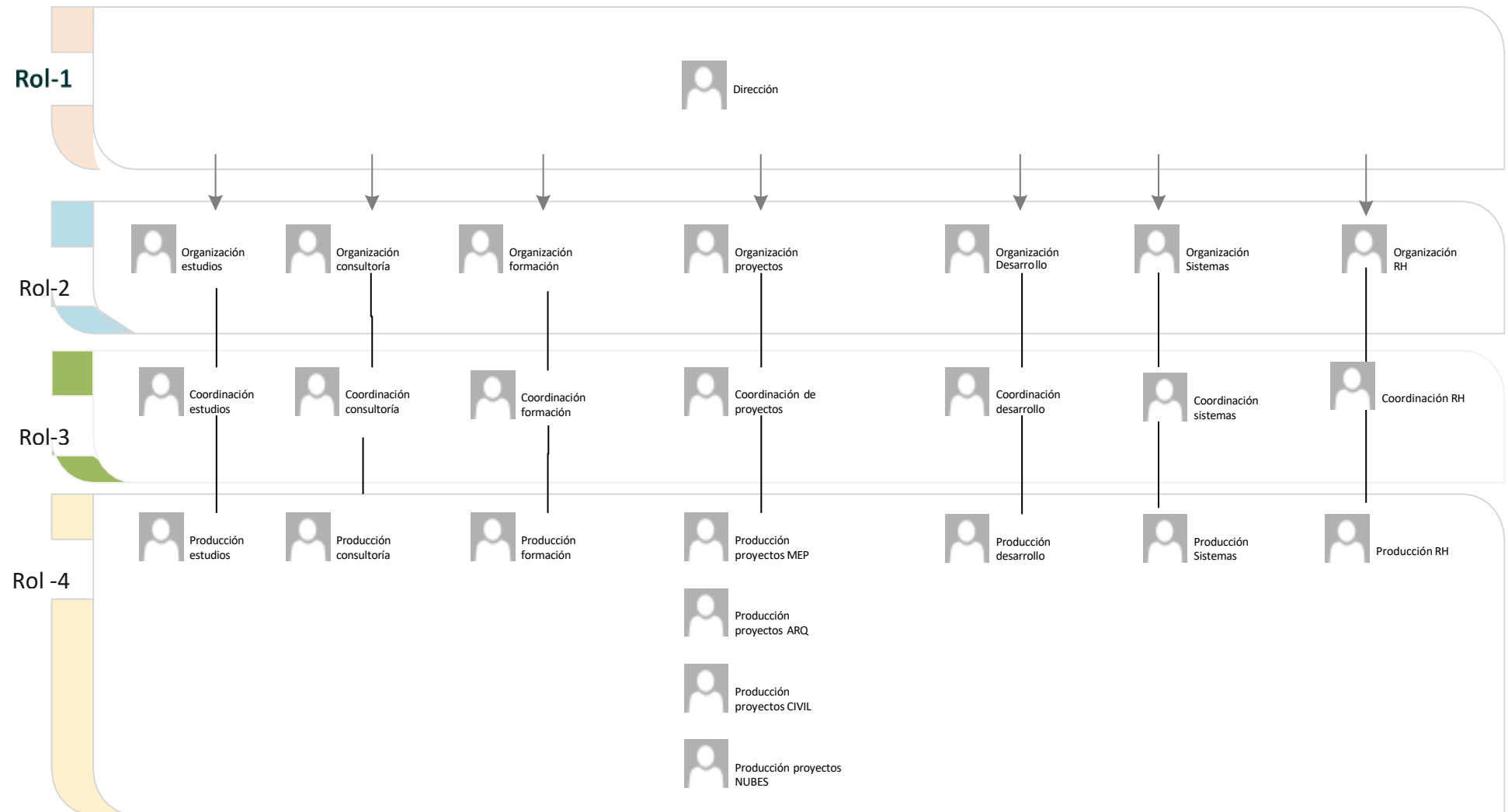
3.3. La empresa IBIM Building Twice S.L

La entidad responsable de la implementación BIM del proyecto será IBIM Building Twice S.L, la cual es una consultora especializada en el área y una de las principales contratistas dentro de la ciudad de Valencia. Fundada en el 2013, la empresa supera la década con experiencia en el sector BIM. Su equipo multidisciplinario incluye roles de alta especialización que genera sinergia entre los perfiles profesionales que permite aplicar soluciones tecnológicas avanzadas a las problemáticas del sector AEC.

Es miembro activo del “Building Smart Spanish Chapter” por su cumplimiento en metodologías Open BIM e interoperabilidad mediante estándares IFC y actualmente tiene aprobado la certificación ISO 19650 1,2,3,4,5 y 6. Dentro de sus principales servicios que ofrecen se encuentran:

- Consultoría e Implementación BIM: Que incluye la creación de estándares, Manuales BIM y planes de formación adaptados a cada empresa.
- Desarrollo de Contenido: Creación de catálogos de productos BIM para fabricantes de materiales de construcción.
- Colaboración en Proyectos: Integrar a su equipo de trabajo directamente en proyecto con flujos de trabajo BIM para la coordinación de disciplinas y detección de interferencias en modelos.
- Formación: Capacitaciones especializadas a fomentar la cultura BIM y fortalecer las competencias técnicas de los equipos de trabajo de sus principales clientes.
- I+D+i: Desarrollo de aplicaciones para mejorar el rendimiento de empresas, add-ins y rutinas de automatización para optimizar procesos según necesidades específicas.

3.3.1. Organigrama de la empresa



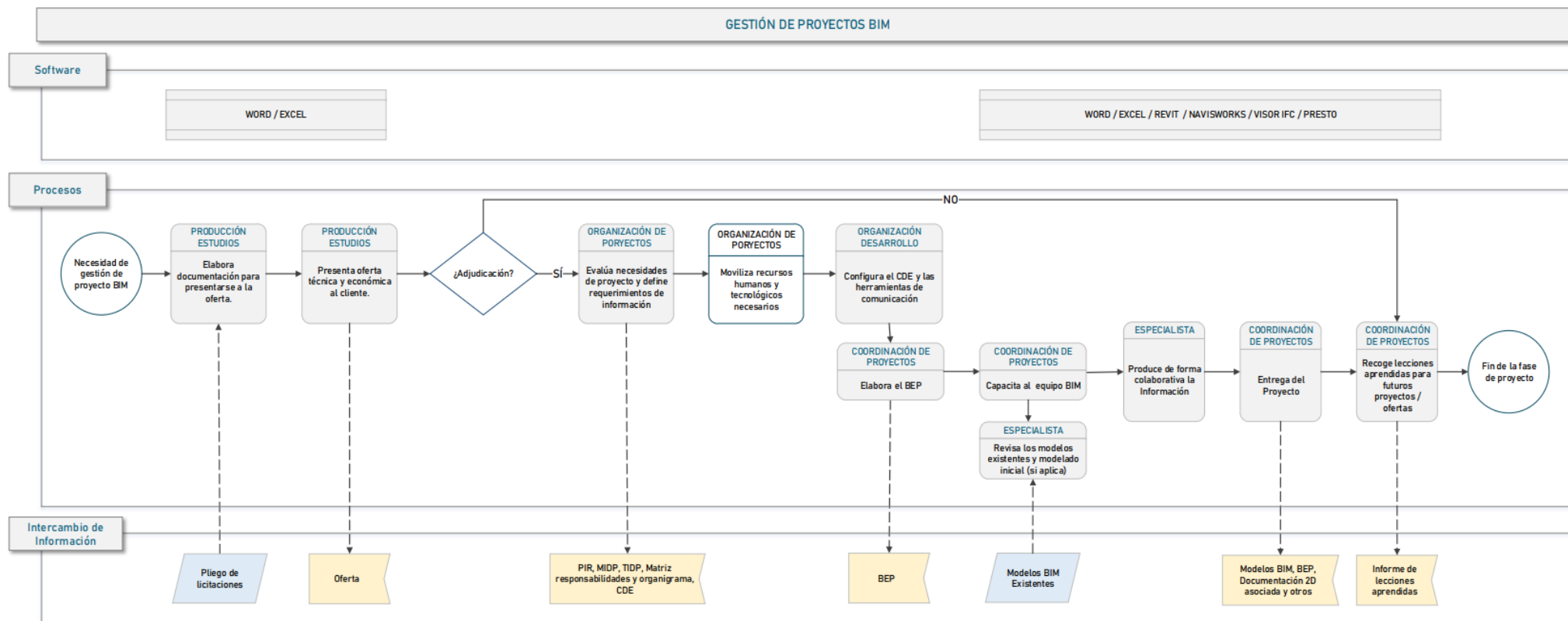


3.3.2. Gestión de proyectos BIM en la empresa

La empresa IBIM ha consolidado una estructura interna orientada a garantizar gestión eficiente de información y la coordinación interdisciplinar en todas las fases del ciclo de vida del proyecto. Para ello, ha desarrollado un flujo estandarizado de gestión basado en la normativa, es por esto por lo que es una de las pocas empresas a nivel de España que en la actualidad cuenta con la certificación en todos los apartados de la ISO 19650, demostrando así el compromiso de la empresa con la calidad que tiene dentro de sus proyectos.

Este flujo metodológico refleja la transición ordenada desde la fase de estudios y elaboración de ofertas, hasta la adjudicación, planificación e implementación. Cada una de estas etapas involucra roles y responsabilidades definidos, destacando la calidad en el intercambio de información mediante un correcto Entorno Común de Datos (CDE). Finalmente, el proceso culmina con la entrega del proyecto y la recopilación de lecciones aprendidas, permitiendo así tener una retroalimentación de su propio sistema de gestión para así optimizar los proyectos venideros.

Figura 7. Procesos dentro de la empresa IBIM



Fuente: Manual de la empresa Ibim

3.4. Análisis del problema

El proyecto de duplicación de vía e implementación del tercer hilo ferroviario es una obra compleja que requiere una alta gestión de datos, coordinación entre disciplinas y un manejo de información alto durante todo el ciclo de vida del proyecto, la naturaleza del proyecto y los riesgos de la misma es una razón para descartar los modelos 2D tradicionales y se observa que la implementación de la metodología BIM en este caso no es un coste añadido, sino un mecanismo principal para la mitigación de riesgos, control de la ejecución y cumplimiento contractual.

A pesar de que la Autoridad Portuaria de Valencia (APV) ha definido la necesidad de implementar BIM como metodología de trabajo obligatorio, la realidad es que esta ha sido insuficiente y no se ha integrado de manera estructural desde el inicio del proyecto generando así desfase en las coordinaciones de las diferentes actividades durante la fase de construcción del proyecto.

El uso de BIM es una herramienta muy poderosa para mejorar la coordinación, reducción de errores, optimización de calidad en los entregables y mejora en los flujos de trabajo. Sin embargo, la ausencia de una estrategia clara para la generación de modelos 3D, gestión de la información y control de rendimientos del equipo de trabajo crea un entorno propenso a retrasos y conflictos. Este problema se ve agravado por la falta de equipos especializados en BIM durante las fases iniciales de nuestro proyecto y el equilibrio entre los requisitos solicitados por el cliente y las normativas internacionales, sin una implementación sólida o se obtendrán resultados óptimos afectando directamente a los plazos y costes del proyecto.

El segundo gran problema es que, sin un Plan de Entrega de Información de Tareas, la empresa o departamento encargado de la implementación BIM no podrá tener un desglose de manera eficaz de los trabajos, responsables y plazos de entrega de cada una de las disciplinas, Esto crea una falta de claridad en cuanto a las responsabilidades asignadas, aumentando así el riesgo a retrasos, errores en las entregas y/o disminución en la eficiencia operativa, ya que no se cuenta con un marco claro para monitorear el progreso de cada entregable.

A esto se le suma la falta de Indicadores Clave de Desempeño (KPIs) que evalúen de manera objetiva la productividad, calidad y cumplimiento de estándares del equipo de coordinación y modelado. La ausencia de estos indicadores produce un limitado seguimiento del rendimiento

de los equipos involucrados en este trabajo y provocando áreas críticas que afecten a la calidad de los modelos, el tiempo de dedicación a las correcciones, aumento de tareas de reprocesos generando que nuestro proyecto se vuelva vulnerable a las desviaciones en plazos, costos y capacidad de correcciones proactivas.

Finalmente, el proyecto utiliza diversos “softwares” para la creación de modelos y gestión de información de los mismos, sin embargo, la falta de una herramienta efectiva para la visualización y seguimiento de resultados en tiempo real que los responsables del proyecto y los responsables de la implementación BIM carezcan de una visión del estado actual, esto afecta directamente a la capacidad de detección de desviaciones en los plazos, costes y calidad impactando negativamente en el entorno global del proyecto.

4. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

4.1. Enfoque de la investigación

Para dar una respuesta a nuestro objetivo general de definir un sistema integrado de planificación para una correcta implementación BIM en la obra de duplicación de vía e implementación del tercer carril del Puerto de Valencia, la presente investigación adopta un enfoque mixto con un alcance proyectivo. Este enfoque combina tanto el análisis cuantitativo como el cualitativo, proporcionando una comprensión completa del caso de estudio y permitiendo evaluar de forma precisa las soluciones propuestas.

El enfoque cualitativo se utilizará para profundizar la comprensión de los procesos organizacionales que influyen directamente en la implantación BIM y la gestión de información del proyecto. Dentro de estos incluirá la coordinación interdisciplinaria, la comunicación entre los equipos y asignación de responsabilidades. La revisión documental será una técnica clave en el enfoque cualitativo ya que nos permitirá analizar con informes el progreso real que está teniendo nuestra solución los cuales se podrán reflejar en los planes de ejecución BIM (BEP), los planes de entrega de información y las bitácoras de seguimiento de la obra. Adicional, la percepción del cliente y el “feedback” obtenido en cada una de las entregas nos ayudarán a medir el grado de satisfacción que tienen con respecto al proceso y los entregables de nuestra estrategia de implementación BIM.

El enfoque cuantitativo será utilizado para obtener datos medibles y objetivos relacionados con el rendimiento del equipo de implantación BIM, con esto se podrá medir la calidad de los entregables, el cumplimiento de los plazos y se podrá cuantificar objetivamente la productividad que se tienen en el proyecto mediante la asignación de KPIs específicos para el proyecto. Adicionalmente, se presentará una solución visual mediante el uso de Power Bi para que se pueda analizar si existe desviaciones durante el proyecto que pueda ocasionar retrasos en entregas programas que influirían directamente con el avance de la etapa de construcción de la obra.

4.2. Técnicas de análisis

El problema central de este estudio radica en una estrategia clara y estructurada para la implementación BIM en la obra del Puerto de Valencia, es por eso que se ha seleccionado varias técnicas de análisis para ejecutar correctamente los modelos 3D, gestionar la información mediante una planificación operativa con el uso del BEP y el MIDP, definir KPIs para la medición del rendimiento y desarrollar una herramienta de visualización en Power BI para facilitar el seguimiento de la implementación lo cual podrá ser replicado en los proyectos futuros de la empresa.

4.2.1. Análisis Cualitativo

Este análisis se centra en comprender el contexto, problemas, percepciones y dinámicas del proyecto desde la perspectiva de los actores involucrados:

- Observación directa: mediante reuniones con los involucrados en el proyecto (Autoridad Portuaria de Valencia, UTE Dragados Tecs y empresa Ibim Building Twice) se identificará la coordinación BIM del proceso actual. Adicional se deberá realizar un análisis del Manual BIM de la APV y de las normativas ISO 19650.
- Informes GENERADOS: Plan de Ejecución BIM (BEP) y el Plan Maestro de Entrega de Información (MIDP).

4.2.2. Análisis Cuantitativo

El análisis cuantitativo permitirá medir objetivamente el desempeño del sistema propuesto durante la aplicación del proyecto:

- Captura de métricas: durante un período de cuatro a seis semanas se determinará las horas dedicadas a cada modelo por cada disciplina, número de elementos completados, porcentaje de avance, número de interferencias detectadas, número de revisiones por entregable y tasa de retrabajo observado.
- Definición de KPIs: mediante un análisis de los datos se identificará cuáles son los Índices de Desempeño que deberán ser evaluados durante la implementación.

- Visualización de datos: para poder tomar decisiones es necesario crear un “dashboard” en Power BI que nos ayudará a entender de mejor forma el avance que se está teniendo en la implementación BIM.

4.2.3. Análisis Documental y Normativo

El análisis se enfocará en la evaluación de la documentación y modelado relacionados con la implementación BIM, con un énfasis en tener coherencia con los requisitos del cliente y en la normativa ISO 19650. Se analizará los pliegos del proyecto y los manuales BIM de la Autoridad Portuaria de Valencia para poder extraer los requisitos de información (EIR) que se deberán cumplir, posteriormente se comparará con los procesos mencionados en la ISO 19650 para tener claridad de todo lo que se deberá entregar a finalizar el proyecto. Como resultado esperado se tendrá un modelo 3D y una gestión de información que tengan la calidad esperada y estén alineados con lo esperado por el cliente.

4.2.4. Análisis de Procesos

Este análisis se centrará en la revisión y generación del Plan de Ejecución BIM y el Plan Maestro de Entrega de Información (MIDP), que son componentes fundamentales para una correcta implementación de BIM en el proyecto. Se realizarán los diagramas de flujo “As-Is” (Procesos Actuales) y los “To-Be” (Propuestos), con esto se permitirá visualizar gráficamente en donde se puede tener mejoras durante la implementación BIM, identificar deficiencias en la planificación operativa, asignar responsabilidades claras y asegurar que los plazos de entrega sean correctos durante la fase de ejecución del proyecto.

4.2.5. Análisis de Datos

Finalmente, mediante este análisis se emplearán técnicas avanzadas de “business intelligence”, en donde se recopilará los datos obtenidos, con lo cual se podrá definir los indicadores de desempeño que se ajustan al proyecto mediante el uso de la métrica SMART y responderán a la productividad, calidad, cumplimiento de plazos que serán monitoreados en tiempo real durante toda la implementación BIM mediante paneles interactivos desarrollados

en Power BI. Estos nos proporcionarán una visión integral del progreso y rendimiento del proyecto y nos ayudará como un punto de partida para la aplicación de esta metodología en todos los procesos futuros de la empresa IBIM.

5. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN Y RESULTADOS OBTENIDOS

5.1. Plan de ejecución BIM

El plan de ejecución BIM se redacta con el objetivo de plasmar los procedimientos a seguir para la presente actuación, cumpliendo con los requerimientos de la APV. Se trata de un documento vivo que se irá actualizado con el propio avance del proyecto definiendo y ajustando los procesos llevados a cabo.

Con la finalidad de evitar duplicidades dentro del documento principal del TFM, el BEP completo, junto con sus tablas se incorporará como el Anexo A, manteniéndose en este capítulo únicamente los aspectos más relevantes.

5.1.1. Alcance BIM y usos aplicados para los objetivos del cliente

La metodología BIM se aplicó como un enfoque colaborativo para estructurar la producción y gestión de la información del proyecto, mejorando así la coordinación entre las disciplinas y reduciendo los errores derivados a los flujos de trabajo tradicionales. En función a los requerimientos del cliente, la implementación se concentró en los usos BIM que aportar directamente a la fase de construcción del proyecto:

- Información centralizada: como base para garantizar trazabilidad, control documental y acceso a la información del proyecto.
- Diseño/Modelo 3D y visualización: para facilitar la comprensión técnica del proyecto y apoyar la toma de decisiones durante el desarrollo y la ejecución.
- Documentación 2D: priorizando que la mayor parte de los planos provenga del último modelo BIM aprobado.
- Coordinación 3D y gestión de colisiones: Para asegurar la compatibilidad geométrica entre disciplinas.
- Modelo “As Built”: incorporar toda la información tanto gráfica y de requerimientos de la obra finalizada.

5.1.2. Alcance BIM y usos aplicados para los objetivos del cliente

Se definió una estructura de roles enfocada en garantizar la coordinación y aseguramiento de la calidad antes de cada entrega:

- Responsable BIM del contrato: dirige la estrategia BIM, asegura el cumplimiento del BEP, define los criterios de calidad, gestiona el flujo global de la información y busca la interoperabilidad entre las diferentes disciplinas.
- Coordinación BIM: gestiona el desarrollo y el mantenimiento del modelo por disciplina, lidera la coordinación del modelo federado y preparar los entregables acorde a los formatos requeridos por el cliente.
- Control de calidad BIM: ejecuta una revisión interna previa a la entrega al cliente, validando estándares, estructura IFC y consistencia del contenido.

5.1.3. Herramientas, flujo de modelado e integración interdisciplinaria

La solución técnica se apoya en un entorno de herramientas interoperables, donde Civil 3D constituye la herramienta principal para la modelación de la obra ferroviaria, complementada por Revit para elementos específicos del entorno y Navisworks como plataforma de integración y coordinación.

- En civil 3D se desarrolló el modelado de infraestructura lineal y superficies, en donde se incluyen drenajes, pavimentación e instalaciones asociadas a la obra civil, garantizando coherencia geométrica con la topografía y el trazado.
- En Revit se modelaron elementos de entorno y sistemas complementarios relevantes para la ejecución como arquetas, sumideros, postes de catenaria, señalética horizontal, señalética vertical, cerramientos y los edificios existentes.
- El modelo se preparó para intercambio en formato abierto IFC, asegurando que la información estuviera disponible para revisión transversal y trazabilidad en el CDE.

Una vez desarrollados los modelos por disciplina, se ejecutó un proceso de integración interdisciplinaria mediante la federación en Navisworks, que constituye el núcleo de coordinación de la solución implementada. Esta fase permite evaluar el conjunto del proyecto desde una perspectiva global, verificando consistencia espacial, compatibilidad geométrica y coherencia entre disciplinas.

En esta etapa también se realiza la detección y gestión de colisiones, abordando interferencias reales y documentando resultados mediante los reportes generados por Navisworks, se ejecuta una matriz de interferencia conforme a las directrices del cliente y se incorpora como un anexo técnico.

5.2. Plan de entrega de información de tareas

Este apartado tiene la planificación detallada de todos los entregables BIM definidos para la implementación BIM del proyecto que tendrá una duración de 45 semanas, en donde se toma a la semana 0 el 16 de junio de 2025 y finalizando la fase de diseño el 1 de mayo de 2026. En este plan se integra tanto los productos de información (modelos BIM, IFC, planos, documentos de calidad) como los documentos de gestión (BEP, configuración del CDE, informes de revisión).

Cada fila de la tabla corresponde a un entregable en concreto, el cual está identificado por un nombre único en la columna “ENTREGA” y asociado a una fecha objetivo en la columna “FECHA”. Dentro de la columna “DESCRIPCIÓN” se resume de forma rápida el alcance de cada entregable, indicando exactamente qué es lo que se va a producir. De este modo podemos distinguir a que apartado pertenece cada actividad (entregas de modelo, documentación técnica y de control de calidad). La columna “FORMATO” especifica el tipo de archivo asociado a cada entregable, lo cual nos permite relacionar la planificación temporal con la estructura de archivos del CDE y con los formatos exigidos en el EIR del cliente. A continuación, se puede observar la columna “PREDECESORAS” en donde se identifica la dependencia lógica entre entregas. Las columnas “QUIÉN ENTREGA” y “QUIEN REvisa” recogen la asignación de responsabilidades por rol, empleado los códigos definidos en la matriz RACI del proyecto, de esta forma se explica que agente es el responsable de la producción de cada entregable y quien será el encargado de revisarlo y aprobarlo.

En la primera sección “INICIO Y DIAGNOSTICO” se agrupan las primeras actividades asociadas a la revisión de información de la partida y a la definición del marco de trabajo BIM. Aquí se incluyen hitos como la obtención de permisos iniciales, la revisión de modelos y planos existentes, el análisis de los requisitos del cliente y la redacción de la primera versión del BEP y la estructura del CDE. En la primera entrega “GEOMETRÍA BASE” se consolida la definición

geométrica inicial de la infraestructura, con la obtención de la superficie de trabajo, las alineaciones horizontales y el perfil vertical de las vías del proyecto, apoyada en secciones ferroviarias generadas con Subassembly Composer y el primer modelado arquitectónico de los edificios del proyecto. El objetivo de esta sección es disponer de una geometría fiable sobre la que pueden apoyarse las disciplinas posteriores de instalaciones, cerramientos y urbanización.

Para la entrega 2 “MODELADO DE SISTEMAS FUNCIONALES” la planificación se centra en el desarrollo de los modelos BIM de instalaciones y la generación de las obras lineales, así como la primera exportación de IFC y en la verificación de la calidad en base a los requerimientos del cliente. Se incluyen tareas como el modelado de redes de comunicación, tuberías residuales, cerramientos y la generación de sólidos de todas las alineaciones con su respectivo LOD/LOI y una comprobación de interferencias mediante el uso de Navisworks.

La entrega 3 “MODELADO INTEGRAL AVANZADO Y COORDINACIÓN BIM” extiende el alcance hasta modelar todos los elementos principales del proyecto drenajes de vía, pavimentos, vías existentes, parcela de Tramed, arquetas, sumideros, catenarios, desvíos ferroviarios, señalética horizontal, señalética vertical y cerramientos. Esta sección incorpora también la definición de la superficie final de trabajo, una nueva exportación IFC agrupada por disciplinas y su respectivo control de calidad mediante Navisworks con su informe de revisión correspondiente.

Para la “ENTREGA FINAL” se agrupa toda la producción de modelos completamente coordinados y revisados, la versión definitiva del BEP. Los modelos BIM consolidados, archivos IFC, los planos en formato DWG/PDF y los cuadros de superficies finales. Finalmente, para la “REVISIÓN ENTREGA FINAL” se programa la entrega global y completa con la respectiva aceptación por parte del cliente, cerrando así el ciclo de información del proyecto en su etapa de construcción.

Tabla 4. Plan maestro de entrega de información

ENTREGA	FECHA	DESCRIPCION	FORMA TO	PREDECESORAS	QUIEN ENTREGA	QUIEN REVISAS	ENTREGADO	REVISADO	COMENTARIOS	FASE
				Dependencia de la información	EM GM GC	GC JS JR	EM GM G C	GC JS JR		EE AP PB PE EO RE OP
INICIO Y DIAGNÓSTICO	SEMANA 0 - 4									
Inicio de la implementación BIM	16/06/2025									
Permisos Iniciales	19/06/2025	Manual para el acceso al Sharepoint con la información de la obra	.DOC	Permisos TIC Dragados					COMPLETADO	
Revisión inicial de información	23/06/2025	Revisión del modelo generado para la licitación	.NWD	Permisos iniciales	• •				COMPLETADO	
	25/06/2025	Revisión del EIR del cliente	.DOC	Permisos iniciales	• •				COMPLETADO	
	27/06/2025	Revisión de los planos de todas las disciplinas del proyecto	.PDF	Permisos iniciales	• •				COMPLETADO	
BEP (Plan de ejecución BIM)	04/07/2025	Definición de objetivos, roles, procesos y requisitos para la implementación de BIM en el proyecto	.DOC	EIR, PRE-BEP	•	• •	•	• •	COMPLETADO	
Entorno común de datos (CDE)	08/07/2025	Creación de la estructura de carpetas por disciplinas, permisos.		BEP V1	•	• •	•	• •	COMPLETADO	
Modelos BIM	10/07/2025	Listado de los modelos previstos para la implementación BIM	.XLSX	EIR, BEP V1	•	•	•		COMPLETADO	
	18/07/2025	Superficie de trabajo	.DWG	Levantamiento topográfico	•	•	•	•	COMPLETADO	
ENTREGA 1: GEOMETRÍA BASE (10%)	SEMANA 5 -12									
Modelos BIM	31/07/2025	Alineación horizontal y perfil vertical de las vías 1 y 2	.XLSX	Superficie, Revisión inicial de información (Planos)	•	•	•	•	COMPLETADO	
	15/08/2025	Alineación horizontal y perfil vertical de las vías 71 y 72	.DWG	Superficie, Revisión inicial de información (Planos)	•	•	•	•	COMPLETADO	
	01/09/2025	Secciones ferroviarias con Subassembly Composer	.PKT	Revisión inicial de información (Planos)	•	•	•	•	COMPLETADO	
	08/09/2025	Modelado arquitectónico de los edificios del proyecto	RVT	Revisión inicial de información (Planos)	•	•	•	•	COMPLETADO	
ENTREGA 2 MODELADO DE SISTEMAS FUNCIONALES (40%)	SEMANA 13-20									
BEP (Plan de ejecución BIM)	15/09/2025	Actualización BEP - Versión 2	.DOC	BEP V1	•	• •	•	• •	COMPLETADO	
Modelos BIM	19/09/2025	Alineación horizontal y perfil vertical de las instalaciones vía	.DWG	Superficie, Revisión inicial de información (Planos)	•	•	•	•	COMPLETADO	
	26/09/2025	Alineación horizontal y perfil vertical de la red de comunicación	.DWG	Superficie, Revisión inicial de información (Planos)	•	•	•	•	COMPLETADO	
	03/10/2025	Alineación horizontal y perfil vertical de las tuberías residuales	.DWG	Superficie, Revisión inicial de información (Planos)	•	•	•	•	COMPLETADO	
	10/10/2025	Secciones para las instalaciones con Subassembly Composer	.PKT	Revisión inicial de información (Planos)	•	•	•	•	COMPLETADO	
	20/10/2025	Obras lineales y sólidos de todas las alineaciones	.DWG	Revisión inicial de información (Planos)	•	•	•	•	COMPLETADO	
	24/10/2025	Modelado del cerramiento Vía 1 y Vía 2	RVT	Revisión inicial de información (Planos)	•	•	•	•	COMPLETADO	
IFC	29/10/2025	Exportación de IFC con su respectivo LOD y LOI de los modelos: Arquitectónico, Ferrovia, Vías, Instalaciones	.IFC	Modelos BIM	•	• •	•	•	COMPLETADO	
Calidad	03/11/2025	Comprobación de exportación a NWC (Para control de calidad de los modelos)	.NWC	Archivos IFC	•	• •	•	•	COMPLETADO	

ENTREGA 3 MODELADO INTEGRAL AVANZADO Y COORDINACIÓN BIM (75%)	SEMANA 21 - 42									
BEP (Plan de ejecución BIM)	12/11/2025	Actualización BEP - Versión 3	.DOCS	BEP V2	●	●●	●	●●	COMPLETADO	●
Modelos BIM	21/11/2025	Alineación horizontal y perfil vertical de los drenajes de la vía	.DWG	Superficie, Revisión inicial de información (Planos)	●	●	●	●	COMPLETADO	●
	05/12/2025	Generación de los pavimentos de la obra	.DWG	Obras lineales, superficie	●	●	●	●	COMPLETADO	●
	16/12/2025	Modelado de las vías ferroviarias existentes	.DWG	Superficie, Revisión inicial de información (Planos)	●	●	●	●	COMPLETADO	●
	09/01/2026	Modelado de la parcela de Tramed	.RVT	Revisión inicial de información (Planos)	●	●	●		EN REVISIÓN	●
	16/01/2026	Modelado de arquetas y sumideros	.RVT	Revisión inicial de información (Planos)	●	●	●		EN REVISIÓN	●
	02/02/2026	Modelado de postes de catenaria para el sistema de alimentación eléctrica	.RVT	Revisión inicial de información (Planos)	●	●	●		EN REVISIÓN	●
	14/02/2026	Creación de las secciones para los desvíos ferroviarios con Subassembly Composer	.PKT	Obras lineales, superficie	●	●	●		EN REVISIÓN	●
	23/02/2026	Modelado de los desvíos	.DWG	Obras lineales, superficie	●	●	●		EN REVISIÓN	●
	27/02/2026	Modelado de señalética horizontal y vertical	.DWG	Obras lineales, superficie	●	●	●		EN REVISIÓN	●
	02/03/2026	Modelado del cerramiento nuevo	RVT	Obras lineales, superficie	●	●	●		EN REVISIÓN	●
	Superficie	13/03/2026	Superficie final de trabajo	.DWG	Modelos BIM	●	●●●	●		EN REVISIÓN
IFC	20/03/2026	Exportación de IFC con su respectivo LOD y LOI de los modelos: Arquitectónico, FerroviaI_Vías, Instalaciones	.IFC	Modelos BIM	●	●●●			PENDIENTE	●
Calidad	25/03/2026	Comprobación de exportación a NWC (Para control de calidad de los modelos)	.NWC	Archivos IFC	●	●●●			PENDIENTE	●
	31/03/2026	Informe de revisión y control de calidad de los modelos respecto a los requisitos establecidos	.DOC	Archivo NWC	●	●●●			PENDIENTE	●
ENTREGA FINAL (100%)	SEMANA 42-44									
BEP (Plan de ejecución BIM)	03/04/2026	BEP	●		●●●	●●●			PENDIENTE	●
Modelos BIM	10/04/2026	Modelos coordinados y revisados	.RVT/.DWG		●	●●●			PENDIENTE	●
IFC	15/04/2026	Archivos IFC 4 coordinados	.IFC		●	●●●			PENDIENTE	●
Planos	24/04/2026	Planos en dwg y PDF	.DWG/.PDF		●	●●●			PENDIENTE	●
Superficies	29/04/2026	Cuadros superficies	.XLSX/.DWG		●	●●●			PENDIENTE	●
REVISION ENTREGA FINAL	SEMANA 45									
Entrega completa revisada	01/05/2026									●

Fuente: Elaboración Propia

5.3. Modelado 3D

Para poder garantizar la viabilidad técnica del proyecto y optimizar el rendimiento del proyecto se descartó el uso de un modelo monolítico y en lugar de eso se implementó una estrategia de federación de modelos mediante el uso de las herramientas de Autodesk: Civil 3D, Revit y Navisworks. El objetivo es poder disponer de un modelo coherente, parametrizado e interoperable que refleje con precisión la solución de ingeniería, permita la detección temprana de interferencias, facilite la comunicación con el cliente y sirva de base para la explotación futura de la infraestructura.

Además, como parte del sistema de seguimiento y comunicación con el cliente, se ha publicado el modelo federado en el visor web de Periscoope de la empresa Ibim, permitiendo la visualización del avance sin la necesidad de instalar un software especializado. Se adjunta el enlace de acceso remoto en el que se puede evidenciar el avance disponible hasta la fecha:

<https://periscoope.ibim.es:8080/auto/6949cc663a2610b842c60f9e>

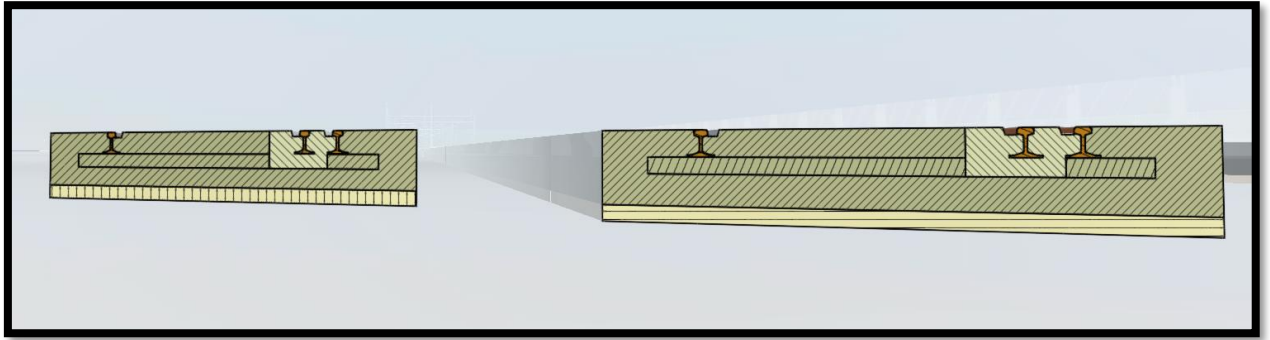
5.3.1. Autodesk Civil 3D

Civil 3D ha sido la herramienta principal para el modelado del proyecto, especialmente para la producción de las vías ferroviarias y sus elementos relacionados. Esta herramienta es ideal para la generación de proyectos de ingeniería civil debido a su capacidad para generar modelos precisos de terrenos, alineaciones, perfiles y secciones transversales, así como su integración con los componentes de drenajes, pavimentación, instalaciones y superficie final.

Los modelos creados en Civil 3D incluyen:

- Modelado vía ferroviaria: diseño detallado de las vías, incluyendo alineaciones horizontales, verticales, secciones, radio de curvatura, y pendientes.

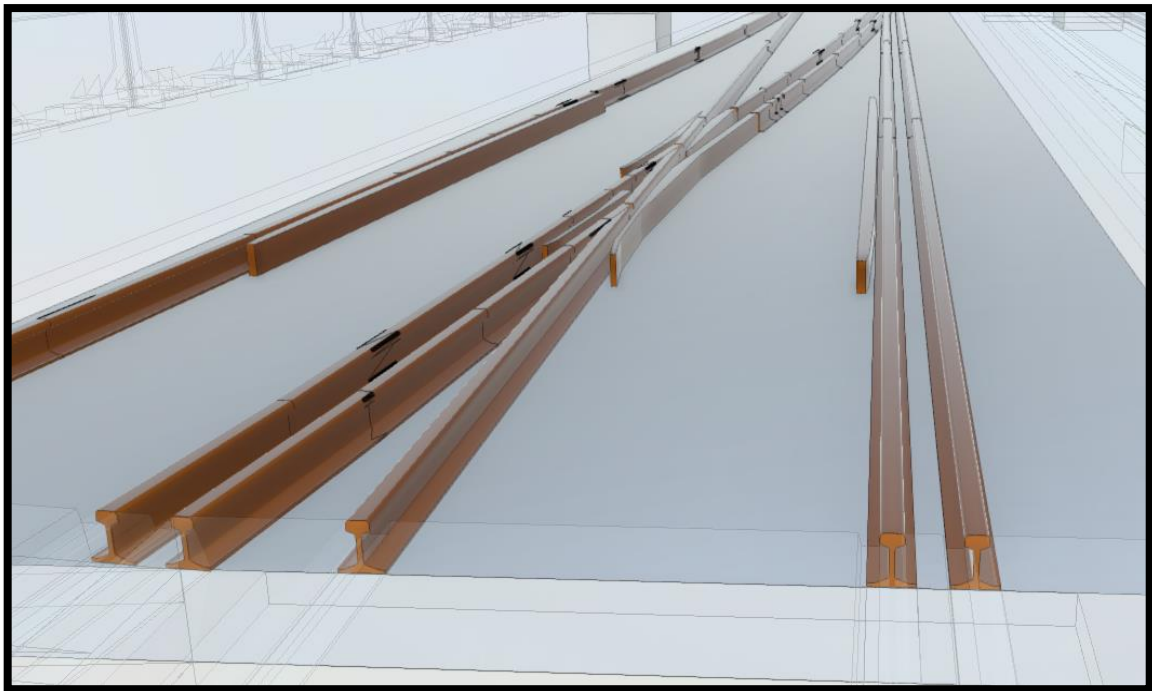
Figura 8. Modelado vía ferroviaria



Fuente: Elaboración Propia

- Modelado de desvíos ferroviarios: en donde mediante líneas características podemos unir las vías para un intercambio de carril y asegurándonos que se encuentren en el lugar adecuado para permitir maniobras adecuadas para gestionar el tráfico ferroviario.

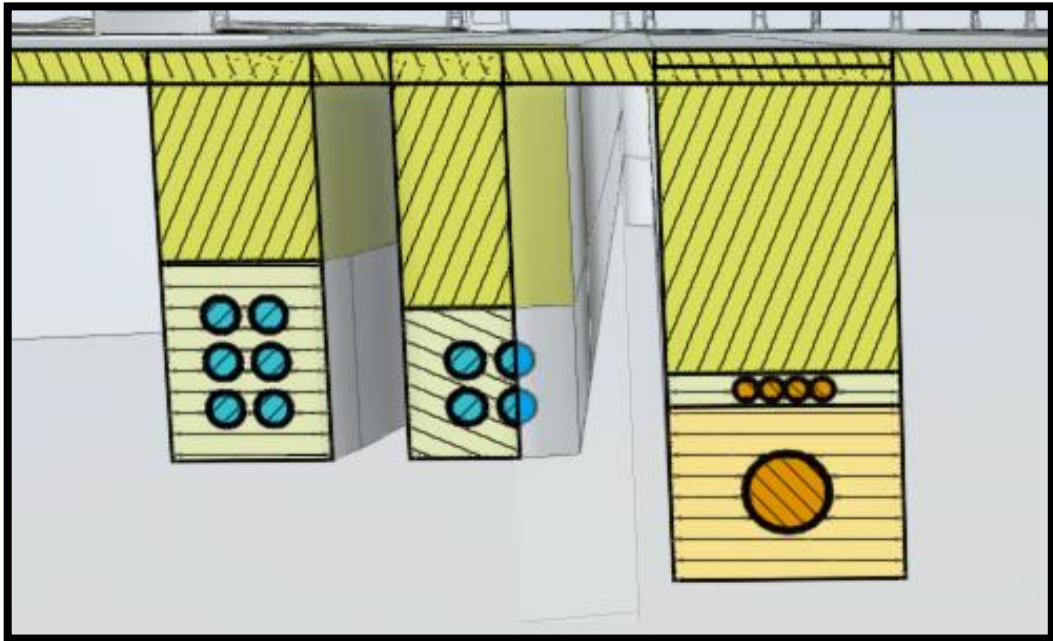
Figura 9. Modelado de desvíos ferroviarios



Fuente: Elaboración Propia

- Modelado de instalaciones y drenajes: en este apartado se modela las instalaciones de vía, servicios de alcantarillado y drenajes.

Figura 10. Modelado de instalaciones y drenajes



Fuente: Elaboración Propia

- Pavimentación: Diseño de las áreas adyacentes a la vía.

Figura 11. Modelado de pavimentación



Fuente: Elaboración Propia

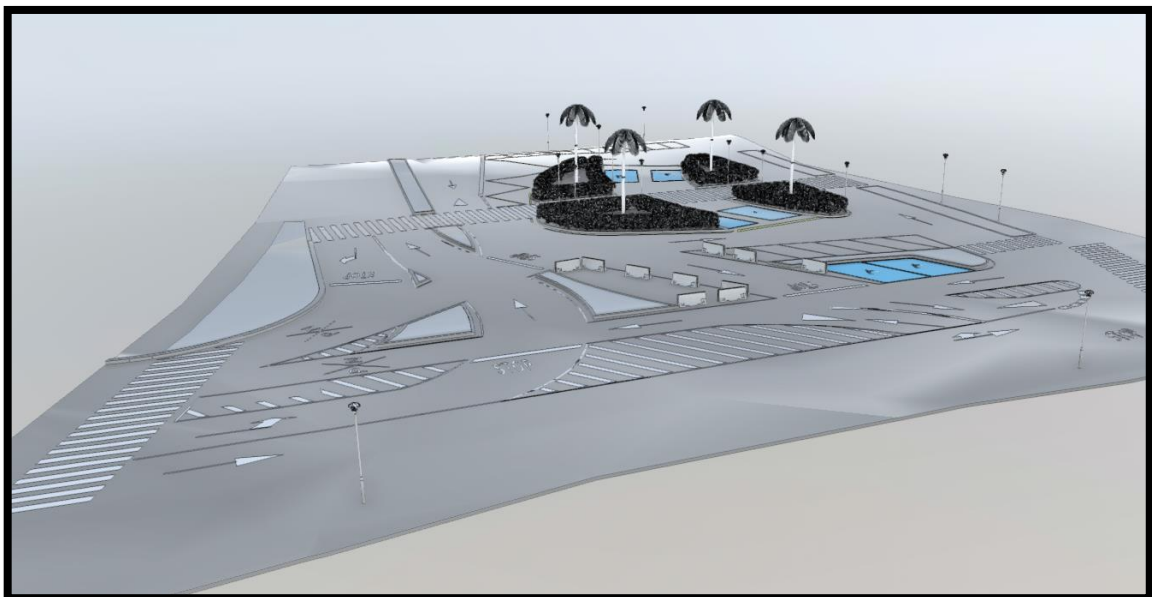
- Superficie de trabajo: mediante los datos del levantamiento topográfico y los trabajados en el “software” civil 3d se puede obtener la superficie final proyectada la cual nos ayudará para los trabajos en la fase de construcción para tomar las decisiones correctas.

5.3.2. Autodesk Revit

La herramienta Revit nos ayudó a modelar de manera integrada las disciplinas de arquitectura, instalaciones y componentes esenciales para el funcionamiento del sistema ferroviarios y urbanizaciones circundantes. Los modelos generados en este “software” incluyen los siguientes elementos clave:

- Modelado de urbanización: la parcela de Trasmed que incluye la representación detallada del terreno, las estructuras asociadas como accesos, estacionamientos, zonas verdes, luminaria, zonas de cargar, etc. Este modelo está diseñado para asegurar que se respete el uso del espacio en relación con las normativas de ocupación y con los requisitos logísticos del proyecto.

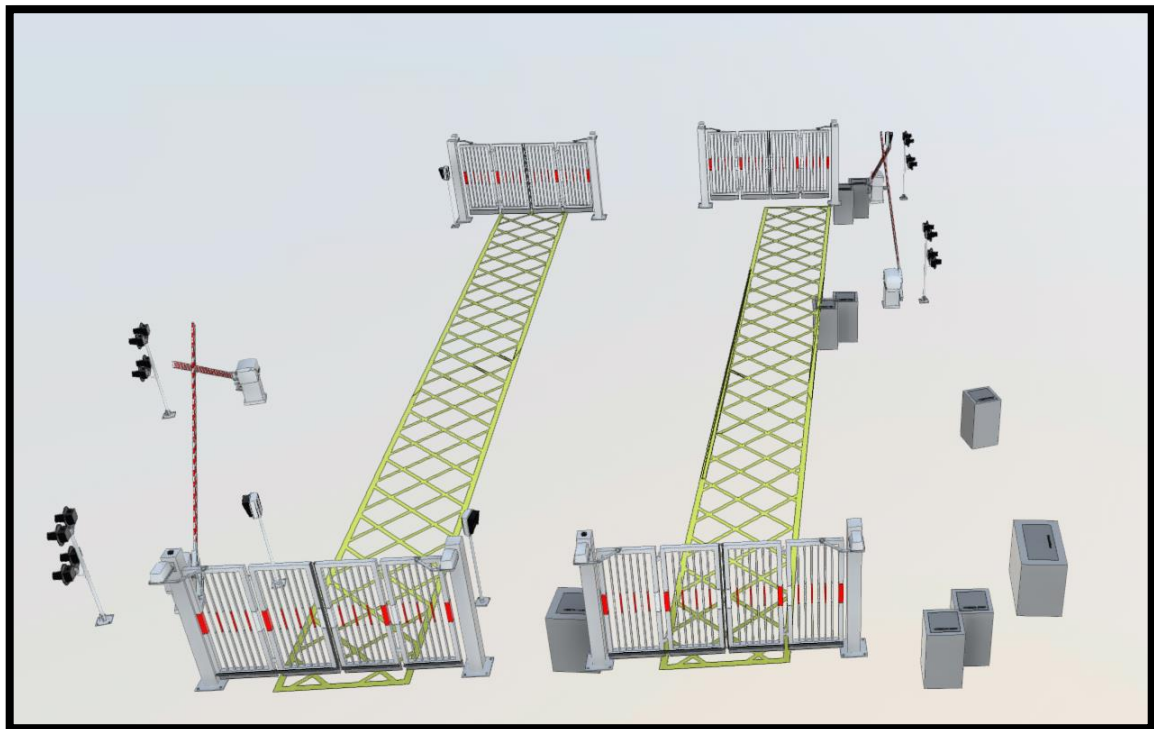
Figura 12. Modelado de la urbanización



Fuente: Elaboración Propia

- Modelado de instalaciones: en este apartado se modelaron las arquetas, sumideros y elementos de cruce ferroviario los cuales deben estar integrados en el modelado de Civil 3D y verificar que estén posicionados correctamente según el diseño del terreno y las pendientes necesarias.

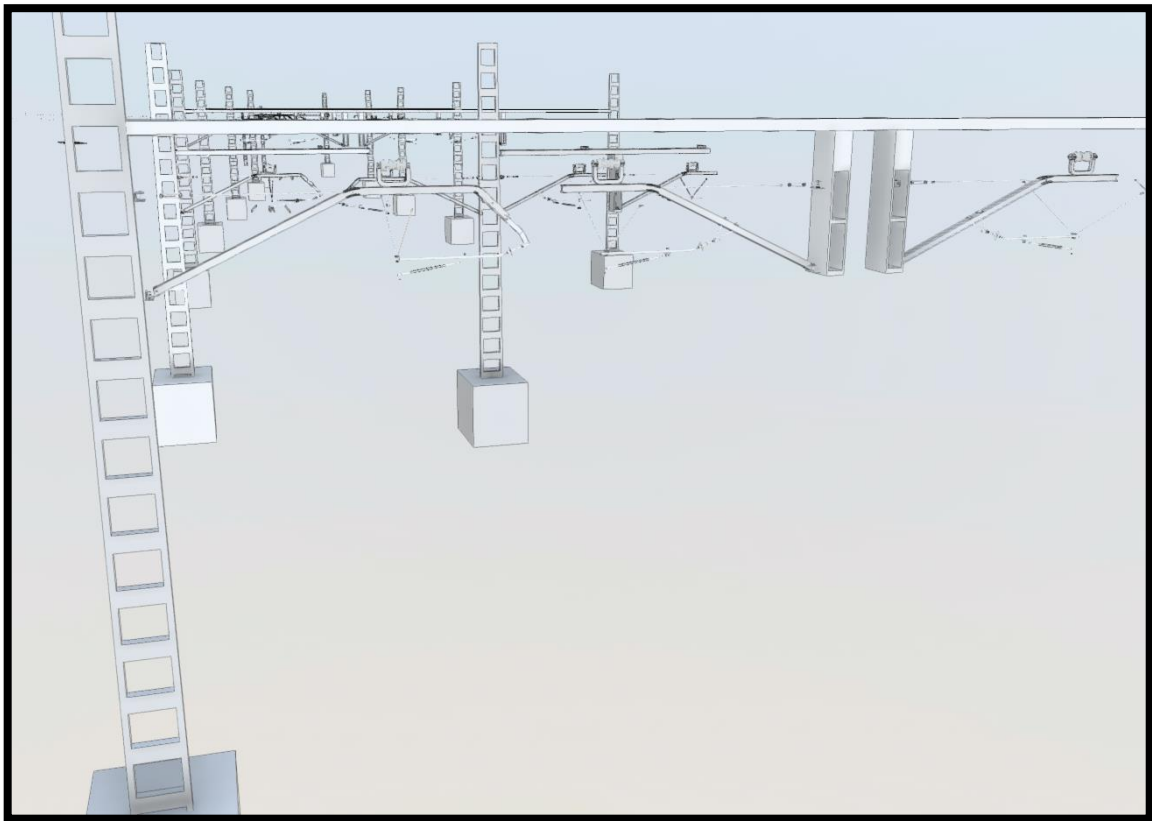
Figura 13. Modelado de instalaciones



Fuente: Elaboración Propia

- Modelado de Catenaria: en donde consta su respectivo poste con la cimentación correspondiente, este se encuentra modelado a lo largo de las vías, respetando distancias, ménsulas y ángulos de instalación necesarios para el funcionamiento óptimo del sistema eléctrico.

Figura 14. Modelado de catenaria



Fuente: Elaboración Propia

- Modelado de la señalética: se ha modelado la señalética horizontal (señales viales, marcas de pavimento) como la señalética vertical (señales de tráfico, señales de aviso), este modelo es esencial para la correcta operación de seguridad de nuestro sistema ferroviario, garantizando que las señales se encuentren posicionadas correctamente y sean visibles para operadores y usuarios.

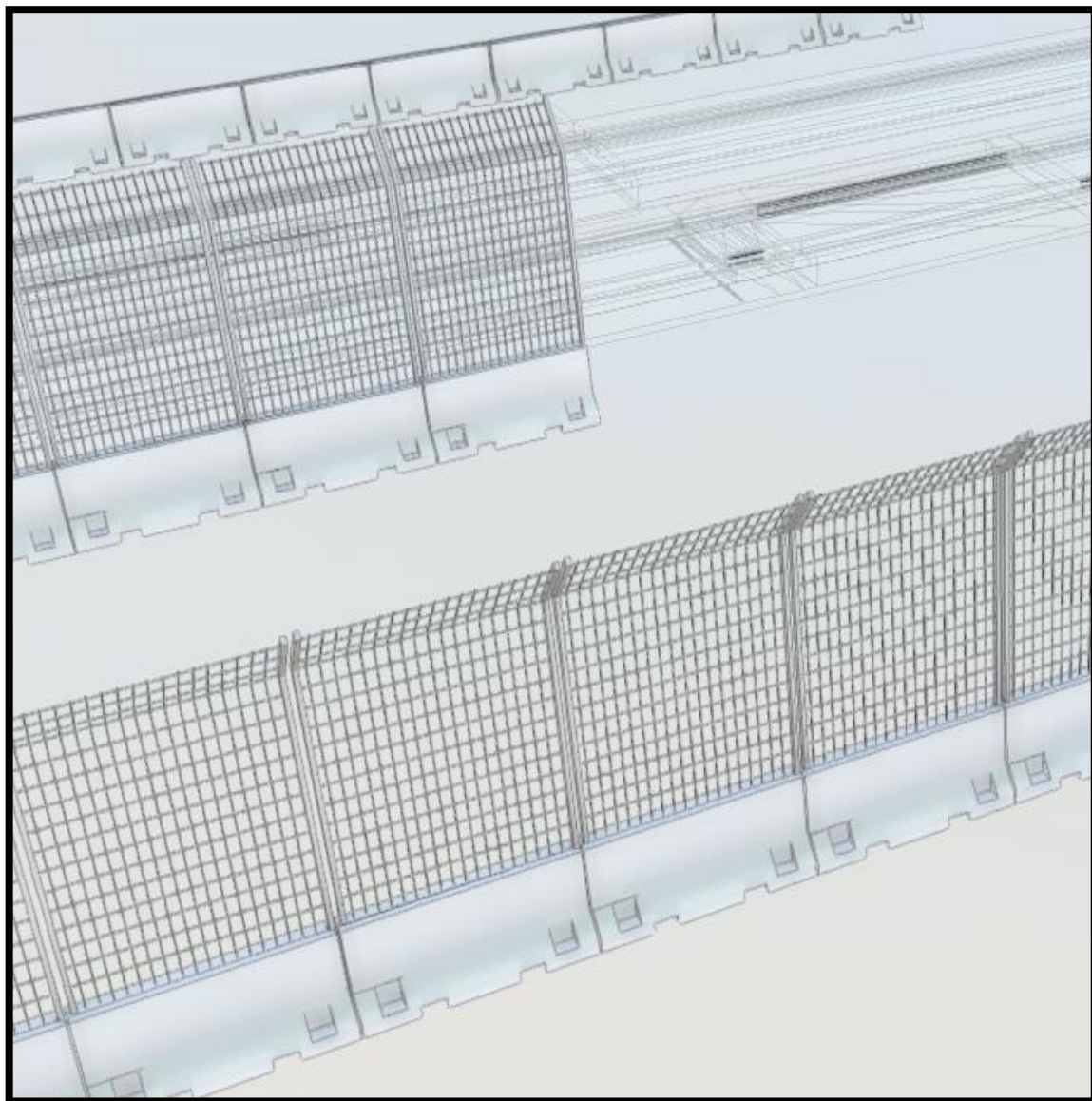
Figura 15. Modelado de la señalética



Fuente: Elaboración Propia

- Modelado de cerramientos: en estos modelos se incluyen vayas, new jersey y otros elementos de protección que permiten delimitar el área del proyecto, estos son necesarios para la seguridad del proyecto y para la separación de las zonas dentro del entorno ferroviario.

Figura 16. Modelado de cerramientos



Fuente: Elaboración Propia

5.3.3. Integración interdisciplinaria

Una vez realizado los modelos en Civil 3D y Revit, se integran en Navisworks para realizar una revisión global y detección de interferencias. Esta fase es crucial en el flujo de trabajo BIM, ya que permite combinar los modelos de las distintas disciplinas explicadas en el apartado anterior (arquitectura, estructura, instalaciones, ferroviaria y otros sistemas) en un único entorno digital y poder verificar que los modelos no entren en conflicto entre sí y que las interfaces de todos los modelos generados estén correctamente diseñadas.

Navisworks ofrece una herramienta avanzada que permite detectar interferencias y nos ayuda a resolver e identificar los conflictos entre los diferentes modelos, con esto podemos generar un informe detallado con los conflictos encontrados lo cual nos ayudará a resolverlos antes de tener este problema en campo durante la fase de construcción.

Una vez se resuelve las interferencias se prepara para la entrega al cliente y en este apartado se tiene un control de calidad para poder cerciorarnos de que todos los modelos cumplan con los estándares establecidos por el Puerto de Valencia.

5.4. Indicadores clave de rendimiento

La implementación BIM del proyecto del Puerto de Valencia no solo finaliza con un modelado técnico, sino que requiere un sistema robusto de medición y control que nos permita evaluar si la implementación está cumpliendo con los objetivos establecidos en el plan maestro de información y de si las disciplinas están alineadas en términos de calidad, cronograma y entrega de información.

Los indicadores clave de rendimientos (KPIS) cumplen precisamente esta función ya que son métricas cuantificables que reflejan el desempeño de la implementación BIM y nos permite la toma de decisiones ágiles durante su respectiva ejecución.

5.4.1. KPI 01: Existencia del modelo inicial

Este indicador evalúa la disponibilidad, formato y calidad de la información gráfica y no gráfica suministrada por el cliente o por el equipo de diseño previo al momento de la licitación o adjudicación. Su puntuación esta especificada en la siguiente tabla:

Tabla 5. KPI 01: Existencia del modelo inicial – Niveles de control

Nivel	Descripción Técnica	Impacto en el Proyecto
0	Nulo: Solo existen planos 2D (PDF/DWG)	Crítico: Requiere modelado desde cero (100% esfuerzo extra)
1	Básico: Existe modelo 3D, pero solo geometría. Sin parametrización ni clasificación.	Alto: Sirve para visualización, pero no para mediciones o planificación. Requiere re-parametrizado.
2	Intermedio: Modelo nativo/IFC con geometría correcta pero baja fiabilidad de datos (LOI bajo).	Medio: Requiere auditoría y limpieza de datos antes de usar.
3	Avanzado: Modelo apto para construcción. Cumple estándares (ISO 19650), clasificado y sin colisiones graves.	Bajo: Se puede iniciar la coordinación de obra inmediatamente.
4	Óptimo: Modelo As-Design validado, con CDE activo y trazabilidad completa.	Oportunidad: Permite proponer mejoras y ahorros al cliente rápidamente.

Fuente: Elaboración Propia

Para la asignación del nivel anterior, se deberá poder responder las siguientes preguntas:

- Georeferenciación: ¿El modelo se encuentra en las coordenadas correctas?
- Topográfico: ¿El levantamiento topográfico es el adecuado?
- Estructura: ¿Respetar la estructura del proyecto (Edificación=niveles y pisos) (Infraestructura=Alineamientos, perfiles y secciones base)?
- Clasificación: ¿Los elementos tienen sus respectivos códigos y set de propiedades?
- Formatos: ¿Se entrega el archivo nativo (RVT.DWG) o solo se tienen un IFC cerrado?
- Integridad: ¿Existen interferencia entre los modelos?
- Proyecto: ¿Cubre el alcance del proyecto y se puede utilizar en la etapa de construcción?

Para la información entregada por la UTE al momento de la contratación para la implementación el modelo fue calificado con **NIVEL 1** debido a varias limitaciones en la calidad y alcance del modelo BIM disponible inicialmente. Esto no contaba con los parámetros adecuados ni con una geometría completa, lo que impidió su correcta reutilización en las fases iniciales de esta implementación. Además, el modelo no incluía topografía actualizada, lo que resultó en uno desfase con respecto al levantamiento real del terreno.

El modelo se encontraba principalmente en Revit, sin la integración adecuado con Civil 3D, lo que significó que no se podrían realizar los cambios directamente sobre el modelo nativo de

forma eficiente. Esta falta de interoperabilidad entre las herramientas dificulta la coordinación entre las diferentes disciplinas y, en consecuencia, debido a estas deficiencias, gran parte del trabajo se tuvo que empezar desde cero, lo que implicó un esfuerzo adicional por parte de la empresa encargada de ejecutar la implementación BIM.

Lo único que se pudo reutilizar de la versión inicial del modelo fueron algunas de las familias de Revit, lo que permitió ahorrar tiempo con la creación de estos elementos. Sin embargo, la falta de un modelo bien estructurado requirió de una reestructuración significativa y un replanteamiento del proceso del modelado para cumplir con las expectativas y los requisitos del proyecto.

5.4.2. KPI 02: Nivel BIM del cliente

Este KPI mide la madurez digital de que tiene el cliente ya sea un promotor público o privado, el mismo evalúa su capacidad para definir requisitos claros (EIR), gestionar la información durante todo el proyecto (CDE) y validar de manera objetiva los entregables finales. Un cliente con una baja madurez BIM es un riesgo operativo ya que aprobará con lentitud los modelos, podrá solicitar cambios difíciles sin saber para qué y generará burocracia durante todo el proceso la implementación, mientras que un cliente con un nivel de madurez alto impulsará la eficiencia de la implantación del proyecto.

Tabla 6. KPI 02: Nivel BIM del cliente – Niveles de control

Nivel	Descripción Técnica
0	Nulo: El cliente opera bajo esquemas tradicionales sin uso de la metodología BIM: - Procesos basados en CAD 2D y documentación en papel/pdf - La coordinación espacial se resuelve en obra - Cada departamento tiene sus archivos locales - Toma de decisiones no basadas en datos
1	Básico: El cliente ha iniciado con la transición, pero carece de una estructura consolidada: - Existen pliegos con requisitos BIM (EIR) no aptos con respeto al proyecto. - Uso de herramientas aislado en el departamento de diseño, pero no con conexión con la obra. - Procesos de revisión manuales - Alta dependencia de una asistencia técnica externa
2	Integrado: El cliente usa el BIM como un proceso estándar en la gestión operativa de sus proyectos:

	- Procedimientos BIM documentados y estandarizados - Existe un entorno común de datos centralizado y obligatorio para los agentes - Coordinación 3D y entrega de IFC - Capacidad interna para validar modelos
3	Avanzado: El cliente usa el BIM como una ventaja competitiva y de innovación con una integración total de datos: - Procesos automatizados mediante APIs y scripts - Integración bidireccional del BIM (Costes y Mantenimiento) - Roles especializados internos - Uso de analítica predictiva
4	Óptimo: El cliente usa el BIM como parte de su ADN digital dentro de su organización: - Dispone de estrategias de gemelos digitales conectadas a lot en tiempo real para la gestión completa del ciclo de vida de su cartera de activos.

Fuente: Elaboración Propia

La Autoridad Portuaria de Valencia ha sido catalogada como un **NIVEL 2** en términos de madurez BIM. Esto se debe a que el cliente ha desarrollado sus propios manuales para el uso de BIM en todos sus proyectos, los cuales cumplen con los estándares internacionales y aseguran sus parámetros para una calidad +optima en los modelos entregados.

5.4.3. KPI 03: Índice de productividad (Eficiencia del diseño)

Este KPI nos ayuda a controlar el rendimiento del equipo BIM, orientado a verificar que la producción de modelos se mantenga alineados con el plan maestro de entrega de información y con los hitos contractuales definidos. La finalidad es anticipar desviaciones, estabilizar el ritmo de producción y reducir el riesgo de acumulación de retrasos al aproximarse cada entrega oficial.

$$IFC_{programado} = \# \text{ de IFC del proyecto} \times \frac{\# \text{ de la semana de entrega}}{\# \text{ de semanas de la implementación BIM}}$$

$$\text{Indice Productividad IFC} = \frac{IFC \text{ real acumulado}}{IFC \text{ proyecto acumulado}}$$

Con estas fórmulas en cada revisión de avance (se recomienda quincenal) se contabiliza el número de IFC con estado “Validado” que hace referencia a que fue aceptado por el cliente.

Tabla 7. KPI 03 Índice de productividad – Niveles de control

Nivel	Descripción Técnica
Crítico	$IP \leq 0.70$
Riesgo	$0.70 < IP \leq 0.89$
En control	$0.89 < IP \leq 1.05$
Adelantado	$IP > 1.05$

Fuente: Elaboración Propia

En este contexto para esta implementación se ha planificado una entrega de 18 IFC en un plazo de 40 semanas que empieza al finalizar la etapa de “DIAGNÓSTICO Y ENTREGA”

Tabla 8. KPI 03 índice de productividad – Resultados

# de semana	Semana Proyecto	Inicio	IFCproyecto acumulado	IFCreal acumulado	IP = Real/Proyecto	Estado
1	5	21/07/2025	0.45	0	0	Crítico
2	6	28/07/2025	0.90	0.25	0.28	Crítico
3	7	04/08/2025	1.35	1.00	0.74	Riesgo
4	8	11/08/2025	1.80	1.50	0.83	Riesgo
5	9	18/08/2025	2.25	2.00	0.89	Riesgo
6	10	25/08/2025	2.70	2.50	0.93	En control
7	11	01/09/2025	3.15	3.00	0.95	En control
8	12	08/09/2025	3.60	3.50	0.97	En control
9	13	15/09/2025	4.05	4.00	0.99	En control
10	14	22/01/1900	4.50	4.50	1.00	En control
11	15	29/10/2025	4.95	4.75	0.96	En control
12	16	06/10/2025	5.40	5.2	0.96	En control
13	17	13/10/2025	5.85	5.6	0.96	En control
14	18	20/10/2025	6.30	6.1	0.96	En control
15	19	27/10/2025	6.75	6.50	0.96	En control
16	20	03/11/2025	7.20	7.00	0.97	En control
17	21	10/11/2025	7.65	7.50	0.98	En control
18	22	17/11/2025	8.10	8.00	0.99	En control
19	23	24/11/2025	8.55	8.50	0.99	En control
20	24	01/12/2025	9.00	9.50	1.06	Adelantado
21	25	08/12/2025	9.45	10.00	1.06	Adelantado
22	26	15/12/2025	9.90	11.00	1.11	Adelantado
23	27	22/12/2025	10.35	11.2	1.08	Adelantado
24	28	29/12/2025	10.8	11.5	1.06	Adelantado
25	29	05/01/2026	11.25	11.8	1.05	En control
26	30	12/01/2026	11.7	12	1.03	En control

Fuente: Elaboración Propia

El retraso inicial fue generado por que fue necesario reiniciar desde cero grandes partes del modelado, la superficie base contenía múltiples valores inconsistentes que debieron corregirse antes de empezar con la producción de los modelos. A ellos se sumaron incidencias en la transferencias e integración de datos por parte de las entidades participantes en el proyecto, lo que afectó directamente a la productividad de la implementación. Sin embargo, la aplicación del KPI de productividad de IFC permitió destacar tempranamente la desviación respecto al plan de entrega, activar las medidas correctivas y recuperar el ritmo de trabajo. Como resultado, actualmente el proyecto se encuentra en control e incluso un poco por encima del rendimiento esperado para el periodo de entrega.

5.4.4. KPI 04: Índice de precisión del modelo (Calidad de diseño)

Este KPI mide la cantidad y la severidad de errores y/o no conformidades del modelo tanto en su parte geométrica como a nivel de información respecto a los estándares del cliente, el BEP y la ISO 19650.

Tabla 9. KPI 04 índice de precisión del modelo – Variables de entrada y matriz

Variables de entrada			
		C:	Número de hallazgos críticos
		M:	Número de hallazgos mayores
		m:	Número de hallazgos menores
		N:	Número total de elementos/objetos en el modelo
Matriz de no conformidades			
Categoría	Tipo de error	Descripción	Peso (W)
Crítico	Bloqueante	Existe una interferencia que impide construcción/operación o afecta elementos estructurales/sistemas principales.	10
		El modelo propone o permite una condición insegura/inoperable (p.ej., invadir zonas de seguridad, distancias mínimas reglamentarias, accesos de emergencia, envolvente de circulación ferroviaria, áreas portuarias restringidas).	

		El archivo está corrupto, no abre, geometría inutilizable, o el federado no se puede coordinar. Incluye pérdida de referencia, unidades mal, coordenadas/sistema de referencia incorrecto cuando el hito exige georreferenciación fiable. Faltan parámetros obligatorios definidos en EIR/BEP para el uso del hito (clasificación, ID único, sistema/disciplina, fase/estado, localización, PK/estación, codificación cliente, propiedad IFC requerida, etc.). El entregable no cumple el formato obligatorio (IFC versión requerida, estructura de nombres, contenedor CDE, codificación ISO 19650, LOD/LOI mínimo) Se ha modificado el modelo sin trazabilidad, sin registro, o hay desalineación grave entre versiones que invalida coordinación (pérdida de historial, entregables “no auditables”). No se alcanza el LOD objetivo en elementos críticos del alcance del hito (p.ej., vía principal, drenaje troncal, catenaria base).	
Mayor	Afecta calidad/fiabilidad	No hay choque físico directo, pero se incumplen espacios de mantenimiento, radios de giro, accesos operativos, separaciones mínimas de instalación o requisitos de montaje. Afecta la constructibilidad o la operación, pero podría resolverse sin rehacer todo el modelo. Hay incumplimientos de BEP/EIR/estándares que generan riesgo de inconsistencia o pérdida de interoperabilidad, pero aún es corregible sin bloquear el uso inmediato.	5

		Elementos con geometría aproximada o simplificada que puede afectar coordinación fina o medición, pero no invalida el modelo completo. Problemas de organización del modelo que afectan el flujo de coordinación y QA, pero permiten continuar con plan de corrección. Inconsistencias entre modelos disciplinares (niveles de referencia diferentes, criterios de modelado desalineados) que generan reprocesos y re-coordinación, sin ser un bloqueo inmediato. Exporta, pero con pérdida de ciertas propiedades o mapeos no críticos para ese hito.	
Menor	Necesita orden	Hallazgos no críticos, elementos duplicados que no afectan cantidades, pequeñas inconsistencias de estilo. Parámetros no obligatorios vacíos, campos recomendados no completados. Detalles de nomenclatura interna no contractual, estructura de carpetas interna mejorable, pequeñas desviaciones que no rompen ISO 19650 ni la entrega. Etiquetas, estilos de vista, anotaciones internas o documentación no contractual con pequeñas inconsistencias. Aspectos de rendimiento y limpieza (familias pesadas, geometría muy detallada antes de tiempo) que conviene corregir, pero no bloquean el hito.	1

Fuente: Elaboración Propia

En base a esta tabla calculamos la puntuación de penalización total (PP) que es una suma ponderada de todos los errores encontrados y utilizamos una fórmula para la densidad de defectos (DD) en donde identifica los puntos por cada 1000 elementos modelados, con esto podemos neutralizar el tamaño del proyecto:

$$PP = (C * 10) + (M * 5) + (m * 1)$$

$$DD = \frac{PP}{N} * 1000$$

Y para calcular el índice de salud del modelo (ISM) convertimos en una puntuación de 0 a 100 donde 100 es un modelo perfecto. Y se establece un “Umbral de Tolerancia” (T) el cual variará dependiendo del grado de entrega del proyecto:

- Entregas iniciales = Un rango de 60 a 80
- Entregas avanzadas = Un rango de 26 a 50
- Entregas finales = Un rango de 15 a 25

$$ISM = 100\% - \left(\frac{DD}{T} * 100\% \right)$$

Tabla 10. KPI 04 índice de salud del modelo – Niveles de control

Nivel	Rango ISM	Acción Requerida
Crítico	$ISM \leq 60\% ; C > 3$	El modelo es rechazado, se deben parar todos los trabajos de modelado nuevo y se debe ocupar recursos para limpieza y corrección del modelo actual.
Riesgo	$60\% < ISM \leq 79\% ; C > 3$	Requiere de una reunión de coordinación urgente para definir medidas de acción, el modelo no es apto para mediciones ni fabricación.
En control	$79\% < ISM \leq 93\% ; C = 0$	Se entrega el modelo, pero el equipo deberá realizar correcciones menores para la siguiente entrega.
Excelente	$ISM > 93\% ; C = 0$	El modelo es aprobado para publicar y es confiable para la extracción de planos y mediciones

Fuente: Elaboración Propia

Para nuestro caso de la implementación BIM de la obra del Puerto de Valencia se obtuvieron los siguientes datos de entrada:

- Interferencias críticas (C) = 0
- Interferencias mayores (M) = 0
- Interferencias menores (m) = 8
- Objetos modelados (N) = 5400
- Tolerancia (T) = 30

$$PP = (0 * 10) + (0 * 5) + (8 * 1)$$

$$PP = 8$$

$$DD = \frac{8}{5400} * 1000$$

$$DD = 1.48148$$

$$ISMD = 100\% - \left(\frac{1.48148}{30} * 100\% \right)$$

$$ISMD = 95.06\%$$

En la entrega analizada, el modelo BIM del proyecto del Puerto de Valencia presenta un desempeño de calidad muy alto, reflejando un ISM = 95.06%. Este resultado confirma que la coordinación geométrica y a la integración interdisciplinaria del proyecto se encuentra controladas y no hay incidencias que comprometan los entregables o el avance de este. Las 8 detecciones menores corresponden a un ajuste que se debe hacer al modelo asociado a la higiene de este que no tienen ningún impacto en el uso principal del modelo y se lo irá resolviendo para la entrega final del proyecto.

5.4.5. KPI 05: Índice de resolución de interferencias

Este indicador mide el tiempo promedio que transcurre entre la fecha en la que se reporta un conflicto (Clash) en el modelo federado hasta que se resuelve y se aprueba técnicamente. Este no está orientado a la verificación de calidad sino la velocidad de reacción y comunicación del equipo.

Tabla 11. KPI 05 índice de resolución de interferencias – Niveles de control

Nivel	Rango ISM	Acción Requerida
Crítico	$IRI > 20$	Se deberá escalar el problema a la dirección del proyecto y realizar una reunión extraordinaria para identificar la demora de resolución y realizar una auditoría para ver cuál es la causa raíz para definir las acciones correctivas.
Riesgo	$10 < IRI \leq 20$	Exigir al BIM Manager que nos dé una resolución de los conflictos en un periodo no mayor a 48 horas.
En control	$5 < IRI \leq 10$	Asignar responsables y fechas límites de resolución.
Excelente	$IRI \leq 5$	Registrar evidencia de la correcta resolución de interferencias y publicar resultados en el CDE

Fuente: Elaboración Propia

Este indicador se calculará con el tiempo promedio de resolución de todas las incidencias al final de una entrega especificada en el CDE, teniendo así resultados globales y también por varios periodos de tiempo.

En el caso del presente proyecto, este KPI aún no se ha evaluado ya que no se dispone de reporte de interferencias en el modelo federado, Esto se debe a que las instalaciones modeladas hasta el momento se desarrollan paralelas a las vías reduciendo así la probabilidad de cruces y conflictos geométricos y a que desde el inicio se ha gestionado correctamente la interoperabilidad entre el modelo civil y Revit, procurando mantener un modelo limpio y con coherencia, es por lo que, el cliente no ha emitido reporte de interferencias que requieran acciones correctivas. Es por esto por lo que en el “dashboard” de Power Bi se lo representará con un valor de 4.

5.4.6. KPI 06: Índice de retrabajo

Este indicador nos ayuda a medir el porcentaje de tiempo o esfuerzo que el equipo pierde corrigiendo error que eran evitables. A diferencia que los cambios de diseño que es ejecutado por solicitud del cliente, un error operativo es un coste asumido por el equipo de implementación BIM.

Medir los minutos exactos de cada corrección es imposible en el día a día, es por eso, que se usa un sistema de estimación. Cada vez que el coordinador BIM rechaza un trabajo, se asigna una penalización de tiempo estimado según la gravedad:

Tabla 12. KPI 06 Índice de retrabajo – Matriz

Nivel	Penalización	Acción Requerida
Higiene	0.50h (30min)	No afecta a la construcción ni a los datos, pero ensucia el modelo. Se arregla de manera inmediata y no requiere coordinación.
Datos menores	1.50h (90min)	El objeto geométrico es correcto, pero faltan parámetros obligatorios que se encuentran mal rellenos. Requiere abrir el modelo, editar datos y sincronizar.
Geometría local	4h (Media jornada)	Un elemento se encuentra mal modelado o tienen una interferencia con otro objeto. Requiere modificar el modelo.
Sistemático/Normativo	12h (1.5 Jornada)	El modelador ignoró una norma de diseño o trazado que invalida un sistema entero, obligando a rehacer una sección grande del modelo.
Crítico	32 (4 Jornadas)	Fallo en la base del trabajo, que hace inservible el modelo y prácticamente se debe empezar de nuevo.

Fuente: Elaboración Propia

$$IR = \left(\frac{\Sigma \text{Tiempo estimado de correcciones}}{\text{Total horas trabajadas en el periodo}} \right) * 100$$

En base a esta información podemos plantear los siguientes niveles de control:

Tabla 13. KPI 06 Índice de retrabajo – Niveles de control

Nivel	Rango ISM	Acción Requerida
Crítico	$IR > 20$	Escalar al BIM Manager para activar el plan de intervención inmediata y reasignación de tareas sumado a una formación urgente al modelador
Riesgo	$10 < IR \leq 20$	Realizar una corrección con el apoyo de personal más capacitado y formar al modelador que cometió el reproceso
En control	$5 < IR \leq 10$	Realizar revisiones quincenales de los siguientes avances y generar informes de cumplimiento de este KPI
Excelente	$IR \leq 5$	Mantener el método y estandarizar las buenas prácticas en otros proyectos. Premiar al equipo que ha generado estos valores

Fuente: Elaboración Propia

En el presente proyecto, este KPI no se ejecutó debido a que no se registraron retrabajos asociados a malas decisiones o incorrectas interpretaciones por parte del equipo modelador durante el periodo evaluado. La planificación inicial, definiciones claras de criterios en el BEP y el plan maestro de entrega de información permitió una correcta coordinación interdisciplinaria. Es por esto por lo que en el “dashboard” de Power Bi se lo representará con un valor de 4.

5.1. Visualización en Power BI

En proyectos BIM de alta complejidad, el éxito no solo depende de presentar un modelo, sino de controlar de forma objetiva la calidad, el ritmo de producción y la coordinación entre disciplinas. Es por lo que en la obra de duplicación de vía e implantación del tercer hilo ferroviario en el Puerto de Valencia se implemente un “dashboard” en Power BI que consolidando los KPIs del proyecto. La herramienta sintetiza productividad, salud del modelo, resolución de interferencias, retrabajos y un contexto inicial del proyecto para facilitar las decisiones rápidas basada en datos.

Figura 17. "Dashboard" en Power BI con los KPIs aplicados en la implementación BIM



Fuente: Elaboración Propia



6. Conclusiones

- En base a los resultados obtenidos, se evidenció que, aunque existió un retraso inicial crítico asociado a la necesidad de reestructurar el modelo base desde cero, las entregas posteriores se estabilizaron gracias a la detección temprana proporcionada por el “KPI 3 - Índice de Productividad”. Para la entrega de la semana 30, el indicador alcanzó un valor de 1.03, lo que evidencia un desempeño “En Control” y un avance acorde a la planificación, asegurando el cumplimiento de los plazos comprometidos con el cliente conforme a lo establecido en el BEP y el MIDP.
- Se concluye que la estrategia de implementación BIM establecida para el proyecto garantizó la generación adecuada del modelo 3D y una gestión de la información estructurada, en coherencia con los requisitos definidos por el cliente y las exigencias específicas del Puerto de Valencia. La validación formal de la entrega correspondiente a la semana 30 por parte del cliente evidencia que el contenido, nivel de definición y documentación responden a lo solicitado y se ajustan a los principios de la norma ISO 19650, garantizando control, calidad y consistencia en todos los entregables.
- Se evidenció que la implementación de un Plan Maestro de Entrega de Información (MIDP) permitió fortalecer la planificación operativa del proyecto al ofrecer una visión completa y ordenada de que debe entregarse, cuando se entregarán, quién lo está elaborando, quién lo revisará y quien lo aprueba. Este desglose de entregables y responsabilidades facilitó el control por hitos verificables y habilitó una gestión activa del avance, haciendo posible comprobar de forma continua si se cumple o no el cronograma establecido.
- La incorporación de los seis KPIs permitió cuantificar de forma objetiva la productividad, la calidad y el cumplimiento de estándares del equipo a cargo de la implementación BIM, sustituyendo el seguimiento subjetivo por un control basado en evidencia. Esta medición facilitó el análisis del desempeño entre lo real con lo planificado, la identificación de desviaciones tempranas y el reconocimiento oportuno de sus posibles causas.

- Se concluye que el desarrollo del “dashboard” en Power BI permitió integrar en un único entorno de datos del MIDP y de los KPIs, transformándolos en información clara y útil para el seguimiento del proyecto. Además, aporta un valor directivo al presentar un reporte ejecutivo en una sola hoja, permitiendo que los altos cargos puedan conocer rápidamente el estado del avance, los puntos críticos y el desempeño general del proyecto.

7. Recomendaciones

- Se recomienda dar continuidad mediante una Investigación Doctoral Industrial orientada a escalar el sistema MIDP + KPIs a toda la cartera de proyecto de la empresa IBIM. Esta línea de investigación permitirá generar un sistema corporativo de control, que evalúe, de forma homogénea, el avance, la calidad de los entregables y el rendimiento de cada trabajador en un solo entorno de datos. Asimismo, posibilitará el desarrollo de “dashboards” ejecutivos para que la alta dirección visualice en una sola vista el estado global de proyectos, identificando desviaciones y fortaleciendo la toma de decisiones basada en datos, impulsando la mejora continua y el crecimiento empresarial.
- Se recomienda generar un protocolo corporativo que consolide todos los alcances del sistema (MIDP, KPIs y Seguimiento de Power Bi) y formalizar su adopción mediante políticas internas y alineamientos operativos de cumplimiento para el equipo de trabajo. Esto permitirá estandarizar la forma de trabajar en futuros proyectos, asegurar consistencia en la gestión de la información y promover en los colaboradores una cultura de mejora continua, alineada con los objetivos estratégicos de la empresa.
- Es recomendable aplicar el sistema MIDP + KPIs desarrollado en este TFM a un conjunto más amplio de proyecto de distinta tipología como puede ser edificación, carreteras, saneamiento e infraestructuras con la finalidad de validar su capacidad de generalización y permitirá identificar patrones de rendimiento, ajustar umbrales de control y definir los indicadores en función de la complejidad, tipo de cliente y composición del equipo de trabajo.
- Se recomienda implementar un sistema formal de lecciones aprendidas al cierre de cada entrega y al cierre del proyecto, con esto podemos registrar causas de desviaciones, no conformidades recurrentes y soluciones efectivas. Con esto podemos tener una mejor interacción con el cliente, consolida la mejora continua y reduce la recurrencia de errores en proyectos futuros.



- Se recomienda ampliar el marco de los KPIs, si bien este trabajo se ha centrado en el modelado (3D) y planificación (4D), para proyectos futuros se puede expandir para incluir indicadores de desempeño económico (5D) y ambiental (6D). La integración de estos proporcionaría una visión holística del proyecto y se ajustaría a los objetivos de desarrollo sostenible que cada vez son más estrictos.

8. LIMITACIONES

La principal limitación de este trabajo es que el sistema propuesto se valida únicamente en el proyecto ferroviario del Puerto de Valencia, por lo que sus resultados deben interpretarse dentro de un contexto específico condicionado por la tipología de la obra. En consecuencia, aunque el sistema demuestre una viabilidad operativa, su generalización a otros entornos no puede asumirse de forma directa sin una verificación adicional. Esto es relevante ya que las organizaciones del sector suelen gestionar proyectos de infraestructura y edificación, con diferentes niveles de complejidad, disciplinas involucradas y criterios de aceptación, lo cual exige un estudio más amplio,

Asimismo, otra limitación es que la efectividad del control de KPIs depende de la calidad del dato registrado, variaciones en la forma de capturar el avance, inconsistencias en nomenclaturas o retrasos en la actualización pueden reducir la sensibilidad del sistema planteado para detectar desviaciones y, en consecuencia, limitar su capacidad de soporte para la toma de decisiones. Por ello, este sistema debe estar acompañado de prácticas organizativas y estándares de registro que garanticen una medición estable.

A partir de estas limitaciones, se propone líneas de investigación futura como un doctoral con mención industrial orientado a escalar el sistema de control basado en MIDP + KPIs hacia una implementación corporativa, la cual sea aplicable a la totalidad de los proyectos de la empresa. Este desarrollo consolidaría un marco de planificación, seguimiento y evaluación que esté alineado a la ISO 19650 y que cumpla con los estándares que requieren los clientes en la actualidad. Además, permitiría validar el sistema en proyectos de diferentes tipologías y nos ayudará a establecer criterios comparables para medir avances, calidad de entregables y rendimientos de equipos.

Referencias bibliográficas

- Autoridad Portuaria de Valencia. (2024). *Manual GIS/BIM anexo BIM IV-requerimientos BIM en obras de duplicación de vía e implantación del tercer hilo ferroviario entre el Muelle de Poniente y el Muelle de Levante del Puerto de Valencia*.
- Bisbal Cabrera, J. F. (2023). Gestión de proyectos en BIM, la ISO-19650 como protagonista del cambio. *JournalBIM*, 4.
- Borkowski, A. S. (2023). Evolution of BIM: epistemology, genesis and division into periods. *Journal of Information Technology in Construction*, 28, 646–661.
<https://doi.org/10.36680/J.ITCON.2023.034>
- Building Smart Spain. (2025). *¿Qué es BIM?*. Recuperado de
<https://www.buildingsmart.es/bim/>
- Das, K., Khursheed, S., & Paul, V. K. (2025). The impact of BIM on project time and cost: insights from case studies. *Discover Materials*, 5(1). <https://doi.org/10.1007/s43939-025-00200-2>
- Malta, A., Farinha, T., Cardoso, A. J. M., & Mendes, M. (2024). Survey on the use of BIM methodology for railway 3D modeling. In *Discover Applied Sciences* (Vol. 6, Issue 12). Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/s42452-024-06316-z>
- Ministerio de Transportes Movilidad y Agenda Urbana. (2023). *Plan de incorporación de la metodología BIM en la contratación pública de la administración general del estado y sus organismos públicos y entidades de derecho público vinculados o dependientes*.
- Muñoz Pérez, S. P., & Llamo Cubas, J. R. (2022). *Revisión sistemática de la implementación BIM basada en modelos de diseño para la construcción de obras viales*.
- UK BIM Framework. (2020). *Information management according to BS EN ISO 19650*.
- UNE. (2018a). *ISO 19650-1:2018 Conceptos y Principios*.
- UNE. (2018b). *ISO 19650-2:2018 Fase de Desarrollo de los Activos*.
- UNE. (2020a). *ISO 19650-3:2020 Fase de Operación de los Activos*.
- UNE. (2020b). *ISO 19650-5:2020 Enfoque de Seguridad en la Gestión de Información*.
- UNE. (2022). *ISO 19650-4:2022 Intercambio de información*.
- UNE. (2025). *ISO 19650-6:2025 Información sobre Salud y Seguridad*.

Anexo A. Plan de ejecución BIM

- **Introducción general del Proyecto**

El plan de ejecución BIM (en adelante BEP) se redacta con el objetivo de plasmar los procedimientos a seguir por parte de la UTE para la presente actuación, cumpliendo con los requerimientos de la APV.

Se trata de un documento vivo que se irá actualizado con el propio avance del proyecto definiendo y ajustando los procesos llevados a cabo. En

Tabla 14. Datos del proyecto

Código contrato	EC23-C02-09150
Código de proyecto	V-C115
Nombre	Ejecución de las obras de duplicación de vía e implantación del tercer hilo ferroviario entre el muelle de Poniente y el muelle de Levante del Puerto de Valencia.
Ubicación	Puerto de Valencia
Tipo de contrato	Construcción
Fecha de firma de contrato	03-10-2024
Inicio oficial obra	15-11-2024
Fin obra previsto	31-05-2025 (18 meses)
Cliente	Presidencia de la Autoridad Portuaria de Valencia

Fuente: Elaboración Propia

Para la implementación BIM de este proyecto es importante identificar los agentes clave que intervienen en cada fase del proyecto. A continuación, se presenta una tabla que incluye a los principales representantes de las organizaciones involucradas especificando la empresa a la que pertenecen, roles y nombres.

Tabla 15. Agentes Intervinientes (RACI)

ORG.	REPRESENTANTE	NOMBRE	CÓDIGO	E-MAIL
APV	Responsable contrato APV	Marcelo Burgos Teruel	MB	m.burgos@valenciaport.com
APV	BIM Manager APV	Javier Ruiz del Baño	JR	firuiz@valenciaport.com
ARIN	Jefe de Unidad A.T..	Jesús Parrilla	JP	jparrilla@arinconsultores.es
ARIN	BIM Manager A.T	Jesús Sabater	JS	mjsabater@arinconsultores.es
UTE Dragados	Jefe de obra	Pablo Aizpún Campos	PA	paizpunc@dragados.com
UTE Tecsa	BIM Manager	Guillem Cervera Martínez	GC	gserveram@tecsa.es
UTE Ibim	Coordinador BIM	Gabriel Maldonado	GM	gmaldonado@ibim.es
UTE Ibim	Control de calidad BIM	Esther Marhuenda	EM	emarhuenda@ibim.es
UTE Dragados	Responsable BIM topografía	Manuel Sanz Martínez	MS	msanzm@dragados.com

Fuente: Elaboración Propia

- **Alcance y objetivos del proyecto**

La metodología BIM se basa en el trabajo colaborativo que permite compartir el conocimiento entre todos los agentes implicados en un proyecto y aumentar la efectividad en el desarrollo de estos. El trabajo colaborativo es una de las claves de la metodología BIM que ayuda a mejorar la productividad en proyectos y obras debido a que se evitan posibles errores humanos.

Para dar respuesta a los objetivos planteados por la APV será necesario establecer una serie de usos BIM que permitan alcanzarlos, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 16. Objetivos BIM solicitados para el proyecto

OBJETIVO	USO BIM ASOCIADO (nº uso)
Implementar un entorno común de datos para los contratos	1. Información centralizada
Facilitar la interpretación y comunicación del proceso constructivo.	2. Diseño 3D 3. Visualización 3D 4. Documentación 2D
Garantizar la coordinación entre disciplinas del proceso constructivo	5. Coordinación 3D y gestión de colisiones
Controlar el presupuesto durante el proceso constructivo	(no aplica)
Definir procesos constructivos fiables minimizando las desviaciones	(no aplica)
Incrementar la seguridad de los procesos constructivos	(no aplica)
Facilitar la gestión del edificio/infraestructura acabada	2. Diseño 3D
Gestión de los procesos de interfaces	1. Información centralizada 2. Diseño 3D
Apoyar la transferencia de información desde el diseño	1. Información centralizada 2. Diseño 3D

Fuente: Elaboración Propia

- **Roles y Responsabilidades**

A continuación, se presenta una tabla que detalla los roles y responsabilidades de los principales agentes involucrados del proceso BIM en la duplicación de vía e implementación del tercer carril del Puerto de Valencia. Esta tabla incluye a los responsables BIM, modelos, control de calidad, destacando sus tareas para asegurar la correcta ejecución y coordinación dentro de los estándares BIM establecidos por el proyecto

Tabla 17. Objetivos BIM solicitados para el proyecto

ROL	PERFIL	RESPONSABILIDADES
Responsable BIM	Guillem Cervera	La figura del responsable BIM asume la dirección integral de la gestión BIM dentro del contrato. Sus principales cometidos abarcan: - Implementar y supervisar los flujos de trabajo. - Dar soporte al equipo de proyecto en aspectos de configuración, organización y definición de estrategias. - Liderar la preparación, puesta en marcha y seguimiento del BEP, asegurando su cumplimiento. - Gestionar las tecnologías y procedimientos necesarios para lograr una integración coherente de la información entre todas las disciplinas. - Promover el uso de estándares abiertos para el intercambio de datos. - Velar por la correcta clasificación y codificación de los elementos del modelo. - Definir y coordinar los permisos y niveles de acceso a la información.
Coordinador BIM Responsable BIM de disciplina	Gabriel Maldonado	Asume la coordinación y desarrollo del modelo correspondiente. Sus principales funciones comprenden: - Dirigir la elaboración y mantenimiento del modelo BIM. - Dar soporte al equipo en la resolución de incidencias vinculadas con los requerimientos BIM del contrato. - Orientar al equipo en la utilización de las herramientas BIM adecuadas. - Desarrollar los contenidos BIM del modelo. - Realizar la exportación del modelo siguiendo los criterios definidos, asegurando su correcta coordinación e integración con otras áreas. - Ejecutar controles de calidad y gestionar la detección y resolución de interferencias. - Preparar los entregables específicos, en los formatos requeridos para el proyecto.
Control de calidad BIM	Esther Marhuenda	La labor del rol de Control de calidad BIM es garantizar que se apliquen los estándares definidos para el proyecto. Su función principal consiste en realizar una revisión interna de la documentación generada antes de su entrega a APV.

Fuente: Elaboración Propia

- Recursos y Materiales

En este apartado se proporciona una visión detallada de los recursos y materiales que serán utilizados en el proyecto de duplicación de vía e implementación del tercer carril del Puerto de Valencia.

Tabla 18. "Software" para el proyecto

NOMBRE "SOFTWARE"	VERSIÓN	FORMATO	USO / TIPO de SOFTWARE
Autodesk REVIT	2024	.rvt	Modelado 3D / todas
Autodesk CIVIL 3D	2024	.dwg	Modelado 3D / obras lineales
Autodesk Navisworks Manage	2025	.nwf .nwd	Revisión del modelado Coordinación 3D / todas
Autodesk AutoCAD	2020	.dwg	Diseños 2D / todas
Autodesk Map3D	2020	.dwg	Mapas GIS
BIM Vision, BimCollab Zoom, Periscoope	-	.ifc	Visualización IFC / todas
Presto		.bc3	Control de costes y control de obra / costes
MS Office		.xlsx .docx .vsdx .mpp	Coordinación y postproceso de informes / coordinación
MS Teams / Sharepoint			CDE del cliente

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 19. Hardware para el proyecto

Procesador:	Intel Core I7 a +4GHz
Tarjeta Gráfica:	+4 de memoria dedicada
RAM:	64GB
Sistema Operativo:	Windows 10 Pro
Tipo de Sistema:	64 bits

Fuente: Elaboración Propia

Se pondrá a disposición del contrato todos aquellos equipos que se requieran para asegurar el adecuado desarrollo de los trabajos. Los ordenadores permitirán llevar trabajos de mayor demanda como:

- Modelado y visualización de modelos de gran tamaño
- Coordinación de varios modelos
- Etc.

En cuanto a las copias de seguridad, se realizan copias diarias siguiendo la regla 3-2-1: se almacenan 3 copias de un mismo archivo, en 2 discos diferentes y uno (1) de estos discos ubicado fuera de la oficina y de la red.

- **Usos BIM y estrategias de respuesta**

Tabla 20. Usos BIM con sus objetivos

Nº	USO BIM	OBJETIVO	IMPORTANCIA
1	Información centralizada	Implementación de un entorno común de datos para los Proyectos.	Alta
2	Diseño 3D	Apoyar la transferencia de información desde el diseño a las fases de conservación, mantenimiento y explotación.	Alta
3	Visualización 3D	Facilitar la interpretación y comunicación del proceso constructivo.	Media
4	Documentación 2D	Manejos de planos utilizados para la obra.	Alta
5	Coordinación 3D y gestión de colisiones	Garantizar la coordinación entre disciplinas del proyecto constructivo	Alta
6	Mediciones, 5D	Controlar el presupuesto durante el proceso constructivo	No aplica
7	Simulaciones constructivas, 4D	Definir procesos constructivos fiables minimizando las desviaciones. Incrementar la seguridad de los procesos constructivos.	No aplica
8	Infografías y recorridos virtuales	Mejorar y facilitar la visualización de forma sencilla para todos los agentes del proyecto	No aplica
9	Análisis de alternativas	Analizar las distintas alternativas desde el punto de vista constructivo, pero también de la coordinación.	No aplica
10	Modelo de Registro ("As-Built")	Representación del activo construido como fuente centralizada y fiable de información para su uso en futuras fases.	Alta

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 21. Estrategia de respuesta a los usos BIM

Nº	USO BIM	ESTRATEGIA DE RESPUESTA
1	Información centralizada	Toda la información se gestionará en el CDE de la APV, basado en Microsoft Teams (Sharepoint). La APV asignará permisos y carpetas a los agentes de la UTE, que utilizarán esta estructura para organizar la documentación del proyecto.
2	Diseño 3D	Se utilizarán los modelos BIM facilitados por la APV como punto de partida para generar los modelos de obra, revisando, modificando y complementando la información que corresponda. Debido a la tipología de la obra, la duplicación de vías y firmes se realizará mediante el “software” Civil 3D, en cambio, los servicios afectados, estructuras, etc., se realizarán con Revit.
3	Visualización 3D	En las reuniones de seguimiento se emplearán siempre modelos federados como base de discusión. Se facilitarán visores IFC a la APV para que pueda consultar el modelo federado en todo momento. Se seguirá una política Open BIM, garantizando la visualización (BIMVision y Navisworks) y también la herramienta Periscope que es un visor propio de IBIM.
4	Documentación 2D	La documentación 2D tendrá, en la medida de lo posible, como fuente de salida y centralización el modelo BIM, diferenciando aquellos planos que no se obtengan de este. El objetivo es obtener el mayor % posible directamente del modelo BIM. Se ha generado un modelo de planos en el que se ha federado los modelos de todas las disciplinas para poder extraer la información de forma centralizada. Cabe esperar que no toda la información provenga de los modelos, aunque uno de los objetivos de la UTE es maximizarlo.
5	Coordinación 3D y gestión de colisiones	Con este uso se pretende mejorar la coordinación de los modelos BIM, permitiendo una temprana identificación de interferencias y reducción de impactos económicos y de demora durante el proceso de construcción. La coordinación de los modelos se abordará desde dos flancos: el informático, con Autodesk Navisworks, una herramienta que permite realizar el análisis de colisiones, y el comunicativo, a través de reuniones programadas y BIMCollab Zoom, una aplicación que agiliza el proceso de revisión y aprobación de posibles soluciones.
10	Modelo de Registro (“As-Built”)	Proceso para el desarrollo de los modelos que representan de forma precisa las condiciones físicas, de entorno e instalaciones (geometría), así como la información paramétrica del activo construido. A partir del modelo “As-Built” se generará la documentación final de obra ejecutada. Este modelo recogerá toda la información generada a lo largo de la obra y deberá ser una representación geométrica fidedigna de lo construido. Se ha partido de los modelos de inicio de obra, que se irán actualizando a lo largo de la duración de la obra, para generar finalmente los modelos “As-Built”. En la obra se ha trabajado con archivos dwg y modelos de Civil 3D en los que se ha ido colocando la información generada por los topógrafos en obra, la cual también ha servido para generar los planos 3D de apoyo a la obra.

Fuente: Elaboración Propia

- **Procesos de los usos del BIM**

Los procesos específicos para responder los objetivos BIM del proceso estarán incluidos en el Anexo B.

Tabla 22. Procesos de los usos del BIM

Información Centralizada	Proceso	Definido en el apartado 5 CDE: Entorno común de datos.
	Recursos	Repositorio de información (XXX)
	Resultado	Centralización de la información. Modelos de información centralizados, únicos y trazables.
Diseño y visualización 3D	Proceso	Los modelos contendrán toda la información necesaria para la adecuada comprensión visual, espacial y funcional del proyecto y de la obra. Toda la información generada se expondrá en formato nativo y formato abierto IFC para su visualización.
	Recursos	“Software” de modelado 3D (Revit) y “software” de visualización IFC
	Resultado	Modelos BIM del proyecto y del desarrollo de la obra; visualización de los elementos del diseño; entregables basados en modelos de información. Entregables siempre en formato IFC y nativo.
Documentación 2D	Proceso	La documentación 2D procedente de modelos BIM se diferenciará de aquella obtenida de procedimientos no BIM, indicándolo en la columna “plano extraído del modelo” de la tabla Excel donde recoge el listado de planos. Se realizarán modelos nativos específicos para la preparación de la documentación 2D (MOP)
	Recursos	“Software” de modelado 3D (Revit o civil 3D), “software” de visualización del modelo (visores) y “software” para la visualización de la documentación 2D (Adobe Reader)
	Resultado	Documentación 2D procedente de un modelo 3D validado Modelos nativos de información que incluyan la información 2D integrada.
Coordinación 3D y gestión de colisiones	Proceso	La coordinación 3D está ligada al ciclo de vida de los modelos en la obra, del pre-constructivo al modelo “As-Built”. Para ello, se llevará a cabo la detección de colisiones por disciplinas en los modelos nativos y la detección de colisiones en el archivo federado, que se

		realizará con la ayuda de una Matriz de Colisiones con el programa Navisworks. Para una adecuada coordinación, los modelos deben tener el grado de madurez (nivel de desarrollo de geometría + información) suficiente que permita realizar las tareas de revisión y detección de interferencias.
	Recursos	“Software” de modelado 3D (Revit), “software” de revisión del modelo BIM (Navisworks), “software” de verificación de modelos IFC
	Resultado	Modelo 3D posicionado correctamente y coordinado entre disciplinas.
Representación de la obra ejecutada “As-Built”	Proceso	El modelo “As-Built” será un modelo constructivo, es decir reflejará todo lo acontecido en la obra, pero no será en ningún caso de mantenimiento. Únicamente contendrá algunos sets de parámetros preparados para el futuro mantenimiento.
	Recursos	“Software” de modelado 3D (Revit) y software de visualización IFC
	Resultado	Modelo 3D con la información completa y real (geométrica y no gráfica) del activo construido.

Fuente: Elaboración Propia

- **Procesos de los usos del BIM**

- Niveles de información geométrica LOD

Se seguirá lo indicado en la tabla del apartado 3.3.1. del anejo III del manual GIS/BIM. Para desarrollo de proyectos se establece un LOD de 300 para los modelos de construcción y un LOD 500 para los modelos “as-built”, entendiendo esta diferenciación como la introducción a los elementos de los modelos constructivos de la información no gráfica definida en el siguiente punto y, por lo tanto, que éstos representen la realidad de la obra ejecutada sin implicar un aumento del detalle gráfico

- Niveles de información no gráfica LOI

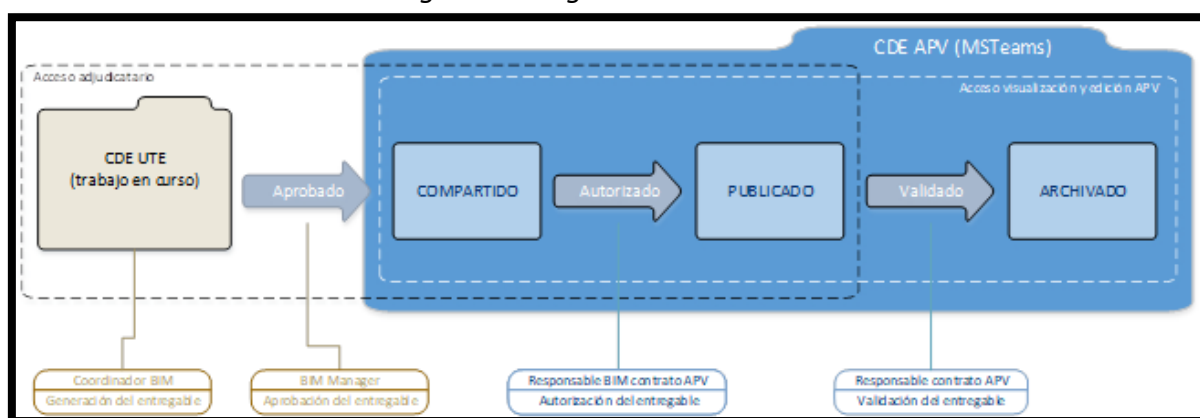
Se incorporará a los modelos la estructura de ser de propiedades definidas por la APV para un modelo “as-built”. Los PSETS completos lo podrán revisar en el Anexo C.

- **Entorno común de datos**

El entorno común de datos (CDE) se basará en la herramienta Microsoft Teams y la información se alojará en los servidores de la APV. Este CDE contendrá las carpetas necesarias para poder desarrollar adecuadamente el proyecto a través de la metodología BIM. El CDE será la única fuente de información válida y se utilizará para recopilar, gestionar y difundir la documentación para el conjunto de equipos o agentes involucrados.

La APV será la encargada de otorgar el acceso a cada uno de los agentes participantes en el contrato. Para un adecuado desarrollo del contrato y basado en lo establecido en la ISO-19650 se propone una estructura de accesos como la del siguiente gráfico. La UTE subirá la documentación a COMPARTIDO (permisos para generar carpetas y subir documentación y editar) para que la APV pueda llevar a cabo las revisiones correspondientes.

Figura 18. Organización del CDE



Fuente: Manual de la empresa

Para el desarrollo del proyecto la UTE utilizará un CDE interno basado en la herramienta Microsoft Teams (SharePoint), que permite la colaboración efectiva entre los distintos equipos de trabajo que participarán en el desarrollo del proyecto.

Para el desarrollo del contrato se ha trabajado directamente en la documentación subida en este CDE para conseguir una colaboración efectiva entre agentes de la UTE.

Las condiciones de red del Puerto de Valencia han sido adecuadas para el correcto desarrollo de la información y entregables de la obra.

- **Codificación de archivos**

Se seguirá la codificación definida por la APV en su “ANEJO BIM II - GENERADOR DE CODIFICACIÓN DE ARCHIVOS DE PROYECTO & OBRA” del manual BIM/GIS. Esta codificación tendrá la siguiente estructura:

Tabla 23. Codificación de archivos

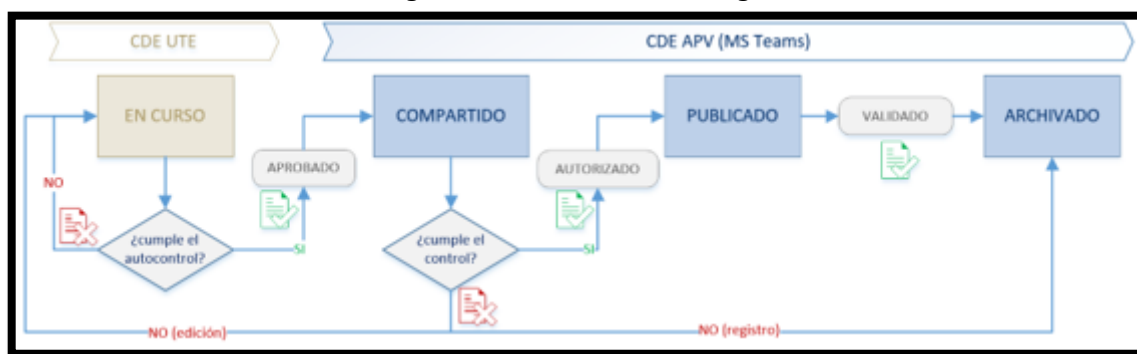
Fecha de creación	Puerto	Asignado por APV	Tipo de documento	Tipo de información	Número de orden	Especialidad	Nombre	Versión
-------------------	--------	------------------	-------------------	---------------------	-----------------	--------------	--------	---------

Fuente: Elaboración Propia

- **Estrategia de comunicación e intercambio de información**

Toda la información se intercambiará a través del CDE, evitando el uso de herramientas descentralizadas como el correo electrónico. Las entregas se realizarán en la carpeta “compartido” para la APV pueda proceder a su revisión y aprobación.

Figura 19. Proceso de entregas



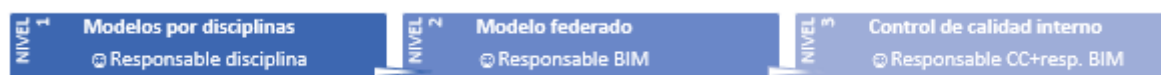
Fuente: Manual de la empresa

- **Revisión de los modelos**

La metodología BIM permite dotar a los modelos de una gran cantidad de información geométrica y de datos alfanuméricos que hace necesario establecer un proceso de control de calidad que minimice los errores y garantice los requisitos establecidos.

La revisión de modelos constará de tres niveles: 1) modelos por disciplinas: por el responsable de los equipos especialistas, 2) modelo federado: por el responsable BIM, 3) control de calidad interno: por el responsable BIM y el equipo de control de calidad, antes de cada entrega.

Figura 20. Procesos para la revisión de los modelos



Fuente: Manual de la empresa

A continuación, se definen a modo resumen los principales aspectos a comprobar por parte de la UTE. Algunas de estas comprobaciones se harán de forma periódica y otras antes de las entregas a la APV.

Tabla 24. Supervisión de los modelos

CHEQUEO	DEFINICIÓN	RESPONSABLE	“SOFTWARE”	FRECUENCIA
[General] VISUAL	Asegurar que no existen componentes no deseados en el modelo.	Primario: modelador BIM Secundario: BIM Manager	Navisworks, Twinmotion RV, BIMvision, visor web o similar	Diario / Cada entrega
[General] REVISIÓN DE ADVERTENCIAS EN MODELOS NATIVOS	Revisar las advertencias producidas en el modelo al cierre del día. Asegurar que todos los problemas se resuelvan al final del día o de que se ha establecido una acción para resolver el problema.	Primario: modelador BIM Secundario: BIM Manager	Nativo: Revit	Diario
[General] ESTÁNDAR	Asegurar que se han seguido los estándares BIM de la ISO 19650 (fuentes, dimensiones, estilos de línea, etc.)	Primario: modelador BIM Secundario: BIM Manager	Herramientas internas de chequeo de CAD Standard.	Semanal o para información publicada oficialmente
[Geométrico] INTERFERENCIAS	Detectar problemas en el modelo donde dos elementos están “chocando”; Incluyendo	Primario: modelador BIM Secundario: BIM Manager	Navisworks	Semanal / Según calendario de reuniones

	interferencias suaves y duras. (En función del proceso de coordinación multidisciplinario)			
[Geométrico] INTEGRIDAD DEL MODELO	Proceso de validación utilizado para asegurar que el conjunto de datos del proyecto no tiene elementos indefinidos, incorrectamente definidos o duplicados y proceso de generación de informes sobre elementos no conformes y planes de acciones correctivas. Que el modelo es apto para la coordinación.	Primario: modelador BIM Secundario: BIM Manager	Navisworks, BIMvision, visor web o similar	Semanal o para información publicada oficialmente
[Geométrico] POSICIÓN	Verificar la correcta coordinación y posición entre los modelos	Primario: modelador BIM Secundario: BIM Manager	Revit / Navisworks / BIMvision, visor web o similar	Previo a las entregas de los modelos
[Geométrico] LOD	Verificar el grado de cumplimiento del nivel de detalle de los elementos requeridos (LOD)	Primario: modelador BIM Secundario: BIM Manager	Revit / Navisworks	Previo a las entregas de los modelos
[Relativos a los usos BIM] INFORMACIÓN 2D	Comprobar la extracción de los planos desde los modelos tridimensionales.	Primario: modelador BIM Secundario: BIM Manager	Revit / PDF	Previo a cada entrega de los modelos
[Relativos a la estructura de los modelos IFC] NIVELES	Verificar la correcta estructuración y agrupación de elementos en niveles dentro de la estructura de campos del IFC.	Primario: Coordinador BIM Secundario: BIM Manager	BIMvision, visor web o similar	Previo a cada entrega
[Relativos a la estructura de los modelos IFC] ELEMENTOS	Comprobar y mapear las asignaciones de clase de IFC en elementos.	Primario: Coordinador BIM Secundario: BIM Manager	BIMvision, visor web o similar	Previo a cada entrega de los modelos
[Relativos a la estructura de los modelos IFC] NOMENCLATURA	Verificar la correcta taxonomía y de los diferentes tipos de elementos, así como de sus nombres.	Primario: Coordinador BIM Secundario: BIM Manager	BIMvision, visor web o similar	Previo a cada entrega de los modelos

[Relativos a la estructura de los modelos IFC] INTEGRIDAD	Comprobar la consistencia e integridad del modelo en formato interoperable IFC.	Primario: Coordinador BIM Secundario: BIM Manager	BIMvision, visor web o similar	Previo a cada entrega de los modelos
[Relativos a los datos asociados a los elementos en los modelos IFC] PSET	Comprobación de sets de propiedades: Comprobar que todos los modelos tienen los parámetros de los sets de propiedades actualizados.	Primario: Coordinador BIM Secundario: BIM Manager	BIMvision, visor web o similar	Quincenalmente
[Relativos a los datos asociados a los elementos en los modelos IFC] INFORMACIÓN	Revisar que la información de los sets de propiedades se incluye correctamente en los archivos IFC.	Primario: Coordinador BIM Secundario: BIM Manager	BIMVision, visor web o similar	Quincenalmente

Fuente: Elaboración Propia

- **Matriz de interferencias**

Se analizarán y revisarán las interferencias detectadas y se solventarán todas las detecciones reales, es decir, aquellas que supongan una interferencia real entre elementos del modelo.

Junto con la entrega del proyecto se entregará el xml de las interferencias del modelo donde se podrán observar las interferencias detectadas y aquellas que han sido revisadas o solventadas. Para llevar a cabo el análisis de interferencia se seguirán las prioridades establecidas por la APV en la matriz de referencia (Anexo D)

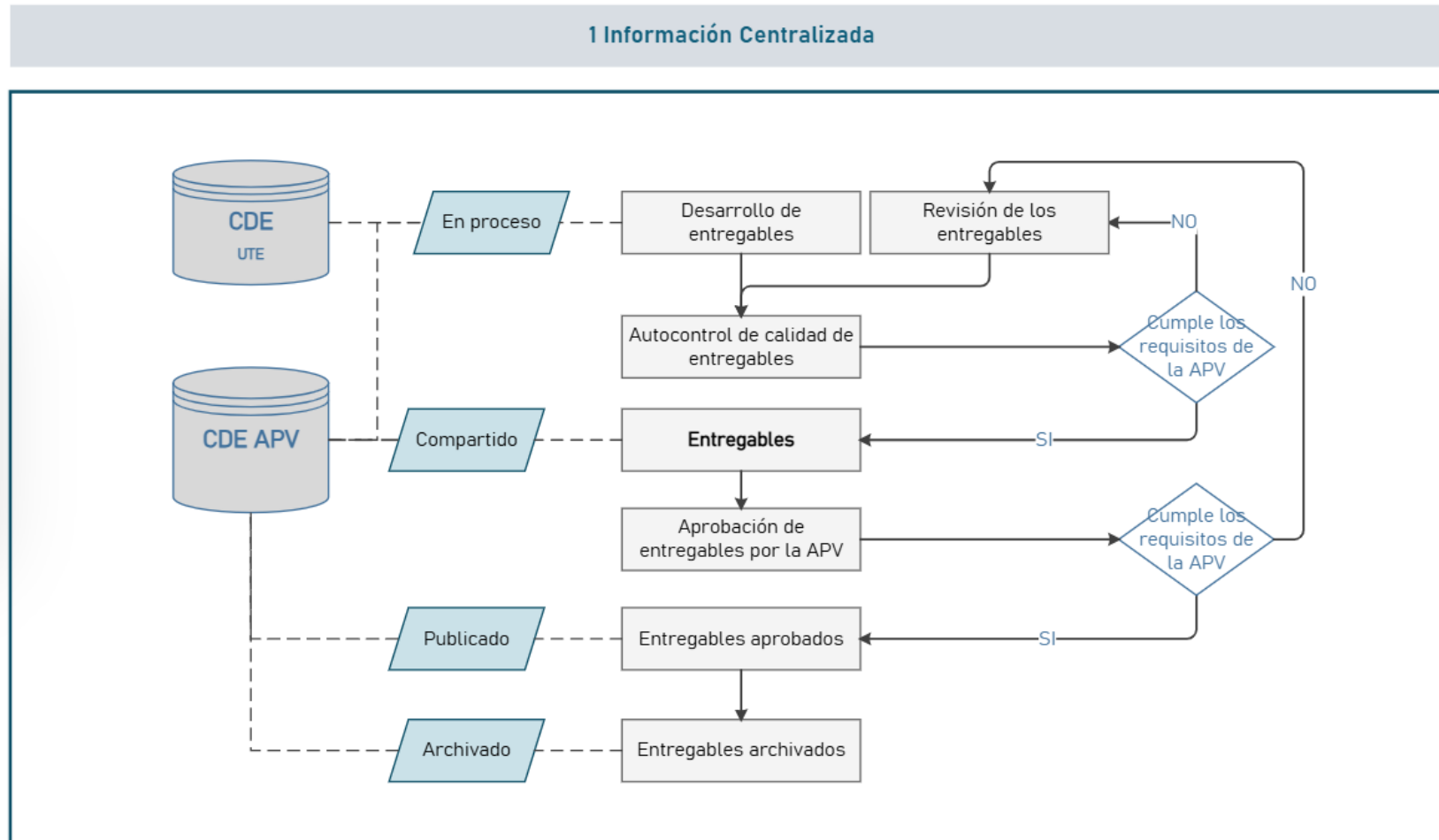
Figura 21. Procesos para la revisión de los modelos



Fuente: Manual de la empresa

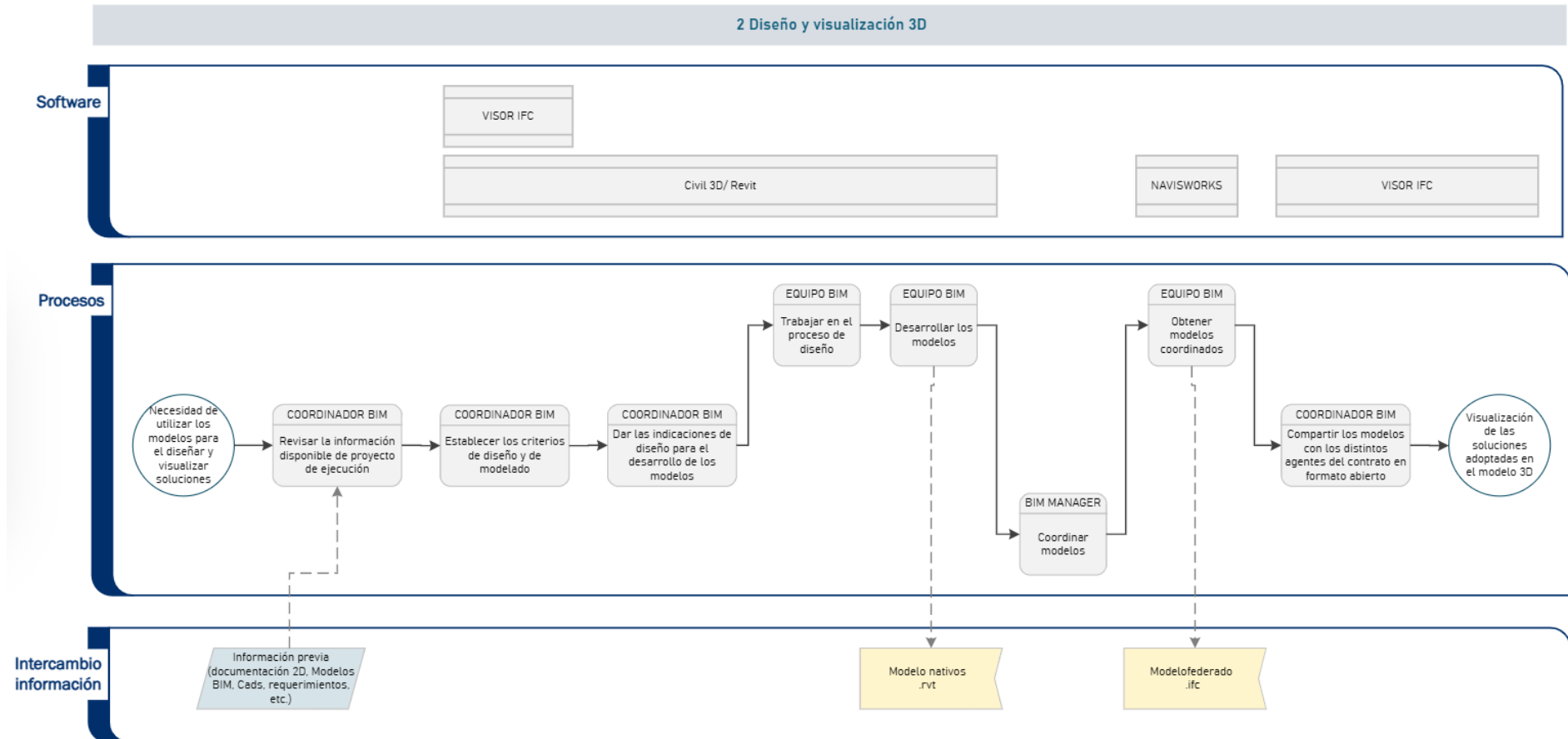
Anexo B. Procesos de los usos del BIM

Figura 22. Proceso: Información Centralizada



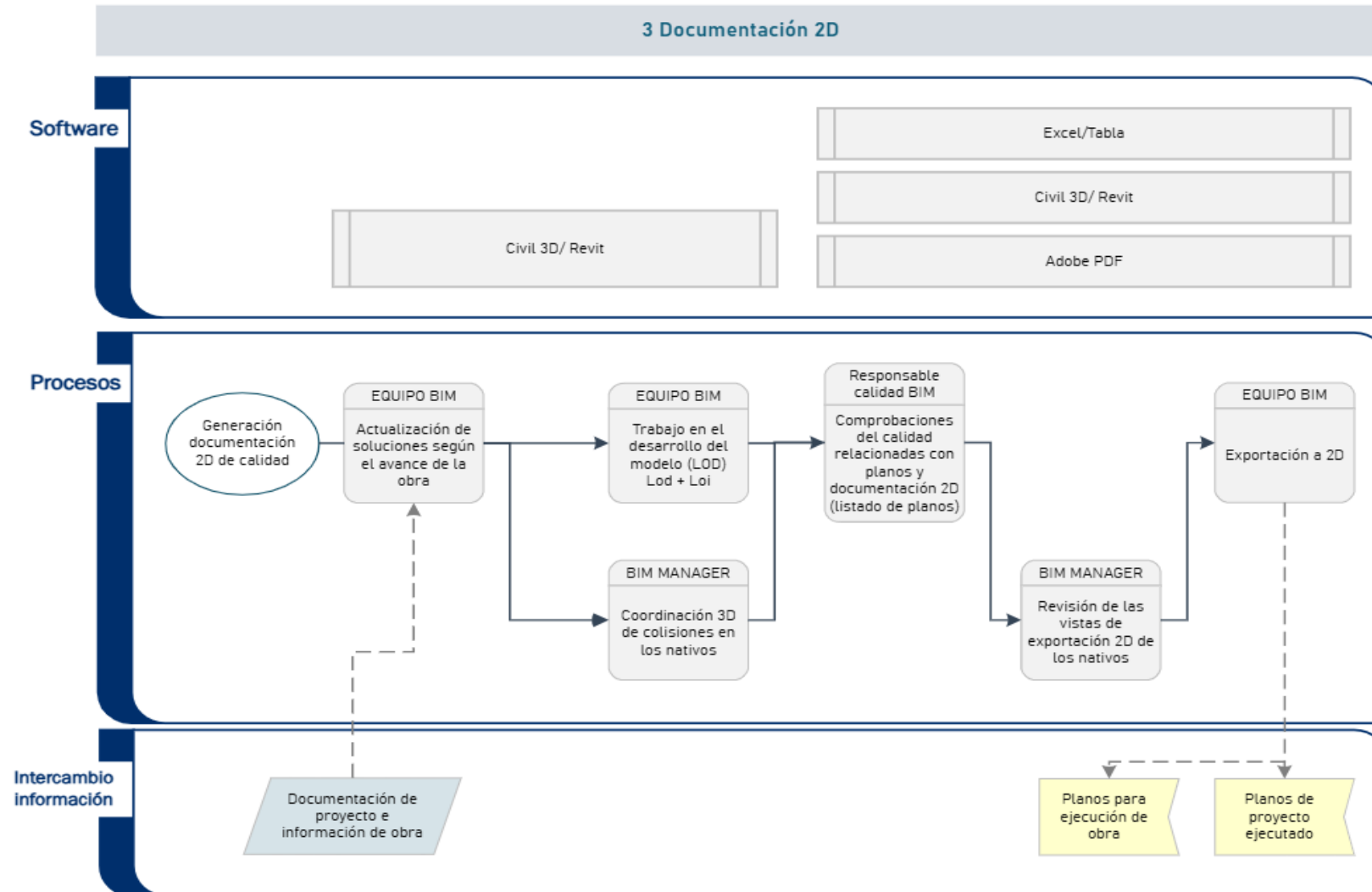
Fuente: Manual de la empresa

Figura 23. Procesos para el diseño y visualización 3D



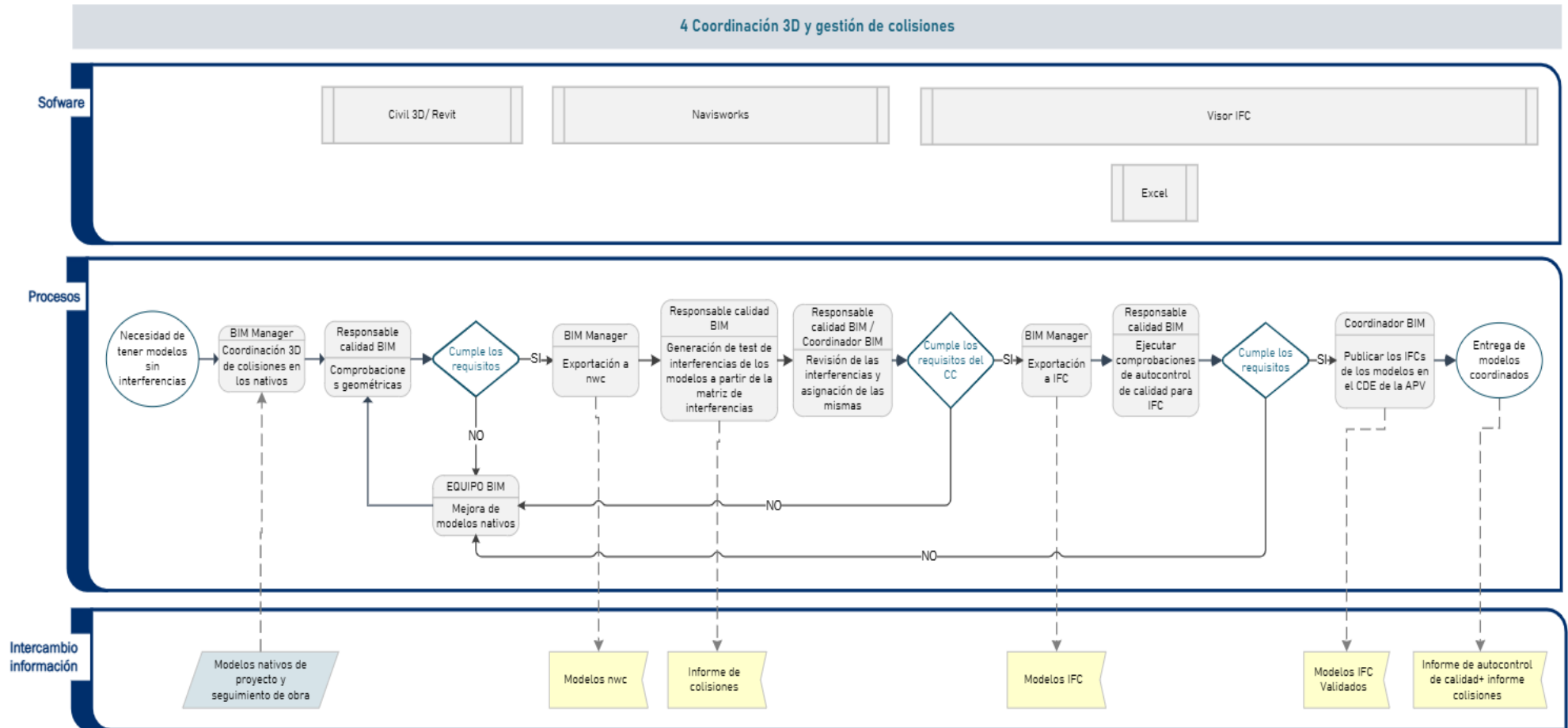
Fuente: Manual de la empresa

Figura 24. Procesos para la documentación 2D



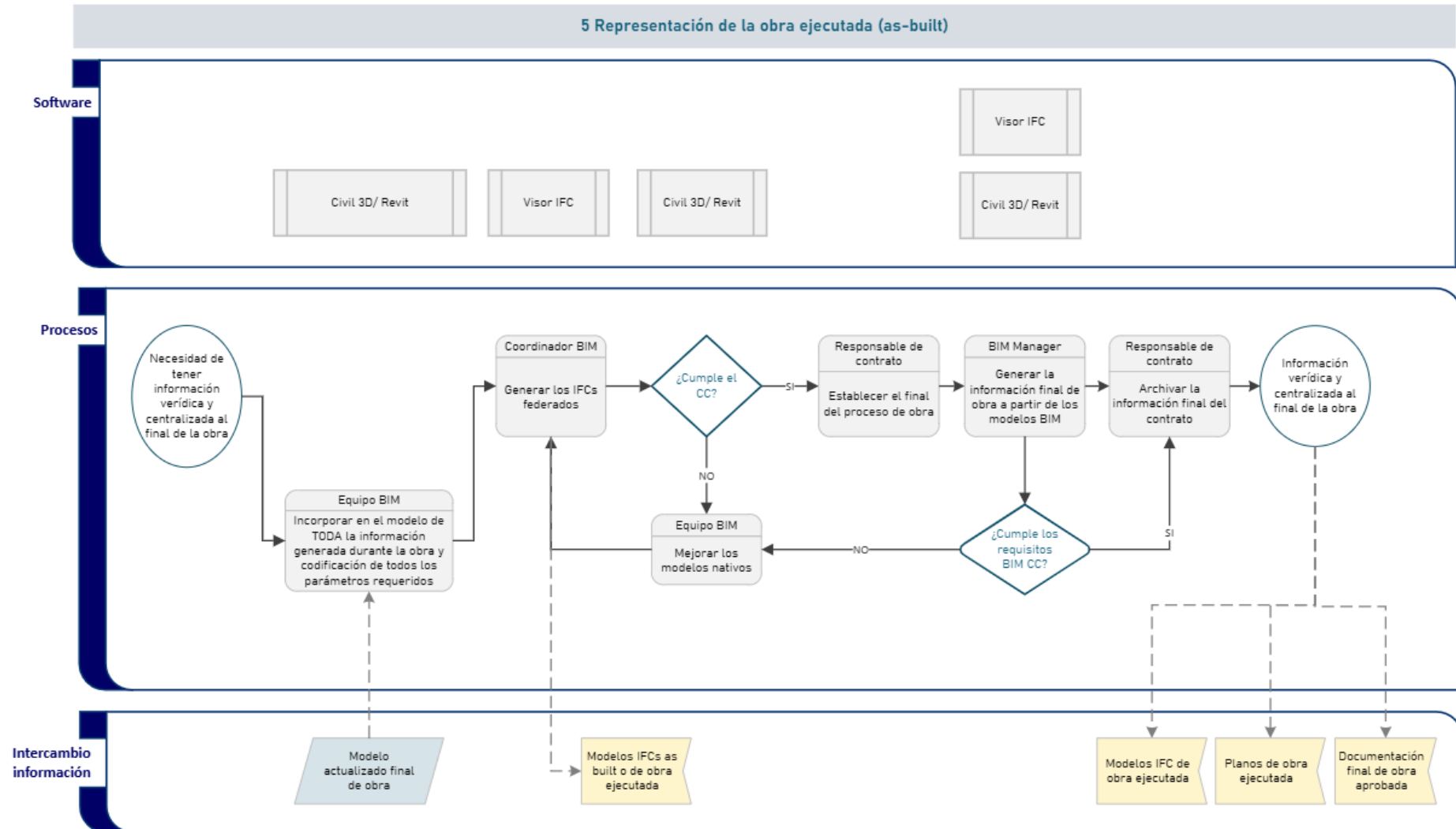
Fuente: Manual de la empresa

Figura 25. Procesos para la coordinación 3D y gestión de colisiones



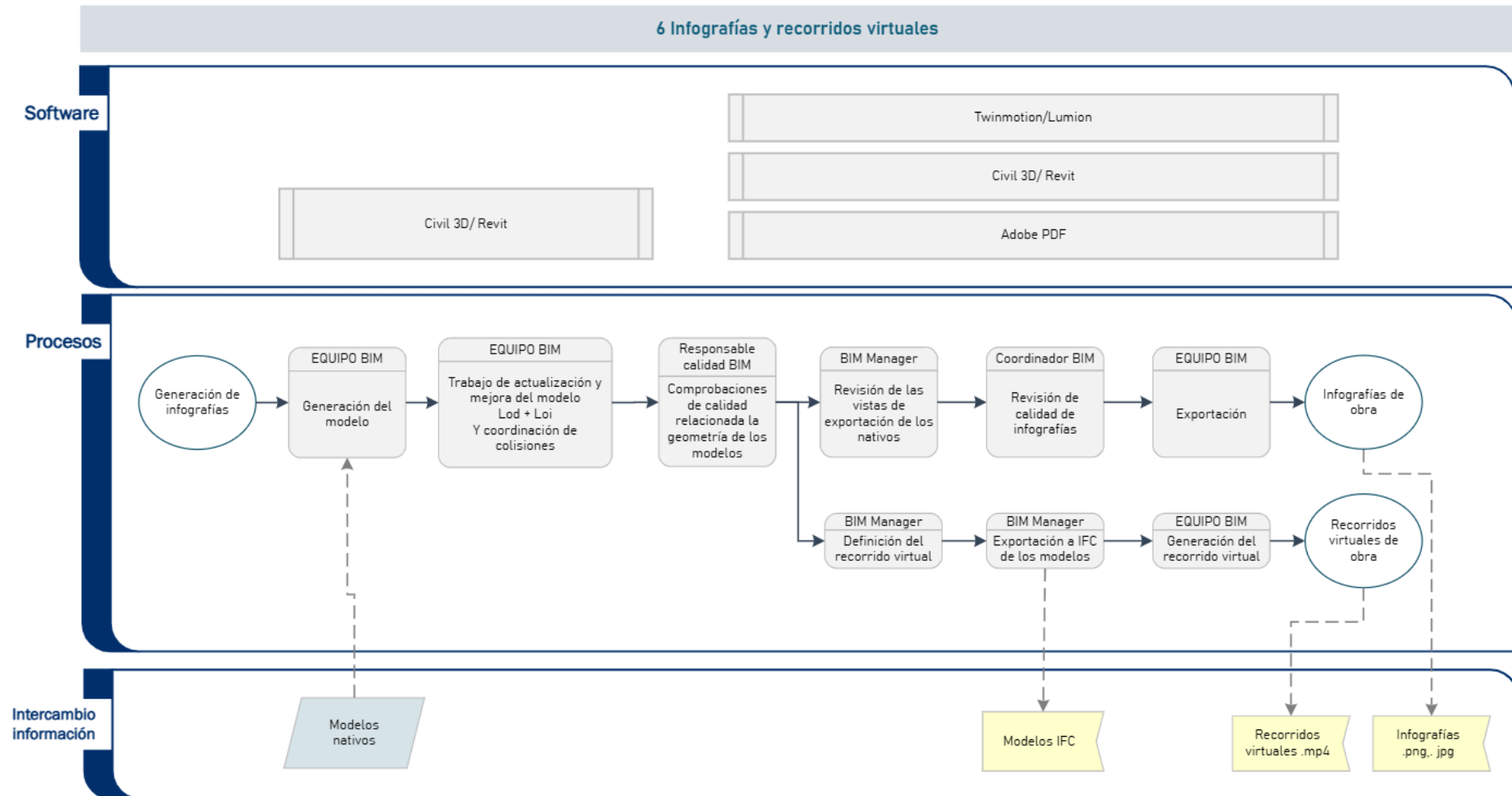
Fuente: Manual de la empresa

Figura 26. Procesos para los planos “as-built”



Fuente: Manual de la empresa

Figura 27. Procesos para infografías y recorridos virtuales



Fuente: Manual de la empresa

Anexo C. Set de propiedades

AGRUPACIONES DE PSET	ATRIBUTO	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN	GRADO DE OMISIÓN
IDENTIFICACIÓN				
01_APV_IDENTIFICACION	01_01_APV_PROYECTO	texto	Expediente oficina técnica	No permitido
01_APV_IDENTIFICACION	01_02_APV_FASE	texto	Identificación de la fase contractual en la que se encuentra el elemento	No permitido
01_APV_IDENTIFICACION	01_03_APV_ESTADO	texto	Identificación del estado en el que se encuentra el elemento	No permitido
01_APV_IDENTIFICACION	01_04_APV_TIPOLOGIA	texto	Tipología de obra	No permitido
01_APV_IDENTIFICACION	01_05_APV_DISCIPLINA	texto	Código de disciplina de APV	No permitido
01_APV_IDENTIFICACION	01_06_APV_SUBDISCIPLINA	texto	Código de subdisciplina de APV	No permitido
01_APV_IDENTIFICACION	01_07_APV_ELEMENTO	texto	Tipo de elemento de APV	No permitido
01_APV_IDENTIFICACION	01_08_APV_CLASIFICACION	texto	Código de clasificación (Puertos del Estado & guBIMclass)	Permitido si no hay serie de elementos
01_APV_IDENTIFICACION	01_09_APV_NOMBRE	texto	Nombre corto del elemento	No permitido
01_APV_IDENTIFICACION	01_10_APV_ALINEACION	texto	Nombre corto de la alineación a la que pertenece el elemento. Aplicable a muelle, dique, pero también a carreteras u otros elementos lineales	Permitido si no hay alineación
01_APV_IDENTIFICACION	01_11_APV_NUMERO	texto	Número del elemento en la serie de una misma tipología. Ha de estar relacionado con la nomenclatura utilizada en los planos	Permitido si no hay serie de elementos

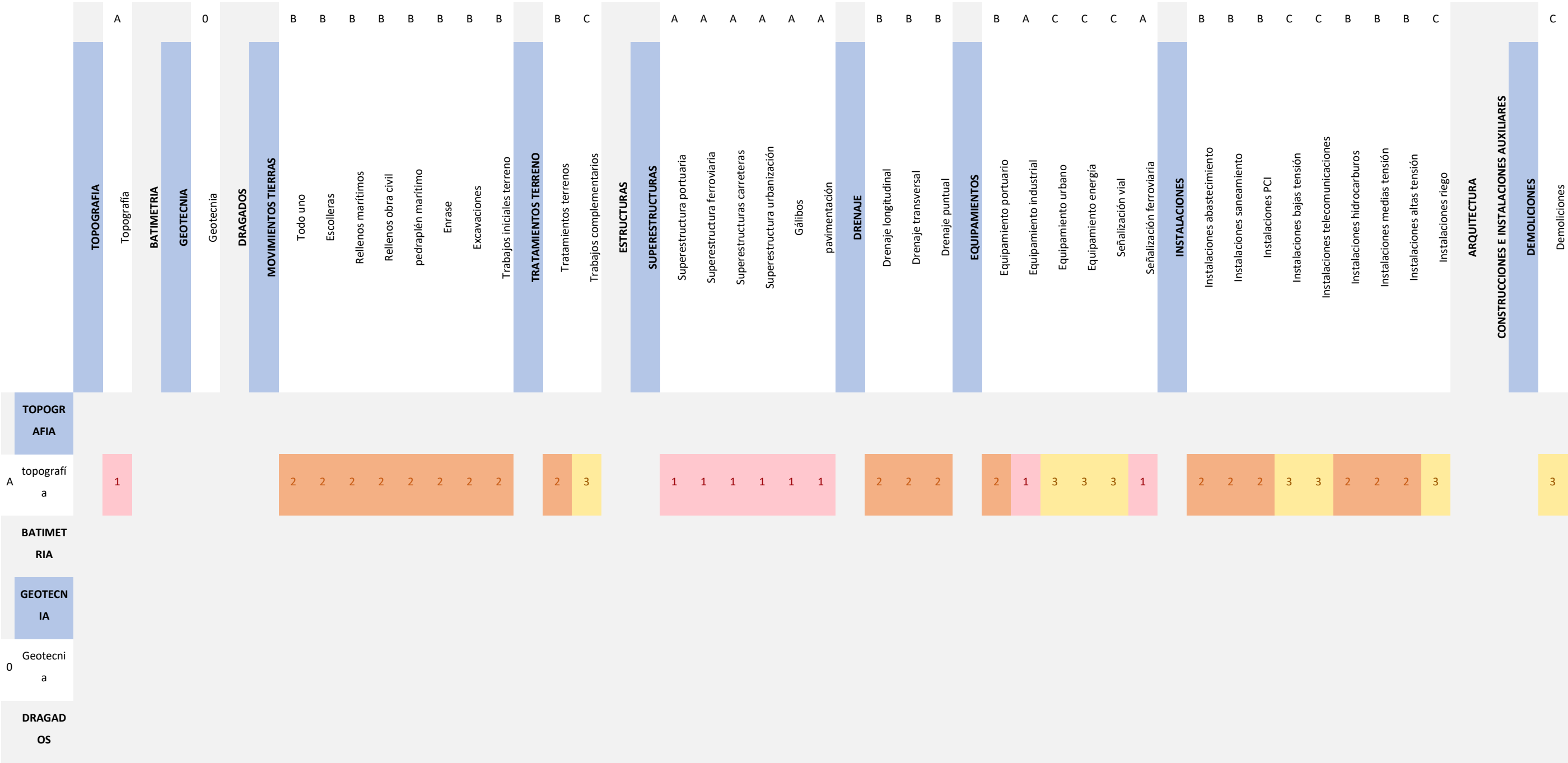
01_APV_IDENTIFICACION	01_12_APV_MATERIAL	texto	Descripción del tipo de material del elemento conforme a Pliego	Permitido en caso de elementos con varios materiales
01_APV_IDENTIFICACION	01_13_APV_CAD	texto	Relación con capas CAD APV	Si procede
01_APV_IDENTIFICACION	01_14_APV_ZONA	texto	Código de delimitaciones de zonas dentro del contrato	Permitido en caso de no ser necesario. Ver instrucciones
PROYECTO				
03_APV_PROYECTO	03_01_APV_FASE-OBRA	texto	Código de la fase de obra a la que hace referencia el elemento	No permitido (a no ser que no haya plan de obra)
03_APV_PROYECTO	03_02_APV_PLANOS	url	URL a la ubicación de los planos en el CDE (no es prioritario)	No permitido (a no ser que no haya generación de planos)
03_APV_PROYECTO	03_03_APV_PPTP	url	URL a la ubicación de los PPTP en el CDE (no es prioritario)	No permitido (a no ser que no haya PPTP)
03_APV_PROYECTO	03_04_APV_CALIDAD-MOD	url	Url a la carpeta de control de calidad de los modelos de proyecto (no es prioritario)	No permitido (a no ser que no se exija trazabilidad del control de calidad)
GESTION				
05_APV_GESTION	05_01_APV_SEG-SALUD	url	URL a la ubicación en el CDE de la información de Seguridad y Salud	No permitido
05_APV_GESTION	05_02_APV_INFORMES-APROBACION	url	URL a la ubicación en el CDE de los informes de aprobación	No permitido
05_APV_GESTION	05_03_APV_CONTROL-CALIDAD	url	URL a la ubicación en el CDE de los controles de calidad	No permitido

05_APV_GESTION	05_04_APV_ENSAYOS	url	URL a la ruta para acceder a los documentos de ensayos	No permitido
05_APV_GESTION	05_05_APV_FOTOGRAFIAS	url	URL a la ubicación en el CDE de las fotografías	No permitido
05_APV_GESTION	05_06_APV_MEDIO-AMBIENTE	url	URL a la ubicación en el CDE de documentación de medio ambiente	No permitido
05_APV_GESTION	05_07_APV_GESTION-RESIDUOS	url	URL a la ubicación en el CDE de documentación de gestión de residuos	No permitido
05_APV_GESTION	05_08_APV_SERV-AFECTADOS	url	URL a la ubicación en el CDE de doc. de servicios afectados	No permitido
AS BUILT				
06_APV_ASBUILT	06_01_APV_PLANOS-ASBUILT	url	URL a la ubicación en el CDE de los planos As Built	No permitido
06_APV_ASBUILT	06_02_APV_LIQUIDACION	url	URL a la ubicación en el CDE del proyecto de liquidación	No permitido
06_APV_ASBUILT	06_03_APV_LIBRO-EDIF	url	URL a la ubicación en el CDE del libro del edificio	Permitido (a no ser que se trate de edificación)
BIM2GIS				
07_APV_GIS	07_01_APV_CAPA-GIS	numérico o texto	Referencia a la capa GIS de la APV	Aplicable a aquellos elementos que se trasladan a GIS
07_APV_GIS	07_02_APV_CAMPO-1	numérico o texto	Campo 1 de Tabla de datos GIS	Rellenable si el elemento tiene este campo en la tabla de datos
07_APV_GIS	07_03_APV_CAMPO-2	numérico o texto	Campo 2 de Tabla de datos GIS	Rellenable si el elemento tiene este campo en la tabla de datos

07_APV_GIS	07_04_APV_CAMPO-3	numérico o texto	Campo 3 de Tabla de datos GIS	Rellenable si el elemento tiene este campo en la tabla de datos
07_APV_GIS	07_05_APV_CAMPO-4	numérico o texto	Campo 4 de Tabla de datos GIS	Rellenable si el elemento tiene este campo en la tabla de datos
07_APV_GIS	07_06_APV_CAMPO-5	numérico o texto	Campo 5 de Tabla de datos GIS	Rellenable si el elemento tiene este campo en la tabla de datos
07_APV_GIS	07_07_APV_CAMPO-6	numérico o texto	Campo 6 de Tabla de datos GIS	Rellenable si el elemento tiene este campo en la tabla de datos
07_APV_GIS	07_08_APV_CAMPO-7	numérico o texto	Campo 7 de Tabla de datos GIS	Rellenable si el elemento tiene este campo en la tabla de datos
07_APV_GIS	07_09_APV_CAMPO-8	numérico o texto	Campo 8 de Tabla de datos GIS	Rellenable si el elemento tiene este campo en la tabla de datos
07_APV_GIS	07_10_APV_CAMPO-9	numérico o texto	Campo 9 de Tabla de datos GIS	Rellenable si el elemento tiene este campo en la tabla de datos
07_APV_GIS	07_11_APV_CAMPO-10	numérico o texto	Campo 10 de Tabla de datos GIS	Rellenable si el elemento tiene este campo en la tabla de datos
07_APV_GIS	07_12_APV_CAMPO-N	numérico o texto	Campo n de Tabla de datos GIS	Rellenable si el elemento tiene este campo en la tabla de datos

Anexo D. Control de interferencias

PRIORIDAD SEGÚN ÍNDICES DE GRAVEDAD			
	A	B	C
A	1	2	3
B	2	3	4
C	3	4	5



MOVIMIENTOS TIERRAS																																
B	Todo uno	2	3 3 3 3 3 3 3 3								3	4	2 2 2 2 2 2						3 3 3	3	2	4 4 4	2	3 3 3	4 4	3 3 3	4			4		
B	Escolleras	2	3 3 3 3 3 3 3 3								3	4	2 2 2 2 2 2						3 3 3	3	2	4 4 4	2	3 3 3	4 4	3 3 3	4			4		
	Rellenos																															
B	marítimos	2	3 3 3 3 3 3 3 3								3	4	2 2 2 2 2 2						3 3 3	3	2	4 4 4	2	3 3 3	4 4	3 3 3	4			4		
B	Rellenos obra civil	2	3 3 3 3 3 3 3 3								3	4	2 2 2 2 2 2						3 3 3	3	2	4 4 4	2	3 3 3	4 4	3 3 3	4			4		
	pedraplé																															
B	en marítimo	2	3 3 3 3 3 3 3 3								3	4	2 2 2 2 2 2						3 3 3	3	2	4 4 4	2	3 3 3	4 4	3 3 3	4			4		
B	Enrase	2	3 3 3 3 3 3 3 3								3	4	2 2 2 2 2 2						3 3 3	3	2	4 4 4	2	3 3 3	4 4	3 3 3	4			4		
B	Excavaciones	2	3 3 3 3 3 3 3 3								3	4	2 2 2 2 2 2						3 3 3	3	2	4 4 4	2	3 3 3	4 4	3 3 3	4			4		
	Trabajos																															
B	iniciales terreno	2	3 3 3 3 3 3 3 3								3	4	2 2 2 2 2 2						3 3 3	3	2	4 4 4	2	3 3 3	4 4	3 3 3	4			4		
TRATAMIENTOS TERRENO																																
B	Tratamientos terrenos	2	3 3 3 3 3 3 3 3								3	4	2 2 2 2 2 2						3 3 3	3	2	4 4 4	2	3 3 3	4 4	3 3 3	4			4		
C	Trabajos complementarios	3	4 4 4 4 4 4 4 4								4	5	3 3 3 3 3 3						4 4 4	4	3	5 5 5	3	4 4 4	5 5	4 4 4	5			5		
ESTRUCTURAS																																
SUPERESTRUCTURAS																																

pág. 115

pág. 116

pág. 117