
Modelado con Tecnología BIM del Edificio de Talleres y
Cocheras del Metro Ligero de Tenerife.

Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado

**Máster en Gestión e Innovación Tecnológica en la
Construcción**

Trabajo Fin de Máster

Autor: **Alexander Della Volpe Sisco**

Tutor/a: Jorge Luis de la Torre Cantero

Co-tutor: Pablo Oromí Fragoso

Julio de 2020



D. Jorge de la Torre Cantero, con N.I.F. 42169227-S, profesor del área de Expresión Gráfica en Ingeniería del Departamento de Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de la Laguna.

HACE CONSTAR

Que la presente memoria titulada:

Desarrollo de Talleres y Cocheras de Metrotenerife mediante metodología BIM (Building Information Modeling)”

Ha sido realizada bajo su dirección por D. Alexander Della Volpe Sisco

con N.I.F. 54055542-E.

Y para que así conste, en cumplimiento de la legislación vigente y a los efectos oportunos firman la presente en La Laguna a 6 de julio de 2020.



Agradecimientos

Agradecer a mi familia por el apoyo brindado durante todos estos años, ya que sin su ayuda esto no sería posible. Gracias por apoyarme en esta etapa académica que llega a su fin y en los nuevos proyectos que nos quedan por construir.



Resumen

La redacción del presente trabajo intenta establecer un acercamiento al uso de la metodología BIM – Modelado de Información de la Construcción (Building Information Modeling) en el sector de la construcción, concretamente en el levantamiento de una infraestructura existente.

Se procede a realizar la exposición sobre varios de los aspectos relacionados con el desarrollo, implementación y aplicación de esta metodología de trabajo. Para ello será necesario desarrollar los antecedentes históricos y conceptuales, así como aquellos aspectos de interés en los que desarrolla la metodología BIM.

Se parte de la documentación aportada por el Departamento de Ingeniería de la compañía Metropolitano de Tenerife, S.A. (MTSA), sociedad anónima encargada de gestionar el tranvía de la provincia de Santa Cruz de Tenerife. La edificación objeto de estudio es el edificio de Talleres y Cocheras del Metro Ligero de Tenerife. A través de la documentación aportada por dicha empresa, estableceremos los parámetros necesarios para llevar a cabo la planificación y diseño del proyecto aplicando la metodología BIM.

El objetivo principal de este Trabajo Fin de Máster es el modelado con tecnología BIM del edificio de Talleres y Cocheras del Metro Ligero de Tenerife, una edificación existente situada en el municipio de San Cristóbal de La Laguna, concretamente en el núcleo de Taco. Se abordará el modelado arquitectónico con la herramienta informática ArchiCAD© 23, y el modelado estructural con Autodesk© Revit 2020.

Como objetivo secundario se propone la integración de los modelos de arquitectura y estructura que provienen de distintas plataformas de modelado (ArchiCAD vs Revit), analizando los posibles inconvenientes que surgen a la hora de la interoperabilidad y cómo a través de medios telemáticos se puede mejorar el sistema creando un protocolo de actuación.

Palabras clave: BIM, Revit, Construcción, Metodología, Edificación, Información.



Abstract

The writing of this work tries to establish an approach to the use of the BIM - Building Information Modeling methodology in the construction sector, specifically in the survey of an existing infrastructure.

The presentation is made on various aspects related to the development, implementation and application of this work methodology. For this, it will be necessary to develop the historical and conceptual background, as well as those aspects of interest in which the BIM methodology is developed.

It is based on the documentation provided by the Engineering Department of the company Metropolitano de Tenerife, S.A. (MTSA), a public limited company in charge of managing the tram in the province of Santa Cruz de Tenerife. The building under study is the Tenerife Light Rail Garage and Workshops building. Through the documentation provided by said company, we will establish the necessary parameters to carry out the planning and design of the project applying the BIM methodology.

The main objective of this Master's Final Project is the modeling with BIM technology of the Tigers and Garages building of the Tenerife Light Metro, an existing building located in the municipality of San Cristóbal de La Laguna, specifically in the core of Taco. Architectural modeling will be addressed with the ArchiCAD © 23 computer tool, and structural modeling with Autodesk © Revit 2020.

As a secondary objective, the integration of the architecture and structure models that come from different modeling platforms (ArchiCAD vs Revit) is proposed, analyzing the possible drawbacks that arise when it comes to interoperability and how through telematic means you can improve the system creating an action protocol.

Keywords: BIM, Revit, Construction, Methodology, Building, Information.





Índice

1. Introducción / Planteamiento	10
1.1. Antecedentes	10
1.2. Objetivos	11
1.3. Hipótesis	11
1.4. Metodología	11
2. Estado del arte / Estado de la Tecnología.	14
2.1 ¿Qué es el BIM?	14
2.2 Dimensiones del BIM	15
2.3 Usos del BIM.	17
2.4 Ventajas y desventajas de la Tecnología BIM	19
2.4.1 Ventajas de la tecnología BIM	19
2.4.2 Desventajas de la tecnología BIM	20
2.5 Estado Actual del BIM en España	22
2.6 BIM en la administración Pública	23
2.7 Estandarización de la información ISO.	27
2.8 Requerimientos del Cliente	29
2.9 Niveles de información necesaria del BIM.	30
2.10 Plan de ejecución BIM (PEB).	31
2.11 Modelo de información.	32
2.12 Trabajo colaborativo. CDE	33
2.13 Interoperabilidad. IFC y COBie.	34
2.14 Facility Managemet	35
3. Caso de Estudio: Edificio de Talleres y Cocheras del Metro Ligero de Tenerife	37
3.1 Antecedentes	37
3.2 Descripción de la Edificación y Situación de Partida	38
3.3 Tipología Constructiva	40
3.4 Requerimientos BIM	41
3.4.1 Formatos Software a emplear.	42
3.4.2 Idioma a utilizar	42
3.4.3 Hitos del proyecto	42
3.4.4 Objetivos de la Institución	42
3.4.5 Objetivos BIM	43
3.4.6 Usos BIM	43



3.4.7	Nivel de Detalle de modelos por fase del proyecto	43
3.4.8	Niveles	43
3.4.9	Nomenclatura de Archivos	44
3.5	<i>Documentación Inicial</i>	44
3.6	<i>Objetivos</i>	45
4.	Diseño e Implementación	46
4.1	Fase Objetivos comunes, recopilaciones de datos y gestión de la Información.	46
4.1.1	Definición de objetivos comunes	46
4.1.2	Configuración de Modelos y Submodelos del proyecto	46
4.1.3	Creación de Objetos BIM específicos del modelo.	47
4.1.4	Fases de Trabajo	48
4.1.5	Documentación Infográfica	48
4.1.6	Coordinación del Modelo	49
4.1.7	Flujo de Trabajo	49
4.1.8	Comunicación:	50
4.1.9	Organización de archivos:	50
4.1.10	Normativa en el trabajo:	51
4.1.11	Nomenclatura:	51
4.2	<i>Fase 2: Modelado 3D</i>	51
4.2.1	Submodelo estructural	51
4.2.2	Submodelo arquitectónico	57
4.3	<i>Fase 3: Revisión del proyecto e incompatibilidad de información</i>	68
4.3.1	Submodelo estructural (Requerimiento de información)	69
4.3.2	Submodelo arquitectónico	76
4.4	<i>Fase 4: Interoperabilidad entre software BIM.</i>	86
4.4.1	Software Revit 2020	86
4.4.2	Software ArchiCAD 23	87
4.4.3	Tabla Comparativa	91
4.5	<i>Fase 5: Visualización final del proyecto mediante BIM Vision.</i>	91
4.5.1	Entregables en IFC y nativo	93
5.	Resultados	94
6.	Conclusiones	95
7.	Líneas de trabajo futuro	96
8.	Bibliografía	97
9.	Anexos:	98
	<i>Documentación Generada del Proyecto</i>	98
9.1	<i>Anexo 1. Modelos BIM</i>	98
9.2	<i>Anexo 2. Planimetría</i>	98
9.3	<i>Anexo 3. Requerimientos BIM de Metropolitano.</i>	98



9.4	<i>Anexo 4. Requerimientos de información propia.</i>	98
9.5	<i>Anexo 5. Nomenclatura estandarizada propuesta por la Universidad de La Laguna.</i>	98
9.6	<i>Anexo 6. Coordinación.</i>	98





1. Introducción / Planteamiento

La tecnología en el mundo de la construcción ha evolucionado de manera vertiginosa gracias a los avances tecnológicos y la variedad de metodologías que surgen del trabajo colaborativo, un ejemplo claro es la metodología *Building Information Modeling (BIM)*. BIM conglomerada los distintos campos y disciplinas que intervienen en el proceso constructivo, como participan activamente y las repercusiones futuras que pueden ocurrir durante el proceso de ejecución.

En el presente trabajo se estudia la evolución y todos los métodos de modelado en BIM y las como el trabajo colaborativo influyen en gran parte de los avances de un proyecto. Para ello, se ha realizado dicho trabajo con dos metodologías BIM distintas, y el presente trabajo buscará los aspectos positivos y negativos que existen entre las compatibilidades, así como el trabajo de manera telemática.

El presente documento se basa en los requerimientos indispensables para el modelado BIM de Metropolitano de Tenerife S.A. (MTSA) para el proyecto de la actualización del proyecto constructivo los Talleres y Cochera del Municipio de San Cristóbal de La Laguna, Santa Cruz de Tenerife. En este documento se establecen los procedimientos de trabajo que han de seguir para el desarrollo del proyecto bajo la metodología BIM.

1.1. Antecedentes

El Trabajo final de Máster (TFM) se encuentra supeditado a una propuesta que hace Metropolitano de Tenerife a la Universidad de La Laguna, que se trata del modelado BIM del Edificio de Talleres y cocheras del Metro Ligero de Tenerife, así como el replanteo de los planos de cimentación. Dicho trabajo ha sido tutorizado por el profesor Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología: Jorge Luis de la Torre Cantero y los cotutores externos de la universidad pertenecientes a Metropolitano de Tenerife los integrantes Raúl Parra Hermida y Pablo Oromí Fragoso.

A mediados del mes de marzo de 2020 llega España, una pandemia de ámbito global, un virus denominado COVID-19 coloquialmente nombrado como Coronavirus, el cual produce una movilización mundial. Ante dicha repercusión España decreta de estado de alarma en el territorio español, por ende, se obliga a la población a la cuarentena domiciliaria. Durante esta estadía se crean unas condiciones para desarrollar un trabajo en equipo de manera coordinada a través de medios virtuales.

Con este trabajo se pretende mediante la metodología BIM la realización de un modelo 3D, a través de los softwares ArchiCAD 23 de Graphisoft y el software Revit 20 de Autodesk. De tal manera que una vez desarrollado cada modelo se unifiquen ambos en un solo archivos permitiéndonos ver las interoperabilidades que existen entre ambas plataformas y como llegar a un modelo de desarrollo coordinado. Por una parte, el desarrollo de la estructura y por otra la arquitectura.



1.2. Objetivos

El objetivo principal de este Trabajo Fin de Máster es el **modelado con tecnología BIM del edificio de Talleres y Cocheras del Metro Ligero de Tenerife**, una edificación existente situada en el municipio de San Cristóbal de La Laguna, concretamente en el núcleo de Taco. Se abordará el modelado arquitectónico con la herramienta informática ArchiCAD© 23, y el modelado estructural con Autodesk© Revit 2020.

Como objetivo secundario se propone la integración de los modelos de arquitectura y estructura que provienen de distintas plataformas de modelado (ArchiCAD vs Revit), analizando los posibles inconvenientes que surgen a la hora de la interoperabilidad y cómo a través de medios telemáticos se puede mejorar el sistema creando un protocolo de actuación.

Se pretende que este modelo de información generado pueda servir a la empresa Metropolitano de Tenerife, S.A. (MTSA)¹, como modelo de referencia para experimentar con los modelos BIM en usos como:

- la gestión de sus activos,
- la promoción de licitaciones con requisitos BIM de reformas y/o ampliación de sus instalaciones,
- la promoción de licitaciones con requisitos BIM de nuevas infraestructuras ferroviarias.

1.3. Hipótesis

Se dispone de toda la documentación digital del proyecto constructivo original del edificio, tanto en .pdf como en AutoCAD 2D (.dwg), así como los planos *As-Built* con la geometría definitiva construida y las posteriores modificaciones realizadas para poder realizar la tarea de implementar la tecnología BIM en este proyecto.

Como hipótesis inicial, el proyecto supone que la metodología BIM aporta un beneficio para disponer de una mejor información del estado actual de la infraestructura existente. El uso de la metodología BIM permitirá detectar indefiniciones en el proyecto tradicional que dispone Metropolitano de Tenerife (MTSA).

1.4. Metodología

Para el desarrollo del presente proyecto se procederá a la consulta de diferentes fuentes de información oficiales, registradas y objetivas, en las que se expongan de manera concisa la información a valorar e incluir en este trabajo. Para ello se consultan bases de datos

¹ <https://metrotenerife.com/>



científicas, artículos de investigación, revistas publicadas, trabajos, tesis y páginas webs que de interés.

Por otro lado, para cumplir con las pautas y objetivos marcados en el presente proyecto, se procede a aplicar la metodología BIM a un caso práctico real. Para establecer el método de trabajo se han organizado distintas reuniones vía Google Meet, con el tutor Jorge Luis de la Torre Cantero, al que le presentamos avances periódicamente y le planteamos dudas que van surgiendo con el transcurso del modelado del proyecto.

Por otro lado, también cabe destacar en esta metodología de trabajo la intervención como cotutores del área técnica de la empresa Metropolitano, donde a través de reuniones por videoconferencia, controlan el trabajo, los plazos y marcan ciertas pautas a seguir, acordes a las especificaciones iniciales requeridas en la presentación del proyecto.

La consulta de diversas fuentes nos permite seleccionar la información a incluir en la presente memoria y por otro lado, pondremos al lector en la tesitura y el contexto en el que se encuentran los avances sobre la tecnología de la construcción actualmente.

Es de vital importancia, a modo de comentario, destacar que el presente proyecto se desarrolla desde febrero de 2020 hasta Julio de 2020, fechas características debido a la situación acaecida en estos meses donde aparece la pandemia conocida como COVID – 19. Esta pandemia ha influido negativamente en la realización del trabajo debido a que ha impedido las tutorías personales, el desplazamiento al edificio de estudio y cualquier otro tipo de contacto con el exterior.

No obstante, para llevar a cabo este modelo, se trabaja con el software ArchiCAD© 23 para la realización del modelado arquitectónico y con Autodesk© Revit 2020 para la realización del modelado estructural. Obviando los inconvenientes ocurridos durante el planteamiento y resolución de este proyecto, en este Trabajo Final de Máster se pretende integrar los modelos de dos disciplinas distintas. Todo esto será posible gracias al formato de intercambio de archivos de modelos BIM, IFC (Industry Foundation Classes)², exportarlos para ser visualizados y editados en diferentes plataformas, de tal manera que se lleve a cabo correctamente la interoperabilidad entre las distintas disciplinas.

² <https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/industry-foundation-classes/>

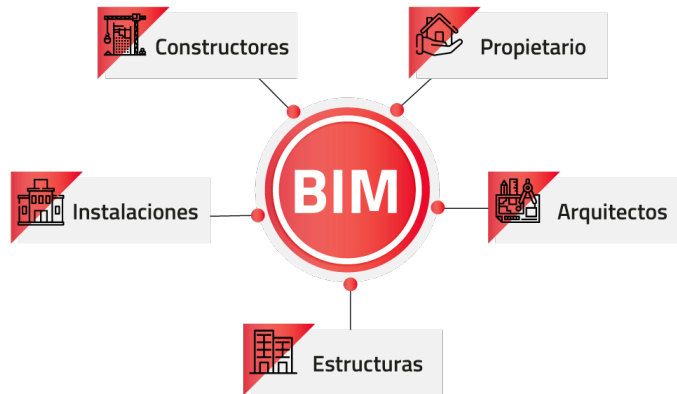


Figura 1. Metodología Efectiva de Trabajo BIM. Fuente Bloquotech



2. Estado del arte / Estado de la Tecnología.

2.1 ¿Qué es el BIM?

El BIM o *Building Information Modeling* es un término muy amplio que no tiene una definición única y universal que responda a todas las preguntas, por lo tanto, se destacan las siguientes definiciones que dan una aproximación al BIM en su conjunto:

“BIM es una metodología de trabajo colaborativo que documenta todo el ciclo de vida de la edificación y las infraestructuras, haciendo uso de herramientas informáticas con el fin de generar un repositorio único con toda la información útil para todos los agentes que participan en él y durante todo su ciclo de vida” (Gosalves López, 2016).

“BIM es el acrónimo de Building Information Modeling (modelado de la información del edificio) y se refiere al conjunto de metodologías de trabajo y herramientas caracterizado por el uso de información de forma coordinada, coherente, computable y continua; empleando una o más bases de datos compatibles que contengan toda la información en lo referente al edificio que se pretende diseñar, construir o usar” (Coloma Picó, 2004).

“Building Information Modelling (BIM) es el uso de una representación digital compartida (modelo de información) de un activo construido para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación, y proporcionar una base confiable para la toma de decisiones” (BuildingSmart, 2019).

“Building Information Modeling (BIM) es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción. Su objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes. BIM supone la evolución de los sistemas de diseño tradicionales basados en el plano, ya que incorpora información geométrica (3D), de tiempos (4D), de costes (5D), ambiental (6D) y de mantenimiento (7D). El uso de BIM va más allá de las fases de diseño, abarcando la ejecución del proyecto y extendiéndose a lo largo del ciclo de vida del edificio, permitiendo la gestión del mismo y reduciendo los costes de operación”. (BuildingSmart, 2016).

“El término "BIM" para describir una actividad (es decir, modelar información de construcción), en lugar de un objeto (modelo de información de construcción). Esto refleja nuestra creencia de que BIM no es una cosa o un tipo de software, sino un sistema sociotécnico que en última instancia implica cambios amplios en el proceso de diseño, construcción y gestión de instalaciones (Eastman, 2008).

Como conclusión, podemos decir que el BIM es una metodología o progreso en el que la representación del edificio, no solo se apoya en la geometría sino en bases de datos, que nos permiten analizar el proceso de ejecución del proyecto extendiéndose al ciclo de vida (Fig. 2), además de como intervienen los distintos agentes de la edificación estableciendo un trabajo colaborativo (Fig. 3), y como esta comunicación y análisis previos mejoran y facilitan el proceso del diseño, construcción y construcción dándonos herramientas par que la toma de decisiones antes y durante el proyecto tenga una base solida, y por ende, nos permitirá un ahorro final en los costes.

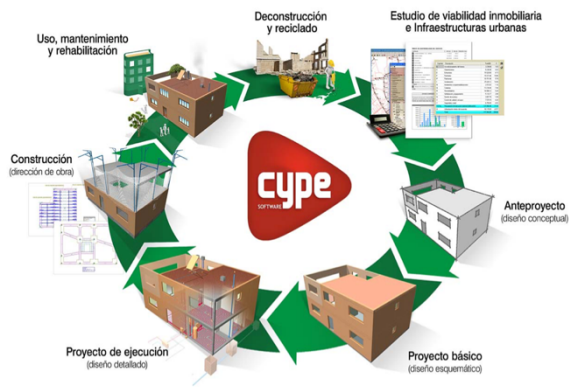


Figura 2 Ciclo de Vida. Fuente: CYPE www.cype.es



Figura 3 Interoperabilidad BIM Fuente: <http://biblus.accasoftware.com/es/que-es-el-bim-y-para-que-sirve-todo-lo-que-debes-saber/>

2.2 Dimensiones del BIM

En la actualidad, BIM no solo sirve para generar un modelo tridimensional, sino que se extiende por todas las fases de una edificación, comenzando por las fases de diseño o concepción de la idea, continuando por las fases de construcción y mantenimiento hasta su demolición o reciclado. Todas estas posibilidades se clasifican en las siguiente 7 dimensiones:



Figura 4. Esquema de las dimensiones del BIM. Fuente: BIM_ Conceptos Generales. Gonzalo García Sanz

- **1D- Concepto:** Surgen en el origen del proyecto y de aquí se sentarán las bases del futuro proyecto a modelar, ejecutar y mantener.

Ejemplo de programas: Sketchup, Pinterest, Microsoft Office

- **2D- Sectorización del boceto:** En esta dimensión se realizarán los trabajos y estudios para el desarrollo de un Proyecto Básico, coordinando el flujo de trabajo y los procesos de organización (plantillas) de los mismos.

Ejemplo de programas: Unity , Dynamo



- **3D- Modelo 3D:** Como la propia dimensión establece, será la creación de un modelo tridimensional coordinando las distintas disciplinas que integran el proyecto.

Ejemplo de programas para modelado 3D: Revit, Archicad, Allplan

- **4D- Planificación:** Esta dimensión hace mención de la variable tiempo en el modelo tridimensional, lo que permite realizar la planificación del proyecto de construcción, y nos ayuda a anticiparnos a posibles conflictos que puedan surgir en la obra.

Ejemplo de programas: Revit, Archicad, Edificius

- **5D-Costes:** Esta dimensión recoge el control de costes y estimación de gastos en el proyecto y el ciclo de vida. Esta dimensión nos proporciona estimar la mejor rentabilidad y reducir las posibles dudas en la toma de decisiones.

Ejemplo de programa para coste: Cost-it de Presto, Arquímedes de Cype, Primus de ACCa software

- **6D-Sostenibilidad Energética:** Esta dimensión se basa en la simulación de sistemas de ahorro energético y gestión de recursos facilitándonos pautas para la toma de decisiones en el proyecto.

Ejemplo de programas sostenibilidad energética: DOE-2, Energy+

- **7D Seguimiento / mantenimiento:** Esta dimensión permite gestionar los servicios y el ciclo de vida de un proyecto durante la vida útil del edificio

Ejemplo de programas de mantenimiento: Archibus, YouBIM, Fm Systems

1D	2D	3D	4D	5D	6D	7D

Figura 5. Tabla resumen de software de las Dimensiones BIM. Fuente: Elaboración Propia



2.3 Usos del BIM.

No existe en exclusividad un uso BIM único, como vimos en las 7 dimensiones BIM, por esto siempre hay que tener presente que uso le va a dar el cliente al modelo, ya que cada uno implica un nivel de detalle distinto al resto y por lo tanto el objetivo a conseguir cambiara en función de la necesidad requerida. El uso BIM suele estar redactado en una parte del Plan de Ejecución BIM (PEB), en el que se establece qué uso se le podría dar al modelo y a qué fase del ciclo de vida del proyecto estará asociado.

En la Guía para la elaboración del Plan de Ejecución BIM se recoge la siguiente clasificación (Jiménez et al., 2018) (Fig. 6):

CATEGORÍAS DE USOS BIM	
1) Visualización.	14) Listas de Repaso
2) Coordinación 3D	15) Toma de datos en obra
3) Obtención de documentación 2D (Planos)	16) Logística y acopios
4) Obtención de Mediciones	17) Instrumentación y control de obra
5) Visualización de datos	18) Gestión de interesados
6) Generación de infografías	19) Seguimiento de obra: producción y certificación
7) Recorridos Virtuales (AR y VR)	20) Fabricación Digital
8) Validación Normativa	21) Inventario
9) Simulación Constructiva	22) Mantenimiento: Preventivo, correctivo, predictivo o por demanda
10) Análisis y simulaciones	23) Gestión de espacios
11) Seguridad y salud	24) Información para alimentar sistemas de gestión
12) Medioambiente	25) Información Centralizada
13) Replanteo de Obra	26) Usos comerciales y marketing

Figura 6. Tabla resumen de Usos del BIM. Fuente: Elaboración Propia.

Este documento es fundamental para tener en cuenta todos los objetivos del modelado BIM, ya que nos sirve para la toma de futuras decisiones. Además, es necesario establecer relaciones y dependencias entre los usos del BIM, teniendo en cuenta que será necesario la descripción detallada de cada uno estos. En la siguiente tabla (Fig. 7) se resumen que aspectos se deberían tener en cuenta cada.

USO BIM	Descripción y beneficios potenciales
	Prioridad con respecto a otros usos BIM
	Dependencias con otros usos BIM
	Recursos requeridos (software y hardware)
	Destrezas requeridas
	Responsable (roles y responsabilidades)

Figura 7. Ficha de usos BIM. Fuente: Guía para la elaboración del Plan de Ejecución BIM.



La manera de trabajar para cumplir los objetivos específicos BIM, se basa en elaborar un documento a modo de Check- List en donde vamos comprobando cada uno de los usos que podría necesitar cada una de las fases del ciclo de vida. La siguiente tabla (Fig. 8) es un ejemplo de los usos más habituales relacionado con las fases del ciclo de vida elaborada en la Guía para la elaboración del Plan de Ejecución BIM.

		FASES DE CICLO DE VIDA				
		PLANIFICACIÓN	DISEÑO	CONSTRUCCIÓN	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	DEMOLUCIÓN
USOS BIM	Información centralizada	✓	✓	✓	✓	✓
	Visualización	✓	✓	✓	✓	✓
	Coordinación 3D	✓	✓	✓	✓	✓
	Obtención de Documentación 2D (planos)	✓	✓	✓	✓	✓
	Obtención de mediciones	✓	✓	✓	✓	✓
	Visualización de Datos	✓	✓	✓	✓	✓
	Generación de Infografías	✓	✓	✓	✓	✓
	Recorridos virtuales (AR y VR)	✓	✓	✓	✓	✓
	Validación de normativa	✓	✓			
	Simulaciones					
	▪ Constructivas		✓	✓		✓
	▪ Energética		✓	✓		
	▪ Iluminación		✓	✓		
	▪ Evacuación	✓	✓	✓	✓	✓
	▪ Seguridad Vial	✓	✓	✓	✓	✓
	▪ Movimiento de masas		✓		✓	
	▪ Visualización y puntos ciegos		✓	✓	✓	
	▪ Acústicas		✓	✓	✓	
	Seguridad y Salud		✓	✓		✓
	Medioambiente		✓	✓		
	Replanteo de Obra			✓		
	Listas de Repasos - Snagging			✓		
	Toma de datos en obra			✓	✓	✓
	Logística y acopios			✓		✓
	Instrumentación y control de obra			✓		✓
	Gestión de Interesados - Stakeholders		✓	✓	✓	✓
	Seguimiento de Obra					
	▪ Producción			✓		✓
	▪ Certificación			✓		✓
	Fabricación Digital			✓		
	Inventariado				✓	
	Mantenimiento					
	▪ Preventivo				✓	
▪ Correctivo				✓		
▪ Predictivo o por Demanda				✓		
Gestión de espacios				✓		
Alimentación de Sistemas de Gestión				✓		
Usos comerciales y/o marketing				✓		
Analítica de datos de control - BMS				✓		

Figura 8. Tabla de relaciones entre usos BIM y fases del ciclo de vida. Fuente: Guía para la elaboración del Plan de Ejecución BIM.

Todo este procedimiento conlleva a contrastar y relacionar los usos BIM con que los objetivos finales se cumplan. Es por tanto que existen una relación clara entre estos ámbitos y no se pueden redactar por separado.



2.4 Ventajas y desventajas de la Tecnología BIM

El objetivo principal de este apartado es establecer una relación de las ventajas y desventajas que ofrece la metodología BIM frente a los sistemas tradicionales de representación en dos dimensiones. Dado que la incorporación de este sistema de trabajo ofrece más ventajas que inconvenientes antes, durante y en las fases finales del proyecto, se hace necesario dicho análisis comparativo.

2.4.1 Ventajas de la tecnología BIM

La proactividad que supone dicho sistema facilita, primero que nada, un diseño paramétrico, en el cual podemos diseñar los elementos con condicionantes reales, además de darnos una clara interacción en todo el proceso de diseño con el modelo, nos facilita la manera de comprenderlo, ya que del diseño de elementos bidimensionales pasa a los tridimensionales.

Es un sistema que establece una automatización en todo el proceso creando relaciones documentadas, esto aumenta la productividad, la calidad y nos hace ser más eficientes disminuyendo las tareas mecánicas. La automatización de procesos hace que seamos más fiables, de tal manera que se disminuyen gran cantidad de errores que surgen de las actividades rutinarias y tediosas. Por este motivo, además, la calidad de los elementos es mejor y genera una mayor productividad, hace de una estrategia particular una de conjunto.

La gestión o manera de coordinación de la información cambia totalmente a la manera de trabajar tradicional, todas las disciplinas se interrelacionan, permitiendo un trabajo multidisciplinar que nos ayuda a disminuir la cantidad de futuros errores y, por lo tanto, un mayor control del proyecto y de la obra.

Por último, una de las grandes ventajas que presenta esa tecnología es el desarrollo de objetos paramétricamente complejos, ya el objeto representado en planta, alzado y sección, pasar a ser una volumetría, con dicho sistema, permitiendo así, un completo entendimiento. Si se adjunta tabla resumen extraída del libro Introducción a la Tecnología BIM (Fig. 9).

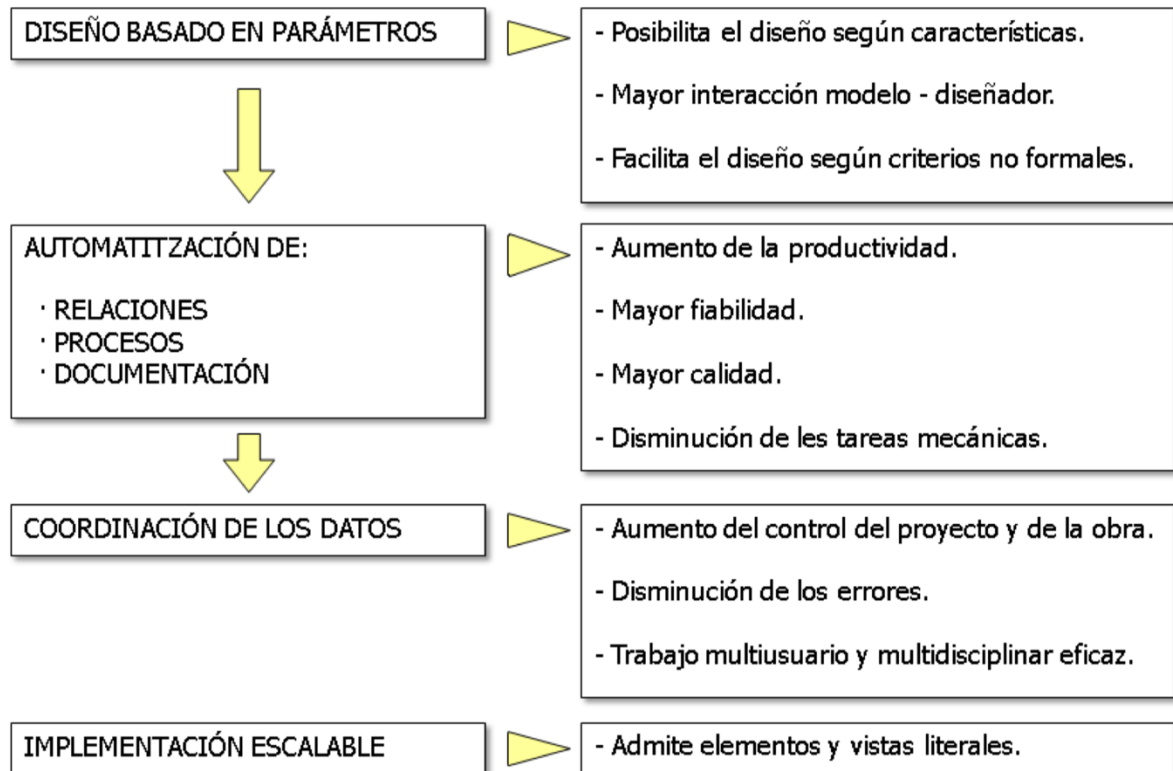


Figura 9. Ventajas de la tecnología BIM. Fuente: Introducción a la tecnología BIM. Eloi Coloma Picó.

2.4.2 Desventajas de la tecnología BIM

La buena praxis conlleva una formación previa de las herramientas BIM de forma continuada, pero este mercado evoluciona a un ritmo vertiginoso, por ello como primera desventaja será necesario el control de alguien (CAD MANAGER) que forme parte del equipo y que coordine los procesos y solvete dudas lo que conlleva una buena formación en las herramientas de diseño.

La tarea más ardua de este proceso es cambiar la mentalidad a la nueva filosofía de trabajo que implica el uso de Tecnología BIM. De la misma forma, el sistema de representación de plantas, alzados y secciones no se perdería, es la manera universal de comunicación, lo que se trata es de pensar de manera que en que se trabaje directamente con los objetos y no dibujarlos, esto nos permite trabajar con más rigor y coordinación entre las diferentes partes que interactúen en dicho proceso.

Además, es aún más difícil pensar que todas las personas de la empresa quieran cambiar a un nuevo sistema, en el cual no se sientan cómodos, por lo que migrar de manera radical al principio, incluso con la formación adecuada, hace que modelar sea una tarea lenta e implicará una frustración constante. No obstante, estas nuevas medidas, permitirán la no obsolescencia hacia hardware que dejan de ofrecernos ventajas y lo que hacen es ralentizar el proceso si estas medidas se implementaran de manera progresiva habría una mejora sustancial a largo plazo. Aunque esto no se ve reflejado de manera inmediata, de ahí las dudas constantes, de

si seguir trabajando como siempre o con las posibilidades de la tecnología BIM. Se adjunta tabla resumen extraída del libro Introducción a la Tecnología BIM (Fig. 10)..

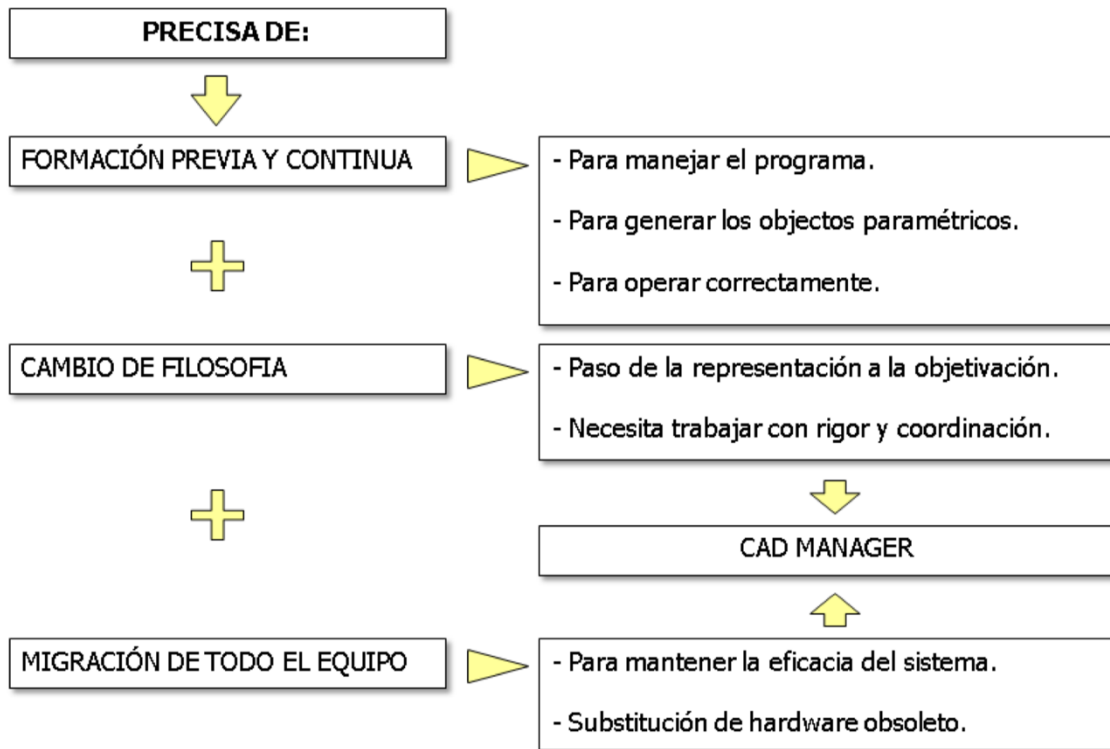


Figura 10. Desventajas de la tecnología BIM. Fuente: Introducción a la tecnología BIM. Eloi Coloma Picó.



2.5 Estado Actual del BIM en España

La tarea de implementación BIM en España en la actualidad se podría describir según palabras de D. Sergio Muñoz Gómez como “La introducción del euro, que un día nadie usa BIM, y al siguiente lo usa todo el mundo”. El documento de Guía BIM para propietarios y gestores de activos (BuildingSmart, 2020) clasifica la situación de la implantación del BIM en España como nivel de madurez que durante estos años suponen un importante avance debido a los siguientes ámbitos.

El primer ámbito de madurez del BIM es que se podrán exigir por parte de la administración pública en los pliegos de condiciones requisitos BIM. La Ley de Contratos del Sector Público 9/2017 permite, pero no obliga. En el Artículo 145 de esta misma ley, establece que en los contratos se adjudicarán en base a una mejora de calidad-precio, promoviendo los criterios de calidad deben ser de al menos el 51 %, pero también se podrán adjudicar teniendo en cuenta planteamientos basados en una mejora en la relación de coste-eficacia, introduciendo el cálculo de coste del ciclo de vida. Esto ha supuesto, según los datos estadísticos del observatorio de la construcción, un aumento del 89% en 2018 respecto a 2017 (205 licitaciones frente a 108). Además, los datos obtenidos por la BuildingSmart Spanish Chapter³ en el año 2019 recoge una cifra de 351 licitaciones con requisitos BIM, lo que supone un aumento del 71% respecto a 2018, este aumento, se debe al mandato BIM aprobado en Catalunya en junio de 2019, en el cual obligan el uso del BIM, en contratos de servicios de redacción de proyectos con un presupuesto superior a 200.000 €, y para contratos de obras y concesiones con un valor estimado superior a 5 millones de euros.

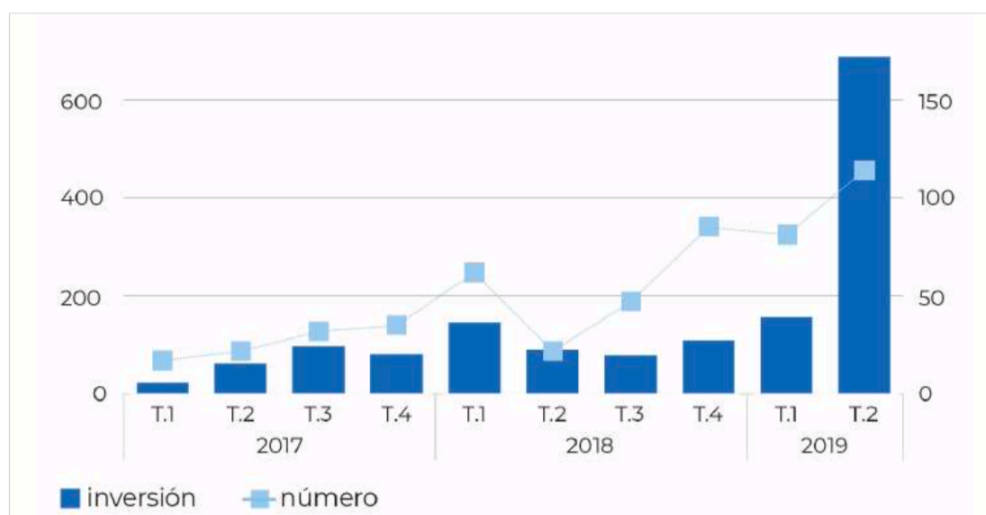


Figura 11. Evolución trimestral en España de la inversión y número de licitaciones públicas con requisitos BIM.
Fuente: BIM para la arquitectura Técnica. Guía Técnica BIMAT.

³ <https://buildingsmart.es/>



El segundo aspecto para el desarrollo de madurez del BIM es la publicación en julio de 2019 de una norma UNE-EN ISO 19650 Partes 1 y 2, que estandarizara los procesos de cómo debe ser producida, utilizada y entregada la información, ya que antes no existía ningún estándar nacional, ni tampoco internacional que definiera dichos procesos.

El tercer y último aspecto para desarrollo de madurez del BIM es el nivel de formación de profesionales en el sector de la construcción en la metodología BIM. La implantación del BIM sector donde hay un bajo nivel de formación BIM es una tarea ardua a pesar de que el Ministerio de Fomento ha subvencionado formaciones BIM en colegios profesionales, aún existen muchos profesionales que no lo conocen o reniegan al uso debido al esfuerzo inicial de cambiar todo es sistema que hasta la actualidad funciona, por uno que no saben cómo funciona y supondría unos costes iniciales de software y de personal cualificado que no es necesario.

Estos argumentos son los más usuales en el sector y poco a poco se han roto las primeras barreras. Se organizan, a través de diferentes entidades, curso de formación online, presencial, jornadas y publicaciones de la situación actual del BIM, y las repercusiones y ventajas que tiene dicho uso. No obstante, en España en los últimos años, se ha desarrollado según la encuesta CSCAE sobre implantación BIM un aumento en el grado de satisfacción del BIM de un 40 % y más del 57% de los encuestados piensa la idea de implantar dicha metodología, pero aun queda un camino largo.

En definitiva, el desarrollo de madurez viene dado por la difusión de dicho sistema por parte de la administración pública, por una normativa clara (normas, guías y manuales institucionales), que orienten cómo trabajar y mediante entidades que configuren formaciones para la buena praxis del BIM y así facilitar en años venideros una madurez total y uso habitual en el sector AEC.

2.6 BIM en la administración Pública

La implementación del BIM en la administración pública requiere una serie de acciones para que dicho proceso sea fructífero. En la guía BIMAT, Sergio Muñoz nombra dichas acciones clasificándolas en una serie de fases:

- Que la administración pública en sus proyectos tenga implementado el sistema BIM. No es obligatorio, pero si recomendable.
- Definir los objetivos BIM de cada proyecto, tanto los intermedios como los finales.
- Evaluación de los medios que dispone la administración tanto tecnológicos como humanos.
- Definición del plan de implementación BIM.
- Desarrollo y monitorización del plan de implementación BIM. Esto nos permite el poder auditar y controlar el trabajo de los proveedores y almacenar los modelos BIM en un entorno común de datos.





No obstante, un organismo público no puede obligar a la utilización del BIM, pero si incentivar al proveedor aportando puntos extra en las licitaciones públicas y tampoco pueden restringir el uso de una herramienta específica, pero si pueden favorecer el uso de formatos abiertos estándar. Al mismo tiempo, para poder implementar el BIM en un organismo público es necesario saber el marco normativo que afecta a las administraciones públicas.

En relación a la incorporación y regulación de la metodología BIM, el Consejo de ministros del Gobierno de España a finales de julio de 2018 aprobó un Real Decreto en el que se crea una comisión interministerial que regula las funciones, composición y reglas de funcionamiento. No obstante, cada AAPP ha iniciado su proceso de implementación a la espera de que dicha comisión comience a dar sus primeros pasos.

En relación a cómo implementar el BIM en las administraciones públicas, no existe una única manera de hacer las cosas para ello se han redactado diversos manuales y guías con una serie de recomendaciones a seguir las cuales nos permiten adaptar las recomendaciones propuestas a cada AAPP en función de sus capacidades y necesidades. En lo que respecta a guías de aplicación cabe destacar; primero el Manual para la Introducción de la Metodología BIM por parte del sector público europeo (Figura 12), en el que se recogen las recomendaciones clasificadas en recomendaciones generales para facilitar los procesos del BIM y recomendaciones específicas a nivel de implantación en los proyectos; segundo el Libro Blanco sobre la definición estratégica de la implementación del BIM en la Generalitat de Cataluña (Figura 13), en este libro se definen los objetivos que se deben alcanzar por la administración pública, clasificando dichos objetivos en diferentes áreas temática, las cuales a través de una serie de acciones (Figura 14) alcanzar dichos objetivos BIM.

Dichas acciones son institucionalizar, difundir y formar en el proceso BIM, en las diferentes administraciones públicas. Asimismo, elaborar un informe jurídico para la realización de proyectos colaborativos. En cuanto al ámbito técnico modernizar la infraestructura existente, incorporando un entorno común de datos y estandarizando la información, también en el ámbito de procesos exista incorporación de nuevos roles. Por último, una de las acciones que plantean es el llamado Efecto Tractor que se basa en llevar a cabo pruebas piloto para más adelante ser evalúen y permitan una mejora en el futuro.



Figura 12. Portada la Introducción de la Metodología BIM por parte del sector Público Europeo



Figura 13. Portada del Libro Blanco sobre la definición estratégica de la implementación del BIM en la Generalitat de Catalunya

En el siguiente diagrama se expresa el plan de acción que se desarrolla en el libro blanco de la sobre la definición estratégica de la implementación del BIM.

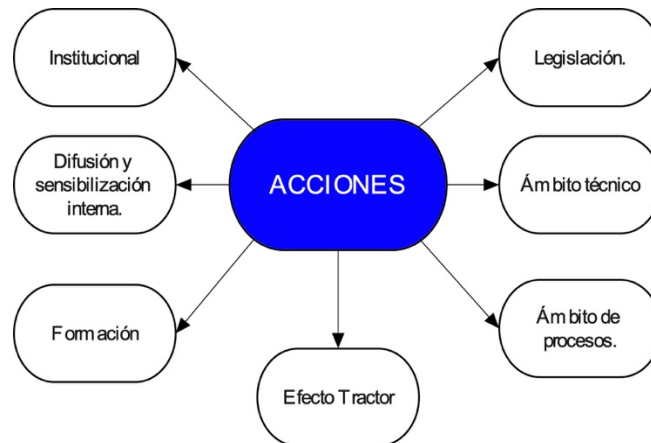


Figura 14. Diagrama de acciones del Libro Banco sobre la definición estratégica de implementación del BIM en la Generalitat de Catalunya. Fuente: Elaboración propia.



2.7 Estandarización de la información ISO.

Para poder realizar un proyecto colaborativo es necesario establecer un orden para que dicha metodología BIM funcione adecuadamente. Para ello existe la norma EN-ISO 19650, que es *“Una norma internacional de gestión de la información a lo largo de todo el ciclo de vida de un activo construido utilizando el modelado de información para la edificación”* (Bsigroup, n.d.).

Esta norma, publicada en el primer trimestre de 2019, consta actualmente de dos partes: (Ídem)

- EN ISO 19650-1: Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM (Building Information Modelling). Gestión de la información al utilizar BIM (Building Information Modelling). Parte 1: Conceptos y principios. (ISO 19650-1:2018).
- EN ISO 19650-2: Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM (Building Information Modelling). Gestión de la información al utilizar BIM (Building Information Modelling). Parte 2: Fase de desarrollo de los activos. (ISO 19650-2:2018).

Estas normas están estrechamente relacionadas con los estándares británicos 1192, BS 1192:2007 + A2:2016 y PAS 1192, y suponen la sustitución de estas dos normas por la actual previamente mencionada. Además mencionar que durante el año 2020, se espera la publicación de dos nuevas partes EN ISO 19650-3: Parte 3: Fase de gestión y mantenimiento de los inmuebles (Operational phase of assets) y BS EN ISO 19650-5 Parte 5: especificaciones BIM orientadas a la seguridad, espacios digitales integrados, gestión eficiente de activos inmobiliarios que remplazara la parte 3.(BibLus, n.d.). Estas dos normas están siendo desarrolladas por el comité CEN TC442

A causa de la publicación de la norma EN-ISO 19650, la BuildingSMART Spain ha elaborado un documento cuyo objetivo es la comprensión de estas normas y sus principios fundamentales y se realiza una propuesta de adaptación al contexto del sector de la construcción en España, teniendo en cuenta los agentes que participan en la fase de desarrollo y la de operaciones.

La correcta aplicación de dicha norma favorecerá que se establezcan unos objetivos claros de la información que necesita el cliente, garantizando un grado mayor de la satisfacción del mismo. Además, estableceremos los plazos y métodos se emplearán y la verificación de esta información. De igual modo, estas normas nos proporcionarán correcta gestión y transmisión de información entre los diferentes agentes que intervienen en la fase de desarrollo y operación. La fase de desarrollo es la parte del ciclo de vida durante la cual el activo se diseña, se construye y se entrega a la propiedad y la Fase de operación, es la parte del ciclo de vida durante la cual el activo se utiliza, se opera y se mantiene (BuildingSmart, 2019).

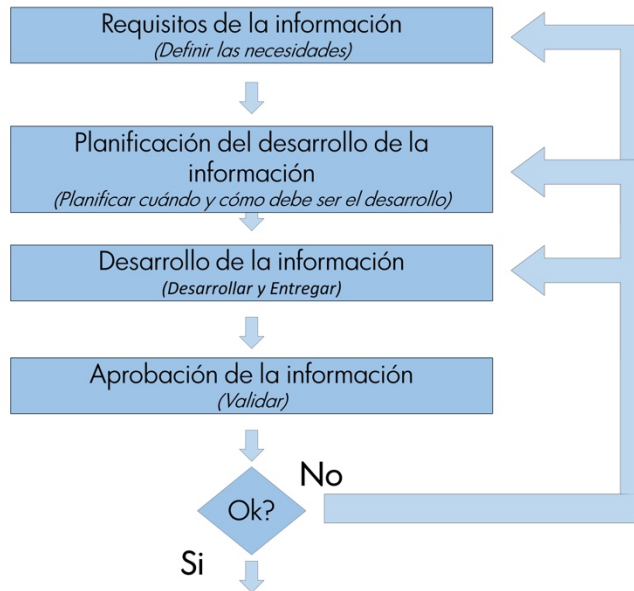


Figura 15. Esquema general del desarrollo de información según EN-ISO 19650-1. Fuente: buildingSMART Spain.

Estas normas “son de aplicación por parte de todos los agentes que intervienen en los diferentes procesos de gestión de la información a lo largo del ciclo de vida de un activo” (BuildingSmart, 2019). Los agentes que intervienen en este proceso pueden clasificarse como parte Contratante, parte Contratada Principal y partes Contratadas Secundarias. En el siguiente esquema se puede ver un ejemplo una posible solución entre los agentes que intervienen.

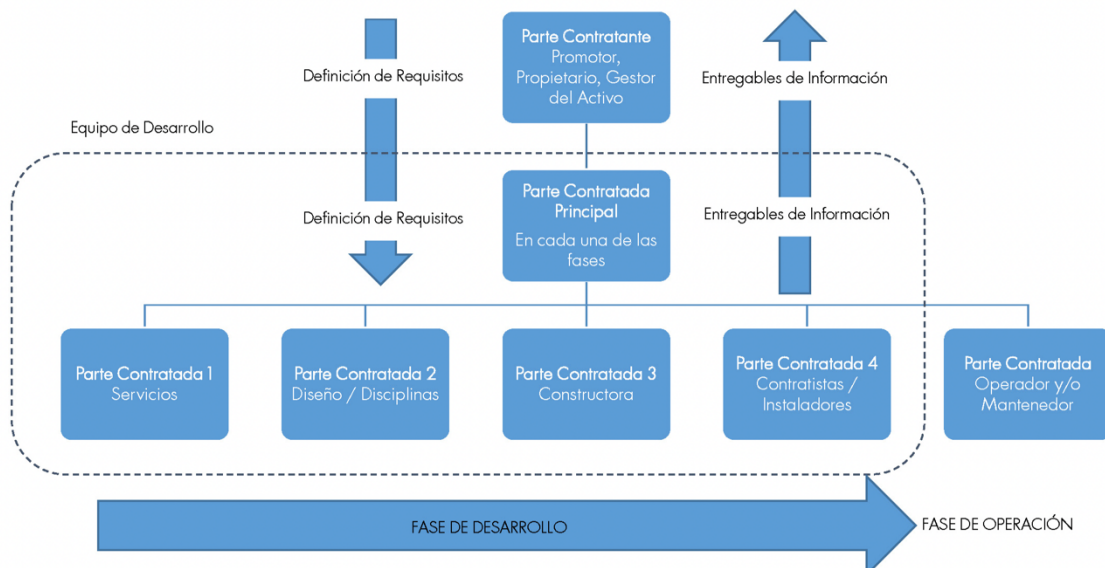


Figura 16. Agente que intervienen en la Fase de Desarrollo



Para poder gestionar la información de manera eficiente en la toda la fase de desarrollo se dispone de una serie de actividades y subactividades en unas tablas, en la cual podemos ver el flujo de trabajo y los procesos de verificación y aprobación a los que se ve sometido la fase de desarrollo, así como los resultados esperados. En la siguiente imagen (Fig. 17) se detalla dicho proceso.



Figura 17. Diagrama de subactividades en la fase de desarrollo. Fuente: XXX.

2.8 Requerimientos del Cliente

En la gestión de información, la parte Contratante debe definir claramente los requisitos de información. Estos requisitos son el conjunto de apartados en los cuales establecen, qué información y cuándo se debe producir, cómo producirla y el destinatario. Ayuda bastante que la parte contratante explique las razones de la elaboración de la información, para así facilitar a la parte contratada una mayor comprensión del trabajo a desempeñar.

Según la BuildingSmart (BuildingSmart, 2019) los requisitos de información se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **OIR:** Requisitos de Información de la Organización relativos a sus objetivos.
- **PIR:** Requisitos de Información del Proyecto relativos a su desarrollo.
- **AIR:** Requisitos de Información del Activo relativos a su operación.
- **EIR:** Requisitos de Intercambio de Información entre dos partes sujetas a una contratación.

Al mismo tiempo, en la documentación de los requisitos de información debe definirse *El Nivel de Información Necesaria (EN-ISO 19650-1, punto 11.2)*, el cual hace referencia a, tanto a la



información gráfica como la NO-gráfica, esto permitirá que los requisitos de información se desarrollen de manera clara y satisfactoria.

2.9 Niveles de información necesaria del BIM.

Es prácticamente indispensable establecer al principio del proyecto BIM, el grado de detalle o nivel de información necesaria que se va a desarrollar en el mismo, ya que de esta manera ahorraremos muchos problemas en futuro. Es por esto por lo que en el alcance de cada proyecto debe quedar definido el nivel de información que precisa el cliente. Para ello BIMForum redactó el documento *Level of Development Specification (LOD)*, basándose en el documento de *American Institute of Architects G202-2013 Building Information Modeling Protocol Form*. Se define el LOD como “Una herramienta de referencia destinada a mejorar la calidad de la comunicación entre los usuarios de Building Information Models (BIM) sobre las características de los elementos en los modelos” (BIM Forum, 2019). Gracias al LOD sabremos de qué nivel de datos, parámetros y geometría está dotado un modelo BIM, de forma directa, también existen datos *No visibles*, los cuales te exigirían interactuar con el modelo para ver el grado de desarrollo del proyecto.

Para esto se establece una jerarquía de niveles según el grado detalle de los mismos:

- LOD 100: es el nivel básico donde se representan los elementos del proyecto de manera conceptual, este nivel viene a equivaler a un 20% de la cantidad de información total posible. Podríamos utilizar dicho nivel para el desarrollo de un Anteproyecto.
- LOD 200: se considera un nivel en el que se definen gráficamente el elemento, especificando de forma aproximada de la ubicación, cantidades, tamaños, formas, es decir, comenzar a parametrizar el objeto. Este nivel viene a equivaler a un 40% de la cantidad de información total posible. Este nivel correspondería con un Proyecto Básico de Arquitectura o Ingeniería.
- LOD 300: en este nivel los elementos se definen especificando la forma exacta de la ubicación, cantidades, tamaños y formas determinadas. Este nivel corresponde a un 60% de la cantidad de información total posible y viene a equivaler a un nivel de desarrollo de un Proyecto de Ejecución.
- LOD 400: ya en este nivel los elementos se le añade información específica, tales como tipo de hormigón, fabricante, costes, sistema constructivo, uso, montaje etc. teniendo un detalle completo del elemento. Este nivel viene a equivaler a un 80% de la cantidad de información total posible. Este nivel supone el proceso de Ejecución de la Obra, en donde surgirán modificaciones y mejor definición del proyecto gracias. A los detalles constructivos.
- LOD 500: a este nivel se le conoce como proceso constructivo finalizado “AS BUILT”, dicho de otra manera, hace referencia a un nivel en el que el modelo es una la réplica de fiable a la edificación construida. Este nivel se entiende que contiene el 100% de la

información total posible, y sirve como campo de verificación de los elementos geométricos y no gráficos del modelo (García Fernández, n.d.) y (BIMnD, n.d.).

En la siguiente ilustración (Fig. 18) podemos ver un ejemplo de lo que suponen los LOD con un ejemplo de un muro, detallando el nivel de información de los elementos gráficos y no gráficos que debe contener un modelo tridimensional.

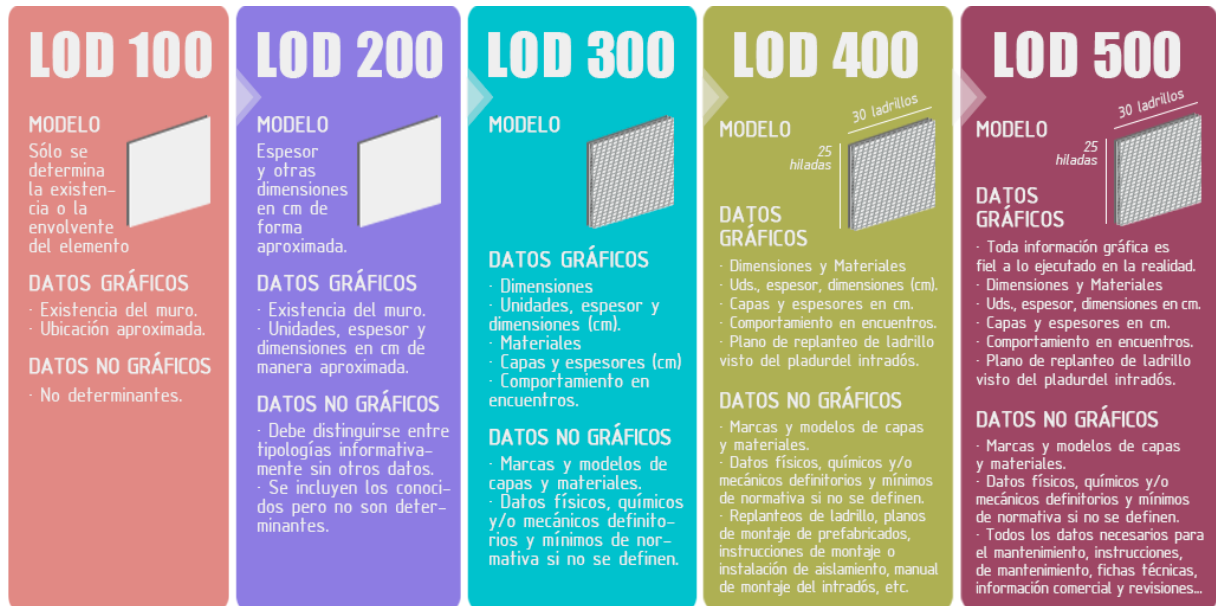


Figura 18. LOD. Fuente: Guía práctica para la implantación de entornos BIM en despacho de Arquitectura Técnica

2.10 Plan de ejecución BIM (PEB).

Una vez la parte contratante ha desarrollado dichos requerimientos de información, la parte contratada (estudio de arquitectura, estudio de ingeniería, contratista, etc.) debe responder a los requisitos de información en la licitación, con un Plan de Acción, comúnmente denominado BIM Execution Plan (BEP) o Plan de Ejecución BIM (PEB). Este plan es previo a la contratación, y en este se desarrollan aspectos tales como: quién, cuándo y cómo se va a desarrollar la información.

Por lo tanto, un PEB será *“Un documento en el que se reflejan las estrategias, procesos, recursos, técnicas, herramientas, sistemas, etc.; que serán aplicados para asegurar el cumplimiento de los requisitos BIM solicitados por el cliente (lo que en países anglosajones se denomina como EIR) para un proyecto determinado y una fase o fases concretas del ciclo de vida del mismo”* (Jiménez et al., 2018).

Según la norma EN-ISO 19650-2 un plan de ejecución BIM debe contener los siguientes aspectos:

- Los nombres y la reseña profesional de las personas que desempeñarán la función de gestión de la información.



- La estrategia de entrega de información.
- La estrategia de federación de los modelos de información.
- La matriz de responsabilidades, que describe la participación de varias funciones, en la ejecución de tareas o en la provisión de entregables.
- Los métodos y procedimientos de producción de información del proyecto.
- La norma de información del proyecto.
- La infraestructura tecnológica (aplicaciones SW y HW) a adoptar.

Este documento es el resultado a la respuesta de una licitación pública por parte de la parte contratada. Una vez aprobada la oferta, el PEB se convierte en vinculante a dicha oferta, por lo que modificaciones o cambios que surgieran deben ser consensuadas entre los agentes y acordadas con el promotor, sobre todo las que implique cambios en el alcance de los modelos y procesos BIM. Este documento se encarga de como el equipo técnico tiene que gestionar la información durante las distintas fases implicadas en la licitación.

El objetivo del Plan de Ejecución BIM según el documento (Jiménez et al., 2018) “ *es proveer de un marco de funcionamiento que permitirá a los distintos agentes del proyecto desarrollar los procesos BIM (Building Information Modeling) así como las mejores prácticas de una manera eficiente. Este plan determina los roles y responsabilidades de cada agente, el alcance de la información que tiene que ser compartida, los procesos de trabajo necesarios, así como el software y hardware necesario, entre otros, a la fase concreta del ciclo de vida para la cual se redacta el Plan de Ejecución BIM*”.

2.11 Modelo de información.

El modelo de información según la norma ISO-19650 es “el conjunto de contenedores de información estructurada o no-estructurada”. (UK BIM Alliance, 2019), que nos ayuda a la toma de decisiones. Esta información es recomendable que esté conformada según varios sistemas de clasificación para que sea más fácil su búsqueda y filtrado de información. Este modelo podrá componerse de grupos divididos según disciplinas, lo cuales permitan el trabajo colaborativo mediante la creación de modelos federados.

Los modelos de información son considerados como información a presentar al cliente “entregables de Información” y se clasifican según la norma EN-ISO 19650-1 según:

- PIM: Modelo de Información del Proyecto relacionado con la fase de desarrollo.
- AIM: Modelo de Información del Activo relacionado con la fase de operación.

Por lo tanto, durante todo el proceso de licitación existe una jerarquización de los procesos mediante la creación de unos requisitos de información por las partes que interviene en la licitación, así como unos documentos o modelos de información a entregar que deben cumplir con los requisitos de información establecidos en las fases iniciales. En el siguiente esquema se define este proceso (Fig. 19).

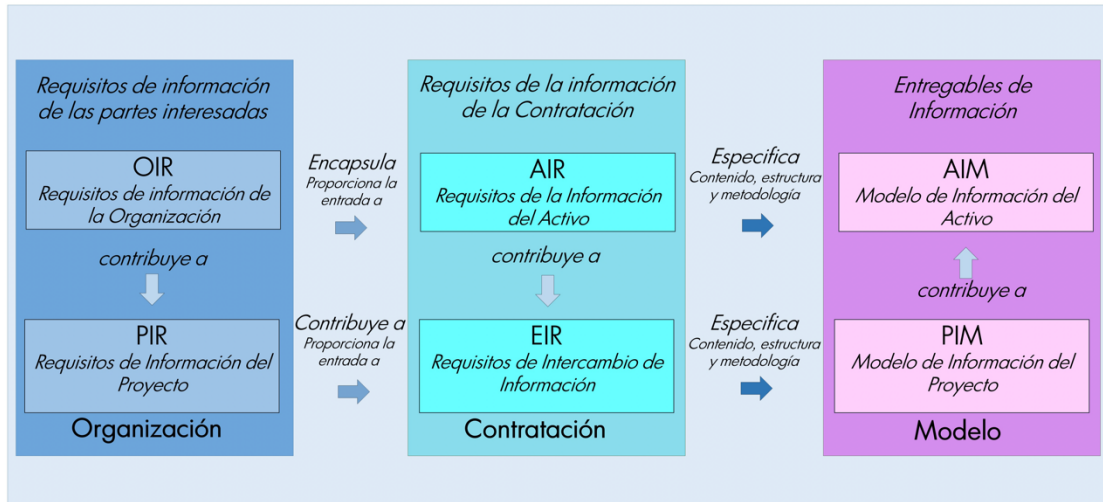


Figura 19. Jerarquía de los requisitos de información según EN-ISO 19650-1. Fuente: Building SMART Spain

2.12 Trabajo colaborativo. CDE

El trabajo colaborativo según la norma ISO-19650-1 establece que se debería utilizar una solución de un entorno común de datos, o Common Data Environment (**CDE**). Este entorno es un espacio virtual en donde se almacena toda la información del proyecto, y permitiéndonos así ver la trazabilidad del trabajo y el flujo del mismo.

Este espacio colaborativo se recomienda organizar mediante la subdivisión de tres estados, en los cuales se van introduciendo los Contenedores de Información “conjunto de información persistente y recuperable desde un archivo, sistema o aplicación de almacenamiento jerarquizado” (UK BIM Alliance, 2019) y un último estado para archivar todas las transacciones de los contenedores de información. La norma recomienda la revisión de información estableciendo un sistema de estados y la transición entre los mismos los cuales están sujetos a procesos de aprobación y autorización. En la siguiente figura se muestra como funcionaría el proceso jerárquico del trabajo colaborativo (Fig. 20).



Figura 20. Entorno Común de Datos (CDE). Fuente: Norma UNE-EN-19650-1:2019

2.13 Interoperabilidad. IFC y COBie.

Se habla de interoperabilidad a “La capacidad de diferentes programas para intercambiar datos a través de un conjunto común de formatos de intercambio, para leer y escribir los mismos formatos de archivo y para usar los mismos protocolos” (Esarte Eserverri, 2019). Ahora bien, cuando hablamos interoperabilidad BIM nos referimos a “La capacidad de intercambiar datos entre software BIM, permitiendo uniformar el flujo de trabajo y facilitando la automatización de los distintos procesos durante el ciclo de vida del proyecto” (Esarte Eserverri, 2019).

El Principal problema que surge en la interoperabilidad es intercambio de información entre distintas plataformas de modelado BIM, ya que el traspaso de información desde el software nativo a otro puede no ser satisfactorio. Para ello, dos grandes empresas de modelado BIM y de construcción firmaron un acuerdo para beneficiar la interoperabilidad entre softwares BIM. Los resultados más relevantes fueron los formatos IFC y COBie.

Industry Foundation Classes o IFC “Es un modelo de datos estándar y abierto, utilizado en la industria de la construcción. Define las características de los datos relacionados con el diseño, construcción, mantenimiento y operación de obras civiles” (Esarte Eserverri, 2019).

Construction Operations Building Information Exchange o COBie “Es un formato de intercambio de información para asegurar la colección de datos desde la fase de diseño y construcción hasta la transferencia de datos para la gestión del FM (Esarte Eserverri, 2019).

2.14 Facility Managemet

Para tener un mejor control, mantenimiento y gestión de los inmueble surge el termino Facility Management, el cual se define según la Asociación Española de Facility Management (IFMA), como *“Una disciplina que engloba diversas áreas para asegurar y gestionar el mejor funcionamiento de los inmuebles y sus servicios asociados, mediante la integración de personas, espacios, procesos y las tecnologías propias de los inmuebles”* (IFMA, n.d.).

Este término tiene asociado una norma ISO 41001, redactada por un Grupo Específico de Carácter Temporal GET19, la cual sirve como sistema de gestión de los inmuebles y los servicios asociados a este. Esta norma comienza explicando los objetivos de uso son tales como: *“integra múltiples disciplinas para influir en la eficiencia y productividad de las economías de las sociedades, las comunidades y las organizaciones, así como en la forma en que los individuos interactúan con el entorno construido. El FM afecta a la salud, el bienestar y la calidad de vida de gran parte de las sociedades y la población del mundo a través de los servicios que gestiona y presta”* (Technical Committee, 2018).

Al ser una norma de reciente creación y poco conocida, la norma los 41001 pretende mejorar la calidad de vida de las personas, así como la productividad de las actividades principales de las organizaciones; mejora de las comunicaciones entre organizaciones; mejora la eficacia y, por ende, una optimización del coste- beneficio; mejora el servicio brindado, por último, genera una plataforma común para las distintas de organizaciones.

El alcance de sistema de Facility Management se compone de los siguientes elementos: Contexto de la Organización, Liderazgo, Planificación, Apoyo, Operaciones, Evaluación del desempeño y Mejora (Figura 21). Para que esto funcione, la organización de FM necesita un trabajo conjunto con la organización demandante, de esta manera, podrán definir de manera clara las necesidades y, así a su vez redactar las estrategias para conseguir dichas necesidades. Además, dicho sistema nos sirve para desarrollar políticas y métodos que permitan actividades de negocio principales requeridas por la organización demandante.



Figura 21. El Facility Management como un sistema de gestión según la norma ISO 41001. Fuente CREA Soluciones inteligentes

La metodología de trabajo del Facility Management, se basa en ciclo de Deming conocido como “Planificar, Hacer, Verificar y Actuar” PHVA (Figura 22), basado en un ciclo de mejora continua.



Figura 22. Visión del FM como un proceso de mejora continua. Fuente CREA Soluciones Inteligentes

Por lo tanto, el Facility Management será una herramienta que permitirá no solo el mantenimiento y limpieza del entorno a estudiar, sino, que ayudará a definir nuevos activos (Sistema de instalaciones, estructuras, etc.), a reformar nuevos activos, y tener un inventariado detallado que compete del área de responsabilidades del Facility management, este inventariado viene clasificado y elegido en el PEB. Este sistema nos facilitará las mediciones y presupuestos, además de clasificar las soluciones informáticas para la gestión del inventario.

3. Caso de Estudio: Edificio de Talleres y Cocheras del Metro Ligero de Tenerife

3.1 Antecedentes

La creación de esta infraestructura, que ocupa un espacio de 21.116,00 m², se debe a la necesidad de instaurar un medio de transporte que combine la calidad y eficacia de un vehículo, a la vez combinado con el ahorro y el transporte de muchas personas al mismo lugar como ofrecen las guaguas. Por esto y por conseguir un entorno más libre de agentes contaminantes, producido por el uso del combustible debido a los medios de transportes comunes, se opta por posicionar a este medio de transporte como prioritario para las personas que habitan en las ciudades que conecta.

Por otro lado, es importante recordar que, en la primera mitad del siglo XX, concretamente el 7 de abril de 1901, con un trazado completamente rectilíneo, se inaugura el primer tranvía en la isla de Tenerife. Diseñado por el ingeniero y militar Julio Cervera Baviera, este tranvía abarca desde la plaza de España en la capital de Santa Cruz de Tenerife hasta el municipio de Tacoronte en sus principios.

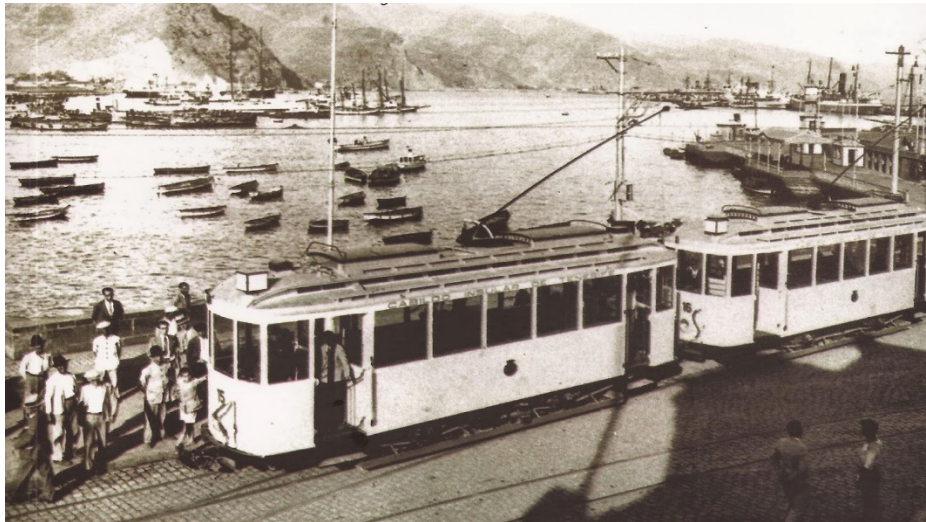


Figura 23. Fotografía del primer tranvía en Tenerife (1901). Fuente: Metrotenerife

El 2 de junio de 2007 se inaugura lo que actualmente se conoce como la central de Talleres y Cocheras del Metro de Tenerife, ubicado en la comunidad autónoma de Canarias. Esta obra nueva fue proyectada con la intención de establecer una mejor comunicación entre la capital de la isla Santa Cruz de Tenerife y la ciudad de San Cristóbal de la Laguna declarada patrimonio de la humanidad en el año 1999 por la Unesco. Dado que esta es ciudad, es sede de la Universidad de La Laguna se hace necesario facilitar, tanto el movimiento de estudiantes como de trabajadores de forma más eficiente, por lo que se apuesta por el transporte sostenible y se construye este edificio en el que se incluye el equipamiento industrial necesario para custodiar y repara vehículos (tranvías), así como las máquinas de lavado y pintura, tornos



y grúas de techo, al igual que alberga en su interior las diferentes oficinas pertenecientes a Metropolitano.

El principal objetivo de este proyecto es conseguir implementar correctamente la integración de la metodología BIM y el edificio correspondiente al taller de metros y cocheras perteneciente a la empresa Metropolitano de Tenerife S.A. Para ello este trabajo fin de máster se organizó mediante el trabajo colaborativo de dos estudiantes, implementando dos herramientas de software diferentes de modelado 3D y abordando dos disciplinas.

El desarrollo de los modelos BIM y su integración se realiza en base a los criterios definidos en el Máster Universitario de Gestión e Innovación Tecnológica en la Construcción, por la **normativa** vigente y las recomendaciones aportadas por los ingenieros del área técnica de la empresa Metropolitano.

Por lo tanto, partiendo de la documentación inicial aportada y que fue elaborada en el software de AutoCAD por los técnicos de la compañía, se pretende, mediante el modelado en las herramientas Revit y Archicad generar un modelo de información de la infraestructura.

3.2 Descripción de la Edificación y Situación de Partida

El presente caso de estudio desarrollado en este documento se trata de un edificio cuyo uso principal es el de albergar las unidades móviles de los tranvías y el correspondiente mantenimiento de las líneas del tranvía. Por otro lado, es también un edificio de oficinas, donde se controla toda la red tranviaria, desde el intercambiador de Santa Cruz hasta la Avenida Trinidad La Laguna.

Concretamente, este edificio se sitúa en la Carretera General la Cuesta, 124, 38108 San Cristóbal de La Laguna, Santa Cruz de Tenerife, Islas Canarias, España (Fig. 24).



Figura 24. Plano de Emplazamiento y Localización del Edificio de Talleres y Cocheras del Metro de Tenerife.



El edificio objeto de estudio se localiza en el barrio de Taco, que pertenece al término municipal de La Laguna. Construido en una parcela de 21.116 m², el suelo de este edificio se cataloga como industrial en la unidad de actuación TA-3 (Fig. 25).



Figura 25. Edificio de Talleres y Cocheras del Metro de Tenerife. Fuente: Google Earth

Este edificio consta de dos plantas y una entreplanta en el sector este de la edificación.

Para esclarecer la distribución de este se procede a descomponer este en:

- Planta Baja: Donde se localizan los talleres, almacenes y cocheras de mantenimiento y reparación de los tranvías al igual que las cabinas de lavado, de pintura y el estacionamiento de estos. También se localizan los aseos para visitantes.
- Entreplanta: Donde se localiza parte de las oficinas técnicas, instalaciones y aseos para personal de la empresa.
- Planta Primera: Donde se localiza el aparcamiento para los trabajadores del tranvía, la zona administrativa propia de la explotación de la actividad del tranvía, los talleres y oficinas de las instalaciones fijas de la línea del tranvía.

A continuación, se detalla una tabla con el desglose de superficies y usos para los que se ha destinado la parcela TA-3, en cuanto a la inserción de los talleres y cocheras de taco, para la línea 1 de Metro Ligero en Tenerife (Fig. 26).



IDENTIFICACION	ESCALA PLANOS	SUP. TOTAL, UNIDAD	SUP. EDIFICA B.	TOTAL EDIFICA B.	EDIF. CONSUMIDA	EDIF. MEDIA	ESP. LIBRES	%	VIARIO	%	TOTAL CESIONES	%	TIPOLOGIA
						Total ED/S. Unidad							
TA-3 TALLERES Y COCHERAS DE TACO	TAQUIMETRICO 1/500	30.464	20.573	21.116	21.116	0,69	4.914	16,1 %	4.977	16 %	9.891	32 %	EIA

Figura 26. Superficies y usos para la parcela TA-3. Fuente: Metropolitano S.A.

3.3 Tipología Constructiva

El uso único en Canarias que posee este edificio, lo hace ser característico y por lo tanto la clasificación que tiene se realiza en tres diferentes niveles estructurales que son:

Edificio de Cocheras: Este espacio cuenta con una altura libre de 6,5 m, con espacios libres para la iluminación natural en dos de sus frentes y un túnel de inspección y de lavado para el control diario de los tranvías.

Edificios de Talleres y Aparcamiento: Este espacio cuenta con dos niveles principales y la entreplanta donde se sitúan las oficinas, talleres y almacenes asociados, al igual que los aparcamientos.

Edificio de Oficinas: Este espacio cuenta con un nivel donde cuya actividad recae únicamente en el control, la dirección y los vestuarios de los trabajadores.

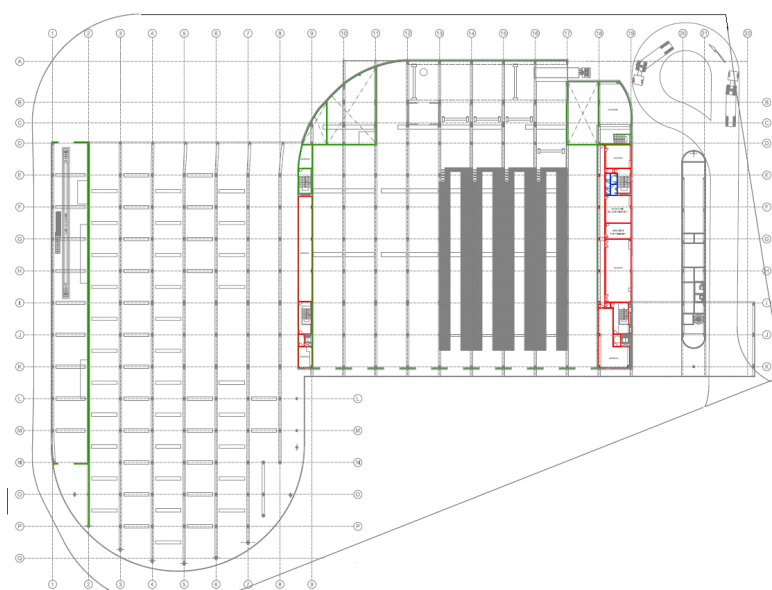


Figura 27. Plano Planta Baja Talleres y Cocheras. Fuente: Metrotenerife (MTSA)



El edificio cuenta con un sistema estructural, que comienza mediante la construcción de una cimentación directa con zapatas aisladas bajo pilares con vigas riostras centradas. Por otro lado, según un estudio geotécnico realizado, en el sustrato de la parcela se encuentran rocas basálticas y escorias por lo que para este segundo caso se procederá a reforzar la zapata mediante hormigón ciclópeo estando el resto de la cimentación ejecutada sobre basalto.

Por otro lado, cuenta en su planta baja con una losa apoyada en pilares y sus forjados tienen un canto de 0,25 m exceptuando varios tramos donde su espesor varía entre 0,35 m y 0,45 m.

En cuanto a la tipología de pilares utilizados, se ejecutan pilares de sección y dimensiones variables:

- **Sección rectangular.**
- **Sección circular.**
- **Sección cuadrada.**
- **Sección ovalada.**

Las vigas ejecutadas son de dimensiones, secciones y alturas variables dada la envergadura y la complejidad del proyecto ha sido necesario realizar diferentes alineaciones estructurales basados en estructuras mixtas.

Sobre la ejecución de cubiertas se han realizado cubierta plana ajardinada no transitable y cubierta plana invertida con acabado horizontal en el edificio de oficinas. Estas se componen principalmente por morteros de pendiente, imprimación, tela asfáltica y picón.

En cuanto a la realización de las diferentes fachadas se ha optado por bloques de hormigón de 20 cm de espesor revestido al interior y recubierto con chapa lacada en el exterior. Aunque también se han utilizado paneles prefabricados de hormigón armado al exterior, aislante térmico y bloque de hormigón revestido al interior.

Concerniente a las particiones interiores se ha utilizado bloques de hormigón de 20 cm y en los baños y vestuarios tabiques de bloques de hormigón de 9 cm.

3.4 Requerimientos BIM

Se procede a establecer los requerimientos y las bases que servirán como requisitos esenciales a cumplir. Por lo que la empresa Metropolitano establece unas metas, objetivos, responsabilidades, plan de entrega y procedimientos que debe cumplir el modelador del proyecto mediante metodología BIM.



3.4.1 Formatos Software a emplear.

Tipos	Software
CAD	Autocad 2018 o inferior
Modelos verticales, arquitectura y MEP	Revit 2020, ArchiCAD. 23
Modelos estructuras	Revit 2020, ArchiCAD 23
Modelos coordinación	BIM Vision

Figura 28. Tabla de Software empleados.

La exportación de archivos entre formatos se hará mediante un archivo – fichero IFC que permitirá su apertura en diferentes plataformas, siendo perfectamente compatible con las distintas aplicaciones informáticas utilizados en el proyecto.

3.4.2 Idioma a utilizar

La documentación generada en este proyecto estará realizada en castellano íntegramente exceptuando el abstract que se hará en lengua extranjera inglesa, como lengua universal para su comprensión en Europa y resto del mundo de habla no hispana.

3.4.3 Hitos del proyecto

En este epígrafe se establecen mediante la siguiente tabla las fechas estimadas de los hitos característicos del proyecto.

Hito	Fecha	Nombre
1	Febrero 2020	Reunión y objetivos comunes. Entrega de borrador BEP para su presentación, debate y comentarios
2	Marzo 2020	Videoconferencias para seguimiento
3	Abril 2020	Entrega de 1ª Parte del proyecto para revisión
4	Julio 2020	Revisión del proyecto por el equipo de supervisión de proyectos de MTSA y Tutores
5	Julio 2020	Entrega definitiva del proyecto

Figura 29. Tabla de fechas estimadas del Proyecto. Elaboración Propia

3.4.4 Objetivos de la Institución

El objetivo principal es definido por la institución que encarga el proyecto de manera que se toma esa decisión después de haber consultado a los integrantes de este y dado el interés que tiene la empresa en desarrollar un modelo 3D con unas características especiales.

No obstante, la empresa colaboradora pone como objetivo principal a cumplir por parte de los modeladores el alcance de un proyecto con un nivel de desarrollo de LOD 200, lo que implica realizar un único modelo tridimensional con unos parámetros básicos e información complementaria básica todo esto basado en la interoperabilidad entre sistemas informáticos y disciplinas pactadas del proyecto.



Cabe destacar que el nivel de detalle alcanzado en el proyecto es de un LOD 250, debido a que se le ha incluido al proyecto una mayor definición gráfica en cuanto a las texturas y acabados conseguidos en el modelo final.

3.4.5 Objetivos BIM

Tipo	Descripción
A	Modelo arquitectónico 3D del edificio. Los modelos deben estar georreferenciados.
B	Modelos 3D estructuras que permitan la obtención de información gráfica y escrita para la correcta definición de todos los elementos estructurales, de modo suficiente para su licitación y construcción.

Figura 30. Tabla de objetivo BIM. Elaboración Propia.

3.4.6 Usos BIM

- Como objetivos para la determinación de los usos de la metodología BIM se definen los siguientes:
- Obtención de documentación gráfica del proyecto (planos).
- Modelo 3D en diferentes niveles de desarrollo. Los modelos de exportaran en formato IFC para su integración y análisis por parte de los diferentes agentes intervinientes.
- Integración y coordinación 3D de las diferentes disciplinas
- Herramienta colaborativa para compartir información (Google Drive).
- Visualización (modelo en BIMVision y software ArchiCAD o Revit).

3.4.7 Nivel de Detalle de modelos por fase del proyecto

El nivel de desarrollo del proyecto se ha determinado a través de una reunión inicial concertada con los encargados del departamento técnico de MTSA Pablo Oromí y Raúl Parra. Donde se ha determinado que el Level of Development (LOD) que se desarrollará en el proyecto es un LOD 300 que se define según PAS1192-2 como:

- El elemento del modelo se representa gráficamente en el modelo como un sistema, objeto o ensamblaje específicos, en términos de cantidad, tamaño, forma, ubicación y orientación. La información no gráfica también puede estar unido al elemento de modelo.

3.4.8 Niveles

La definición de niveles en el modelo será de trazado horizontal y por tanto su referencia básica será la distancia a origen más que su altimetría. Por lo que el punto de origen definirá su cota de referencia.



3.4.9 Nomenclatura de Archivos

Se adoptará el sistema de codificación que se especifica en el presente apartado. La codificación de los modelos BIM que genere el consultor, se realizará de acuerdo al siguiente esquema constituido por nueve (9) campos, ocho de ellos de longitud fija y obligatoria, y uno de longitud variable y opcional:

Nomenclatura base según la norma 19650

PPPP-ZZ-NNN-CC-TT-999-R99-9_descripción

Nomenclatura para utilizar en los archivos del proyecto

TCHO-TC-PRO-M3-AE-0001

TCHO – Tranvía Cocheras

TC - TACO

PRO - Proyecto

M3 – Modelo Vertical

AE- Arquitectura y Estructura

0001 – Estado del documento pendiente de aprobación

Descripción – No obligatoria

Consultado el documento “Estándares para nombrar archivos y capas proyectos BIM” realizado por los tutores del presente Trabajo Fin de Master Norena Martín y Jorge de la Torre, basado en la norma ISO 19650 de gestión de la información tanto la organización como la digitalización de la misma, se concluye que la aplicación de esta norma para la fase de nomenclatura y organización de los archivos obtenidos es esencial para la obtención de un fichero digitalizado ordenado.

3.5 Documentación Inicial

La, documentación oficial inicial que ha sido facilitada, tanto en formato PDF como en formato AutoCad y Microsoft Word, por la empresa Metropolitano de Tenerife S.A, colaboradora en el presente proyecto es la siguiente:

1. Memoria del proyecto.



2. Planos arquitectónicos y estructurales donde se desarrolla desde la cimentación hasta la planta de cubiertas de la edificación. En esta información se detallan alzados, secciones, esquemas y detalles específicos.

3.6 Objetivos

Mediante la realización de una reunión a través de la vía telemática con los técnicos de la empresa Metropolitano de Tenerife S.A. y nuestros tutores del Trabajo Fin de Máster, definimos los objetivos finales a cumplir.

La empresa colaboradora posee los planos del edificio en AutoCAD, software que te aporta información gráfica en 2D, por lo que el objetivo será la implantación de la metodología BIM en el proyecto para la obtención de un modelo en 3D a la vez que paramétrico. El objetivo de la empresa es tener un modelo tridimensional del proyecto donde poder, en un futuro, realizar cambios de la manera más visual posible y de forma automática. Por otro lado, nuestro objetivo es implementar esta metodología de trabajo basándonos en la combinación de dos aplicaciones informáticas diferentes para la realización de este gran proyecto, como son Autodesk Revit y ArchiCad. Para ellos hemos practicado uno de los pilares fundamentales del BIM, la colaboración entre técnicos, la cual nos lleva al resultado final obtenido.

A través de esta colaboración, se integra en un único modelo el sistema arquitectónico y el sistema estructural donde a través de un archivo IFC generado, se puede comprobar la viabilidad del proyecto.

La ventaja de implementar la metodología BIM, ante el uso tradicional de las herramientas 2D en este peculiar proyecto es, principalmente detectar deficiencias de planimetría en los documentos de CAD, a la vez que visualizar el modelo de forma tridimensional y detallada. Todo esto repercute positivamente en un ahorro en costes, resolución de problemas en tiempo real, generación de planos y secciones de manera muy sencilla de forma visual.

Por lo tanto, como requerimiento último de la empresa, será que el modelo realizado aporte una visión extra al trabajo realizado por los proyectistas C. Ortega y J. Díaz.

4. Diseño e Implementación

Tras haber estudiado detenidamente los datos que anteriormente se han expuesto sobre el edificio de Talleres y Cocheras del Metro Ligero de Tenerife se procede a aplicar dichos conocimientos al flujo de trabajo escogido y proceder al desarrollo del proyecto mediante la metodología BIM y el levantamiento 3D de la parte arquitectónica y estructural del proyecto.

No obstante, se procede a realizar una división por fases que se han llevado a cabo para el modelado del presente proyecto, estas están completamente basadas en la aplicación de la metodología BIM a un proyecto de construcción según lo que se muestra en la Fig. 31.

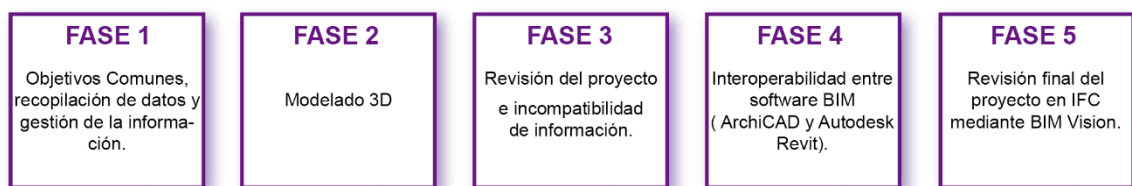


Figura 31. División por Fases. Fuente: Elaboración Propia

4.1 Fase Objetivos comunes, recopilaciones de datos y gestión de la Información.

4.1.1 Definición de objetivos comunes

Para definir esta primera fase, se propone concertar una reunión con la empresa colaboradora del proyecto, Metropolitano de Tenerife S.A., donde se procede a presentar, por parte de la oficina técnica el edificio objeto y los documentos de interés que atañan al mismo.

Esta documentación aportada ha sido desarrollada en el software AutoCAD, cuya planimetría es totalmente en 3D sobre el edificio de Talleres y Cocheras del Metro ligero de Tenerife. Por otro lado, se hace una puesta en común de ideas, sobre las disciplinas que se van a modelar en metodología BIM.

Por último, se llega al consenso de que los softwares utilizados van a ser Autodesk Revit y ArchiCAD y las disciplinas involucradas en este proyecto de edificación serán la parte estructural, incluyendo la cimentación y la parte arquitectónica incluyendo todos los elementos que componen la envolvente.

4.1.2 Configuración de Modelos y Submodelos del proyecto

Para poder gestionar correctamente la estructura del modelo de este proyecto se debe adecuar el modelo ejecutado según las diferentes disciplinas a la que este corresponda, de manera que el resultado obtenido sea lo más preciso y exacto posible.



Correspondiente a las disciplinas desarrolladas en este proyecto podemos dividirlos en: Modelo de Estructura y Modelo Arquitectónico.

No obstante, se ha decidido implementar un sistema de división de modelos por disciplinas y subdisciplinas aconsejado en el libro “*Guía para implementar y gestionar proyectos BIM*” del autor David Barco Moreno (2018), donde expone que la aplicación de submodelos permite un mejor control y gestión del modelo ya que permite minimizar el tamaño de los archivos obtenidos en el modelo genérico.

Sistema de División de Modelos		
Modelo	SubModelo	SubModelo
<i>Nivel 1</i>	<i>Nivel 2</i>	<i>Nivel 3</i>
Edificación	Arquitectónico	Envolvente
		Equipamiento
		Carpintería
		Acabados Exteriores
	Estructural	Hormigón
		Acero

Figura 32. Sistema de división de modelos. Fuentes: Guía de David Barco. Fuente: Elaboración propia.

4.1.3 Creación de Objetos BIM específicos del modelo.

Dada la tipología edificatoria del presente proyecto y la complejidad estructural y arquitectónica que posee, es necesario realizar elementos específicos para cada sistema. Por lo tanto, se procede a la creación de elementos de familias específicas desde cero y a partir de elementos existentes únicamente modificando sus características visuales y sus parámetros.

A continuación, se nombran las tipologías de familias que se han tenido que crear desde cero y mediante el cambio de parámetros:

	Objetos BIM	
	Nueva Creación	Creación Existente
Subsistema Estructural	Pilares: <ul style="list-style-type: none"> • Ovalados • Semi-ovalados Pilares metálicos <ul style="list-style-type: none"> • Cuadrados biselados 	Pilares: <ul style="list-style-type: none"> • Rectangulares • Cuadrados • Circulares
	Cimentación	Vigas
	Plataforma Metálica	
	Vigas en “T” Invertida	
	Vigas de colmatación	
Subsistema Arquitectónico	-	Muros
	-	Cubierta

Figura 33. Tabla de tipologías de Objetos BIM creadas. Fuente: Elaboración Propia

4.1.4 Fases de Trabajo

La aplicación de fases de trabajo para el proyecto en cuestión se ha servido para controlar la información que se obtiene de las diferentes vistas creadas, por lo que ha permitido crear documentación necesaria y específica del proyecto (David Barco, 2018).

Para la división por fases se ha utilizado el software Revit y ArchiCad, aunque se trate de un edificio ya ejecutado, para la ejecución del modelo en 3D se ha optado por trabajar en la fase de nueva construcción y así obtener un mejor desarrollo de este, puesto que al no tratarse de un proyecto de reforma o rehabilitación se ha considerado inviable trabajar en la fase “existente”.

4.1.5 Documentación Infográfica

Habiéndose desarrollado el modelo en plataformas tridimensionales, el resultado es la obtención de información gráfica a la vez que paramétrica, mediante la consulta de los diferentes planos y vistas que produce tanto Autodesk Revit como ArchiCAD. Ambas



aplicaciones informáticas ofrecen, mediante la aplicación de un archivo IFC, un único modelo que permite la extracción de la información deseada que requiera la empresa colaboradora y gestora del proyecto.

Por lo tanto, se realizarán los planos necesarios para una visión generalizada y específica del edificio, así como aquellos detalles característicos y descripción de los elementos específicos y conflictos.

4.1.6 Coordinación del Modelo

Durante el proceso de modelado del proyecto en 2D a 3D la información de la planimetría recabada inicialmente es de vital importancia, dado que será la base de la volumetría tridimensional, ya que será utilizada de plantilla para darle vida a la edificación.

No obstante, establecer desde el comienzo una correcta coordinación entre los agentes intervinientes en el proceso de modelado, será indispensable para un buen desarrollo del proyecto y una correcta gestión de este.

Por tanto, una buena gestión y coordinación del proyecto hará que:

- Los errores en planos y memoria sean mínimos o nulos.
- Aumente la calidad y la organización del trabajo.
- Se consigan documentos de interés.
- Los parámetros de los elementos sean exactos y veraces.
- Los modelos y submodelos vinculados puedan ser actualizados de manera universal, evitando errores de modelado.

4.1.7 Flujo de Trabajo

Para definir la forma en la que se va a realizar el modelo, se procede a realizar un organigrama donde se representan el esquema de tareas a desarrollar y las pautas a seguir para llevarlas a cabo correctamente. Esto evitará incongruencias en el proyecto a la vez que se conseguirá proyectar un modelo perfectamente organizado.



Fases	Tareas	
Estrategia General	Características de Proyecto	Ubicación de elementos
		Niveles de desarrollo
		Referencias
	Creación de Familias	Identificar / buscar familias
		Generar familias
		Insertar Familiar
		Editar y modificar familias
Disciplinas	Arquitectura	Modelado envolvente
		Montaje (planos y vistas)
	Estructura	Modelado estructura
		Montaje (planos y vista)

Figura 34. Organigrama de trabajo. Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, para la realización de las tareas que se nombran en la tabla anterior se procede a establecer ciertas normas de organización del trabajo, que servirán de apoyo a la colaboración entre agentes intervinientes en el proceso de modelado, provocando que el proyecto siga unas bases sólidas durante todo su proceso de implementación.

4.1.8 Comunicación:

- Cualquier cambio originado en el núcleo del proyecto en cualquier subsistema principal que provoque cambios en los demás subsistemas deberá ser notificado antes de ser realizado.
- Cualquier error que se halle en el modelo será analizado y notificado a la empresa en cuestión para subsanarlo. Esto se hará mediante un documento de petición de información.
- Concertar reuniones periódicas para ver el avance y necesidades del proyecto.

4.1.9 Organización de archivos:

- Organización sencilla en un mismo entorno a modo de CDE en donde se comparte los modelos y la información y siempre se dispone de la última versión de cada una. de las dos disciplinas carpeta de proyecto en drive.



- Los archivos generados del modelo 3D deben estar en la nube para la consulta de los agentes implicados en el proceso de modelado para su revisión y contraste.
- Se realizarán las copias necesarias para asegurar la protección del modelo.

4.1.10 Normativa en el trabajo:

- Se procederá a trabajar el modelo mediante rejillas importadas por el archivo de AutoCad.
- Se deberá trabajar en la última modificación del archivo de modelo.
- A última instancia se combinará los archivos de estructura y arquitectura en un único modelo.

4.1.11 Nomenclatura:

- El nombre del modelo se realizará basándonos en la guía “Protocolo BIM Renfe” aportada por el departamento de Metropolitano y atenderá a:

Código de proyecto _ disciplina _ nombre del proyecto _ versión de la aplicación

- Para los Submodelos:

Código de proyecto_ Lugar _ Submodelo _ Versión. Rtv

Los nombres para las diferentes vistas irán definidos mediante las abreviaciones:

Arq: Arquitectura

Est: Estructura

4.2 Fase 2: Modelado 3D

Se procede a realizar una descripción infografía sobre los diferentes submodelos definidos en este proyecto. A su vez se distinguen los elementos más característicos de cada fase definiendo su proceso de desarrollo y clasificación.

4.2.1 Submodelo estructural

Como es característico e indispensable toda edificación debe contar con un esqueleto que actúe de base y soporte para los demás elementos que la componen. No obstante, para la ejecución de la estructura se ha comenzado por elaborar la planta de cimentación mediante los planos facilitados en AutoCAD. A través de rejillas hemos definido las diferentes tipologías de zapatas (aisladas, combinadas y bajo pilares). Posteriormente se ejecutan los pilares que parten desde la cimentación hasta la planta de cubierta, así como las vigas que apoyan en estos y posteriormente los forjados que apoyan en las vigas.

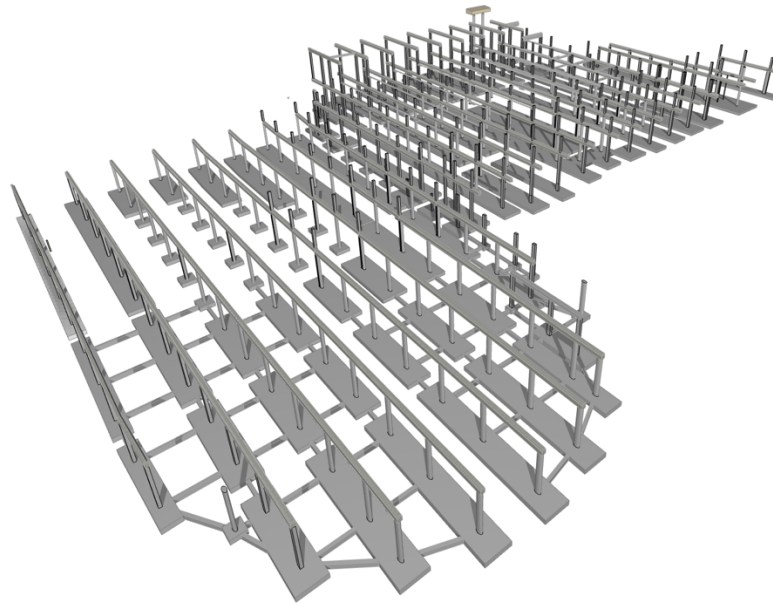


Figura 35. Volumetría final de la estructura. Fuente: Elaboración propia.

A modo de descripción detallada se procede a definir los elementos de los que está compuesto este modelo:

Cimentación

La planta de cimentación del edificio se ha resuelto mediante una cimentación directa con zapatas tanto asiladas, combinadas y bajo pilares arriostradas con vigas centradoras. El suelo donde se apoya esta principalmente compuesto de basalto y en aquellas partes donde el firme es más débil se ha reforzado con hormigón. Cabe destacar que debido a la complejidad del edificio las zapatas se han ejecutado con un canto variable y dimensiones considerables.

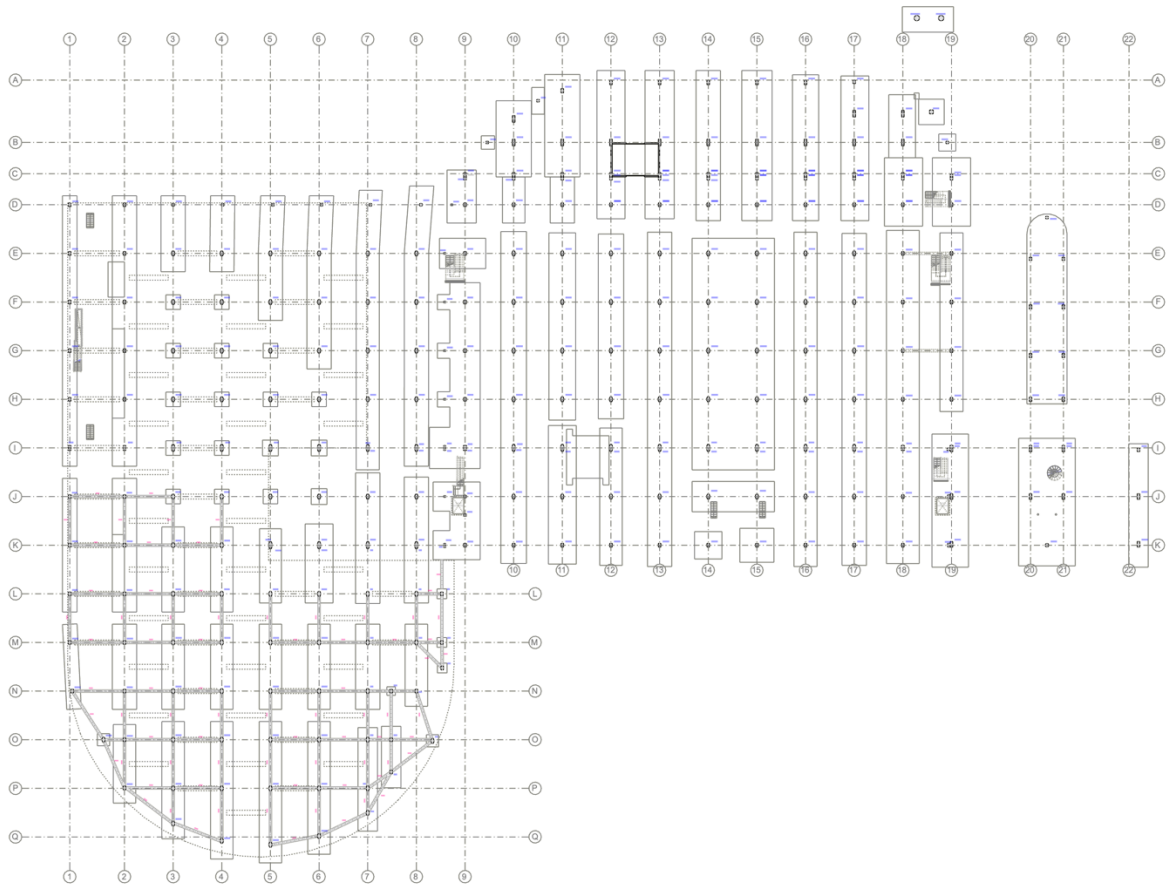


Figura 36. Planta de Cimentación. Elaborada con ArchiCAD 23. Fuente: Elaboración propia.

Pilares

El conjunto de pilares que se han elaborado en este proyecto es de dimensiones y formas muy variables, pero de gran magnitud a razón de las luces que cubren. Estos pilares se clasifican en forma como redondos, rectangulares, cuadrados, ovalados y Semiovalos. Véase en la imagen adjunta.

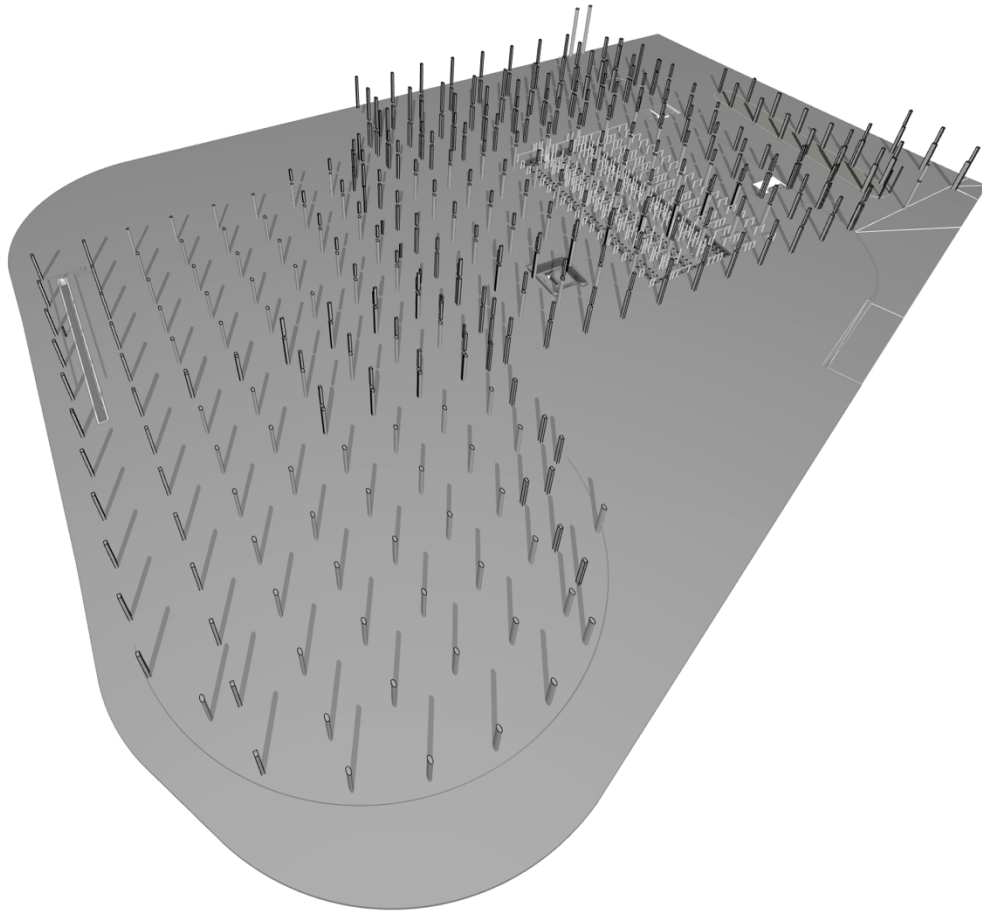


Figura 37. Volumetría final del conjunto de Pilares. Fuente: Elaboración propia.

Vigas

En cuanto a la ejecución del sistema de vigas utilizadas en proyecto estas son muy variables ya que cuentan con diferentes alturas y secciones transversales. Las vigas más características que se han definido en proyecto son las de viga tipo “T” invertida y viga en L.

También se han ejecutado vigas prefabricadas específicas para la rampa de acceso, estas son vigas de sección en doble “T” con un canto de 120 cm.

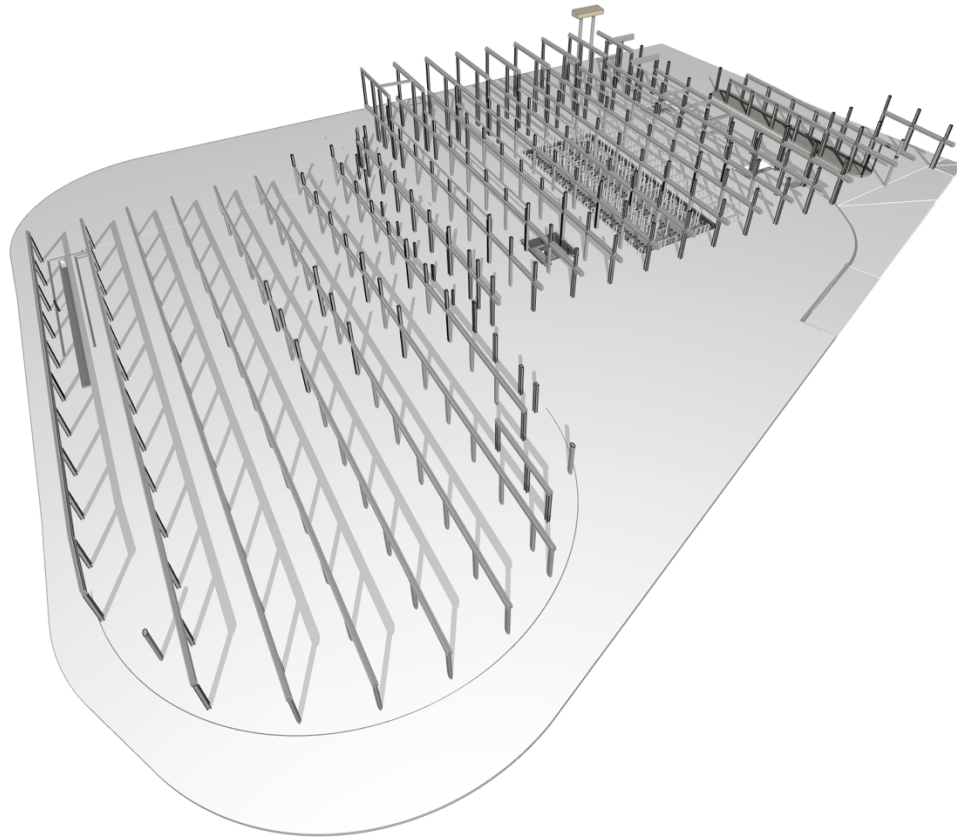


Figura 38. Volumetría final del conjunto de Vigas. Fuente: Elaboración propia.

Losa y Forjados

La superficie total del edificio se ha resuelto con un esquema de losa apoyada puntualmente en pilares dividido mediante cuatro juntas dada la envergadura de la edificación.

En cuanto a los forjados, estos tienen un espesor, en general, de 0,25 cm, aunque varían entre 0,35 hasta 0,45 cm dependiendo la zona donde se localicen.

En general la retícula de 8,00 x 8,00 de los forjados, se ha mantenido en todo el edificio siendo interrumpida en aquellos casos donde las luces son variables y por lo tanto se imposibilita la continuidad de estos.

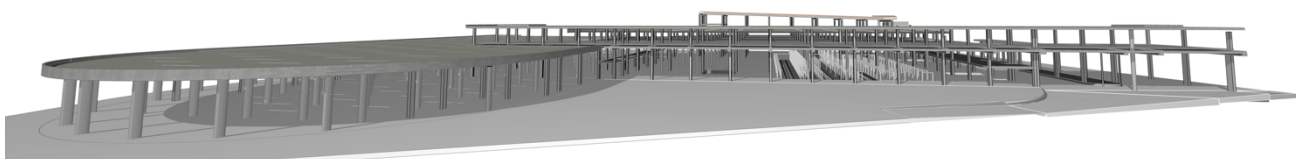


Figura 39. Perspectiva fugada del conjunto de Losas y Forjados. Fuente: Elaboración propia.



Escalera

De este elemento de carácter vertical existe un único modelo ejecutado con hormigón armado de espesor de 15 cm, pero cuyos módulos se encuentran localizado en todo el edificio dado que conecta: la planta 1 - entreplanta, planta 1 - planta 2 y entreplanta - planta 2. Este elemento se ha considerado estructural ya que la losa de la escalera se ha definido mediante la ejecución de los forjados y debido a su apoyo en pilares estructurales.

Por otro lado, existen también escaleras de hormigón y metálicas tanto para el acceso a los fosos como para el acceso a las plataformas, estas son de pequeño ámbito que se han definido en el modelo de manera precisa.

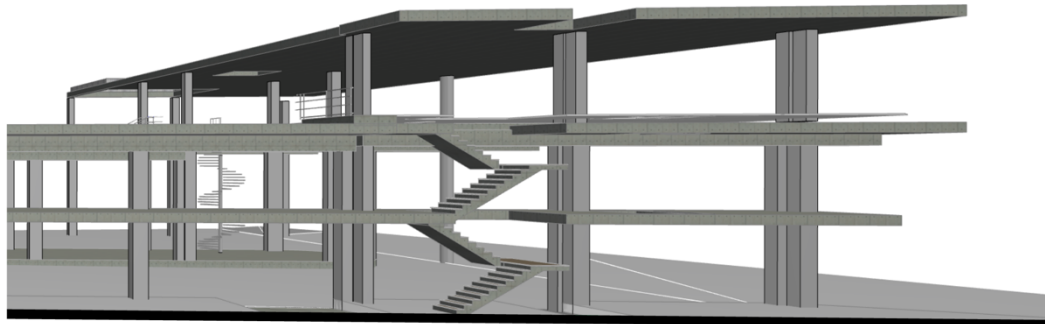


Figura 40. Detalle de la escalera. Fuente: Elaboración propia.

Rampa

La rampa se conforma mediante cuatro vigas de doble T, las cuales en el primer tramo se apoyan en una viga plana, que la sustenta dos pilares de sección circular de 90 cm de espesor. Los otros tramos donde se apoya la rampa forman parte del edificio, estos se desarrollan mediante vigas en T invertida donde se presentan las vigas prefabricadas. La rampa da servicio al acceso desde la calle Sta. Amelia donde existe una diferencia de cota notable respecto al acceso principal del edificio. La función de dicha es dar acceso a la primera planta donde se encuentra la parte administrativa, zona de oficinas; la zona de talleres y almacén de grandes piezas y la zona de garaje del edificio.

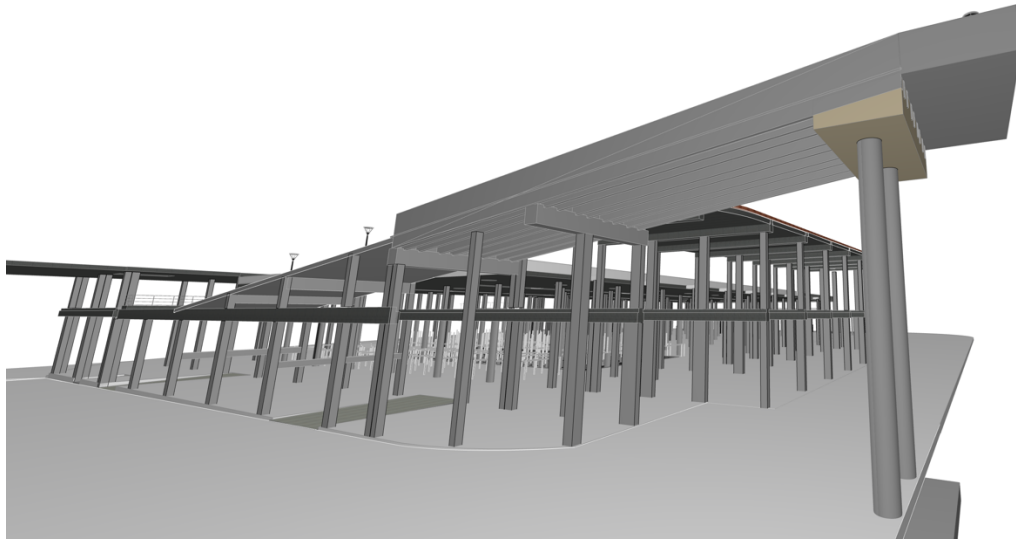


Figura 41. Perspectiva Fugada de la Rampa. Fuente: Elaboración propia.

4.2.2 Submodelo arquitectónico

Durante el proceso de Modelado BIM, se ha optado por el trabajo conjunto de manera federada, en el cual, tanto los archivos de la estructura como la arquitectura, se elaboran de manera conjunta. Para esto será necesario crear un modelo de referencia previo de para la futura incorporación de ambos archivos. Una vez creado estos estándares se procede a la creado del modelo arquitectónico.



Figura 42. Modelado en BIM de la arquitectura. Fuente: Elaboración propia

Este conjunto está formado por los siguientes elementos:

Cubiertas.

Para la definición de las cubiertas nos apoyamos en la memoria del proyecto de construcción de los talleres y coches en taco de la Línea 1 del metro ligero en Tenerife, adjunto en el Anexo II de TFM, esta documentación fue aportado por metropolitano, en la cual refleja que existen principalmente dos tipos de cubiertas:

1. **Cubierta plana ajardinada no transitable** o “**cubierta ecológica**” en las grandes superficies de cocheras y talleres. Compuesta por: estructura soporte, mortero de pendientes, imprimación, tela asfáltica adherida, geotextil y picón o sustrato vegetal según las zonas.

Para asegurar la iluminación natural y un cierto grado de ventilación, las cocheras y el aparcamiento disponen de unos lucernarios de planta circular situados en los vanos de las losas de forjado cuya apertura superior está protegida de la lluvia. Además, para incorporar más luz a la planta baja se dispone de lucernario en la planta de aparcamiento resuelto con un tabique separador de vidrio impreso (U-Glass).

2. **Cubierta plana invertida** con acabado horizontal en el edificio de oficinas. Compuesta por: estructura soporte, mortero de pendientes, imprimación, tela asfáltica adherida, aislante térmico, geotextil antipunzonamiento, mortero de protección y cobertura de piezas modulares prefabricadas de hormigón de las mismas características que la fachada. Además, en dicha cubierta en la zona de oficinas se disponen de tres lucernarios.

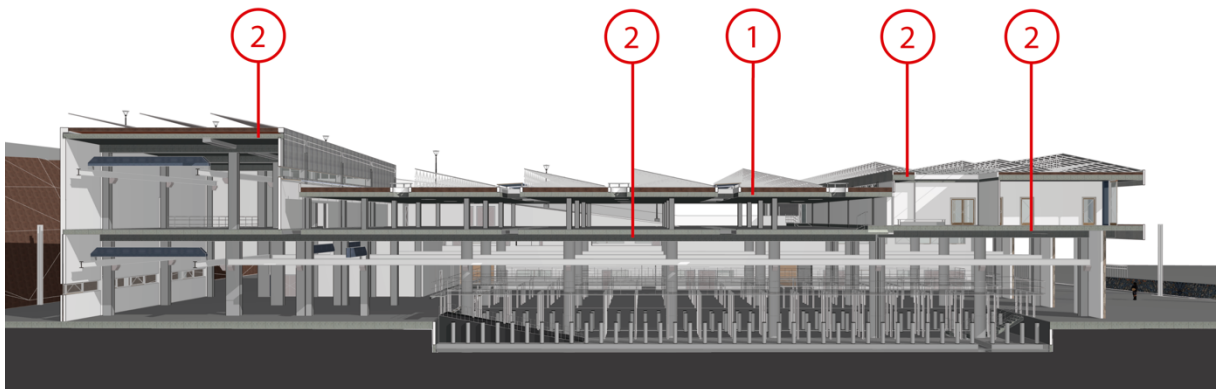


Figura 43. Sección Fugada. Tipos de Cubiertas del edificio. 1- Cubierta ecológica; 2 Cubierta plana invertida.
Fuente: Elaboración Propia.

Fachadas

Al igual que las cubiertas, las soluciones de fachadas quedan ligadas a dos posibles zonas:

1. Fachadas de pabellones de talleres y cocheras resuelta mediante bloque de hormigón de 20 cm revestido al interior y recubierto con chapa minionda lacada al exterior. La fachada estará aislada con poliuretano proyectado sobre la cara exterior del bloque si protege zonas climatizadas como las oficinas vinculadas a los talleres. Tanto los zócalos del edificio como los petos descolgados de las cubiertas se recubren con mampostería concertada de piedra basáltica de la zona.

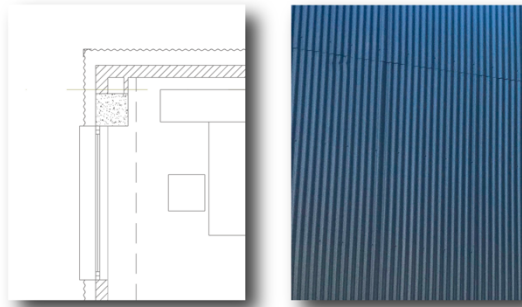


Figura 44. Planta y detalle del material de Fachada. Chapa Minionda. Fuente: Elaboración propia

2. Fachadas del edificio de oficinas resueltas mediante panel prefabricado de hormigón armado al exterior, aislante térmico, y bloque de hormigón revestido al interior. Todo el frente sureste que mira al mar se plantea como un gran muro de vidrio protegido del sol por el vuelo de la cubierta y caracteriza al interior como una oficina-paisaje.

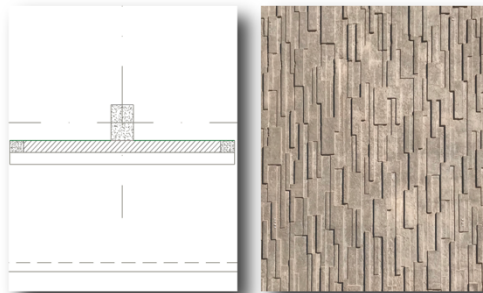


Figura 45. Planta y detalle del material de la fachada. Panel prefabricado. Fuente: Elaboración propia

En la siguiente imagen podemos observar cómo los dos tipos de fachas confluyen en el alzado este de la edificación.

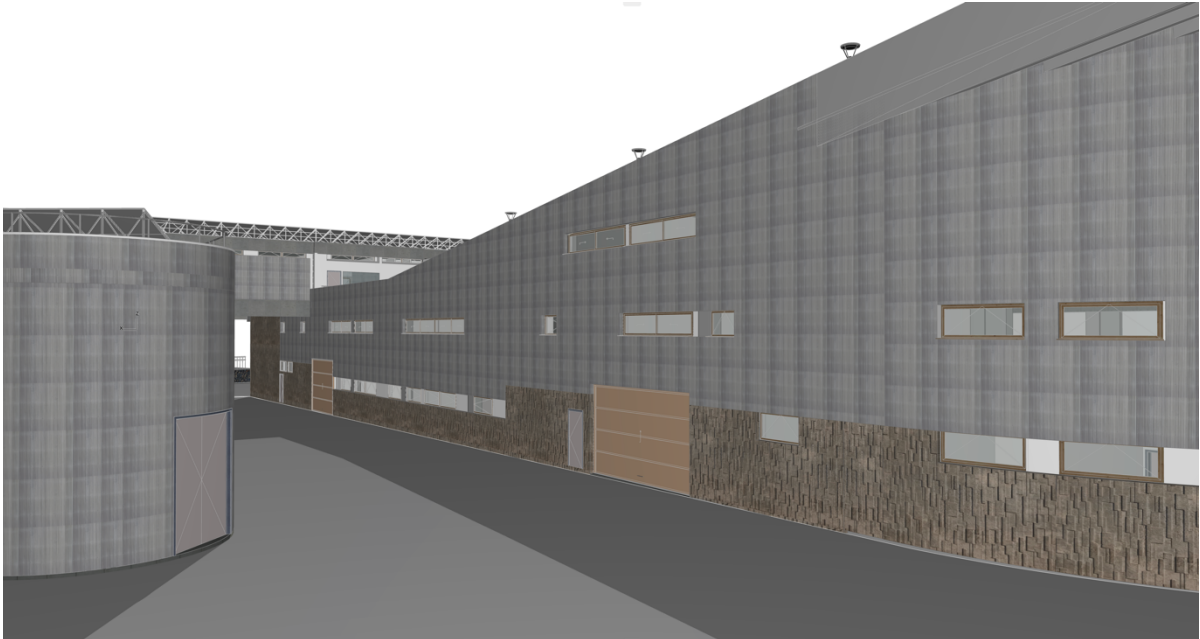


Figura 46. Perspectiva ejemplo de los dos tipos de materiales en la fachada empleados. Fuente: Elaboración propia.

Particiones Interiores

1. En las paredes separadoras con otros sectores de incendio (escaleras protegidas, patinillo) se ha previsto bloque de hormigón de 20 cm.

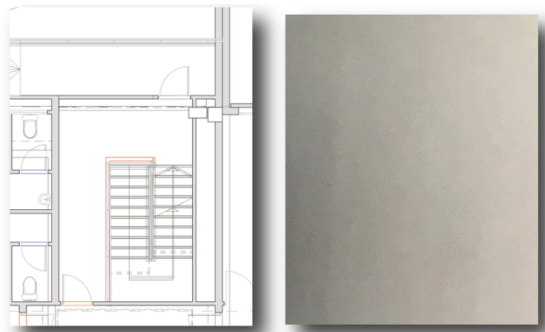


Figura 47. Paredes separadoras. Bloque de hormigón de 20 cm. Fuente: Elaboración Propia

2. En las particiones interiores con locales de aseos o vestuarios se ha colocado bloque de 9 cm.

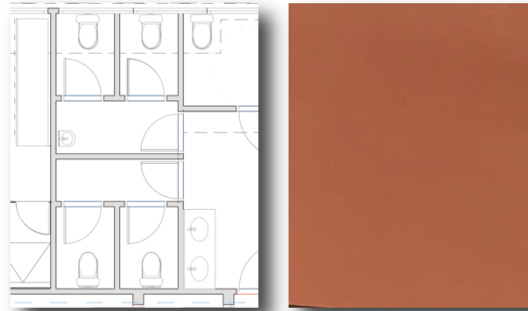


Figura 48. Particiones interiores bloque de 9 cm. Fuente: Elaboración Propia

3. Los cierres entre despachos o zonas administrativas son de mampara modular acristalada con persiana veneciana interior u opaca dependiendo del caso

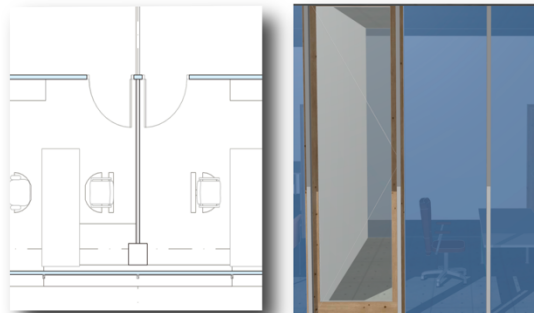


Figura 49. Mampara modular. Fuente: Elaboración Propia

Suelos

1. El acabado generalizado para la zona de cocheras, talleres, almacenes y aparcamiento es el de hormigón fratasado y pulido acabado con cuarzo-corindón y en los espacios exteriores se aplica un fratasado sobre la propia solera con acabado de cuarzo corindón.
2. En el edificio de oficinas se coloca un suelo técnico de 35 cm para la distribución de instalaciones con losas de 60 x 60 cm con un tratamiento de acabado ejecutado en fábrica.
3. En las zonas comunes como aseos, escaleras o cuartos diversos, se ha previsto un recredido con bovedilla de PVC hasta alcanzar la cota del falso suelo, revestido con gres que será antideslizante en las zonas húmedas.
4. En la zona exterior a de oficinas de dispone de un encachado de picón rojo para ocultar algunas instalaciones, al igual que rematar el desnivel que existe del suelo técnico.

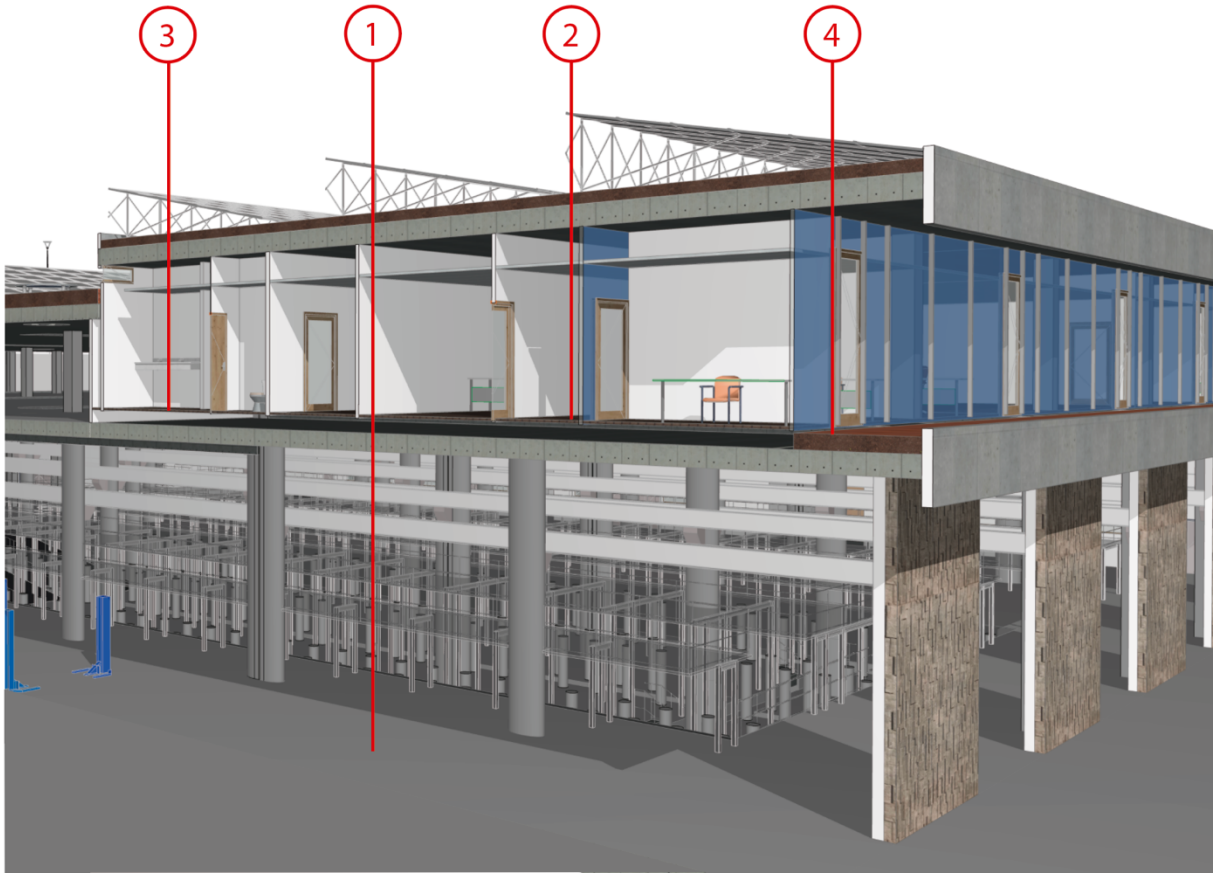


Figura 50. Sección explicativa de los tipos de suelos existentes. Fuente: Elaboración Propia

5. Baldosa de botones en la rampa de acceso para asegurar la adherencia de los vehículos.

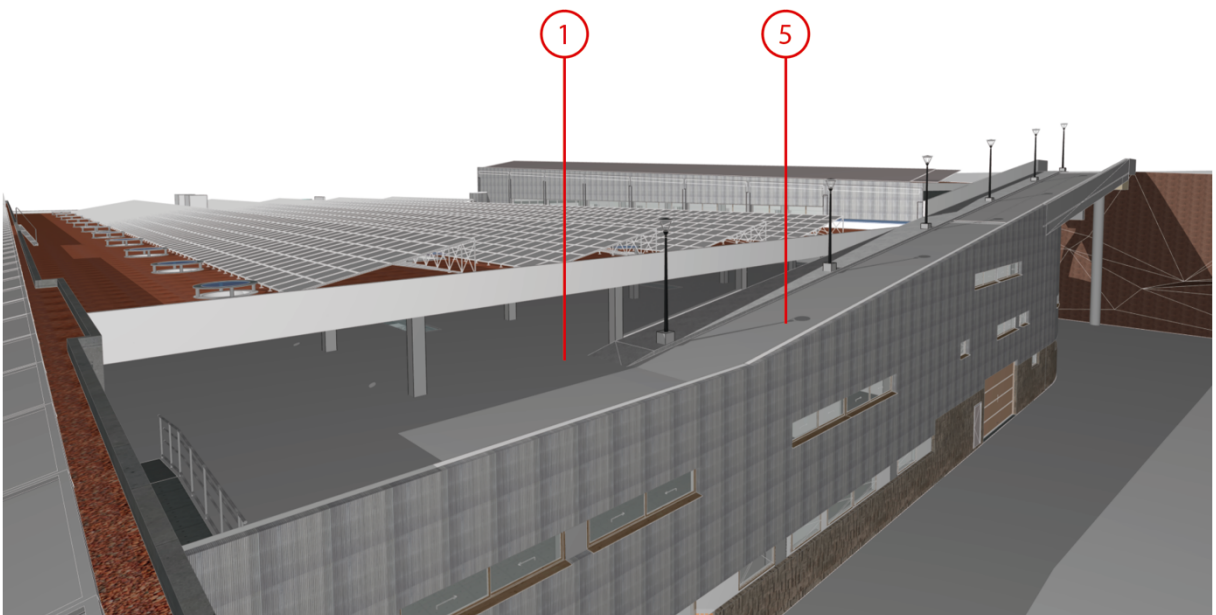


Figura 51. Pavimentación de la rampa. Fuente: Elaboración Propia

Techos

1. Techos de hormigón a Cara vista en las zonas de almacenes, cocheras y talleres.
2. Falso techo modular de 60x60 sobre perfilaría de aluminio donde se alojan las instalaciones en las zonas de oficinas.
3. Falso techo de escayola lisa a base de paneles de cartón yeso anti-humedad en zonas húmedas y en el exterior de la terraza de las oficinas
4. Chapa minionda se cubren en los pasos de acceso al taller y la zona 1 tiene un falso de malla metálica estirada protegiendo la estructura de acero.

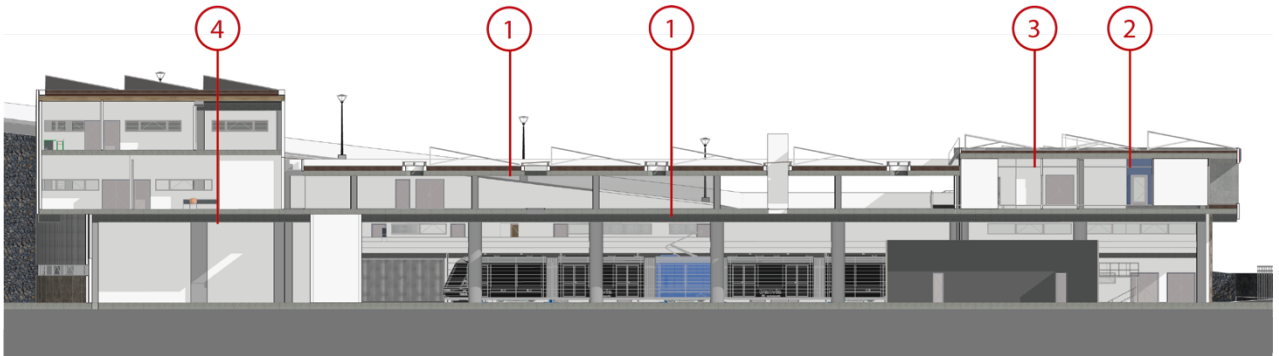


Figura 52. Sección Explicativa de acabados de Techos. Fuente: Elaboración Propia.

Carpinterías

1. Carpintería de madera

Sólo las puertas de los aseos serán de DM lacado con marcos de DM, así como algunos armarios de registro y algún detalle de mobiliario.



Figura 53. Parámetros de definición de puertas de madera. Fuente: Elaboración propia

2. Carpintería metálica

En el proyecto existen los siguientes tipos de carpintería metálica:

- Puertas industriales de acceso a talleres y almacenes para vehículos automóviles tipo leva o correderas.

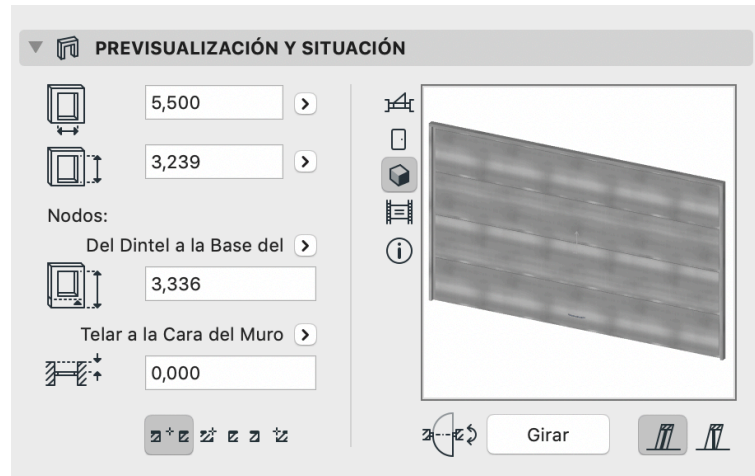


Figura 54. Parámetros de definición de puertas industriales. Fuente: Elaboración propia

- Puertas especiales para el paso de tranvía en accesos a túnel de servicio y talleres.

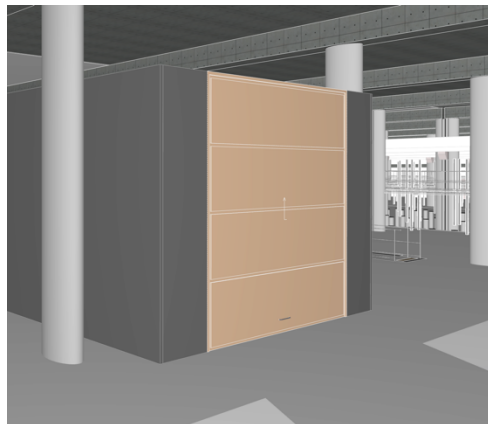


Figura 55. Puerta especial. Cabina de pintura. Fuente: Fuente: Elaboración propia

- Portón de acceso en el perímetro del edificio.

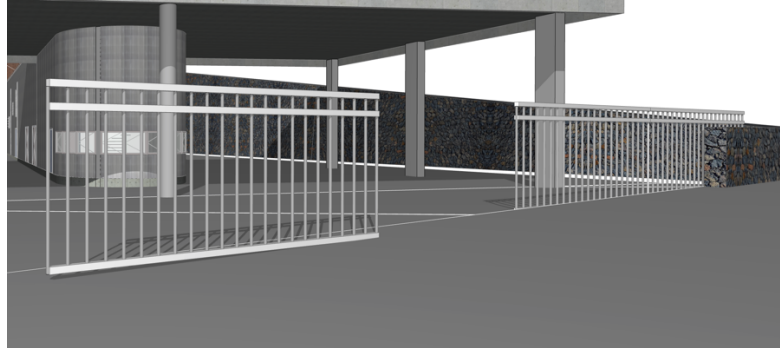


Figura 56. Portón de acceso al perímetro del edificio. Fuente: Elaboración propia.

- Puertas de paso de hombre en las zonas de talleres y almacenes

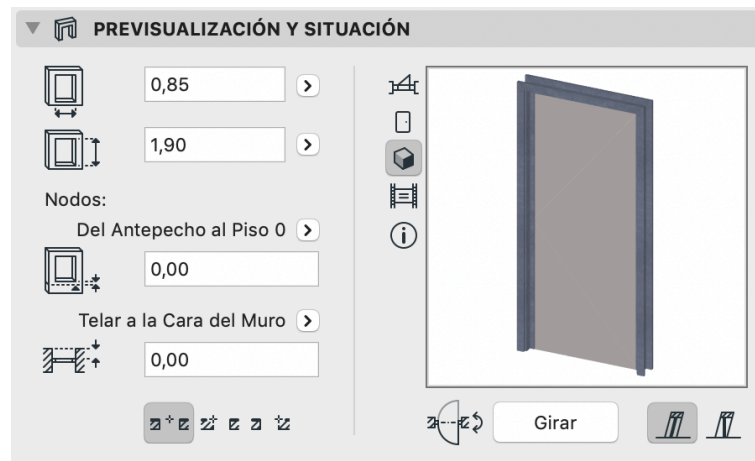


Figura 57. Puerta de paso de hombre. Zona túnel de servicio. Fuente: Elaboración propia

3. Carpintería de aluminio

Está compuesta principalmente por las ventanas de las fachadas de los talleres (correderas o abatibles de eje horizontal inferior) y la perfilaría de muro cortina utilizado en el frente de las oficinas. Ambas estarán lacadas.



Figura 58. Carpintería hoja abatible superior. Fuente: Elaboración propia

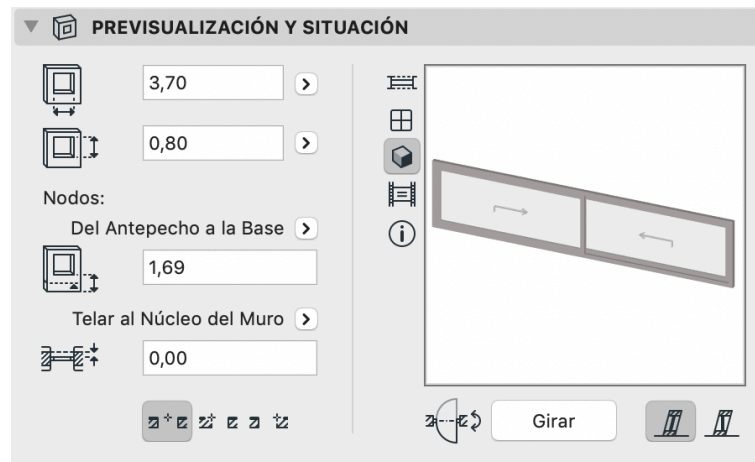


Figura 59. Carpintería hojas corredera. Fuente: Elaboración propia.



Figura 60. Detalle del Alzado Muro cortina de las oficinas. Fuente: Elaboración propia.

4. Vidrios

Todos los vidrios de las zonas climatizadas serán del tipo Climalit y los del frente de las oficinas tendrán protección solar. En los lucernarios del edificio de oficinas los vidrios serán Climalit tipos Stadip en la parte inferior y con protección solar.

Existen cinco tipos de lucernarios:

- 1- Lucernario con cubierta a dos aguas. Vidrio Climalit.

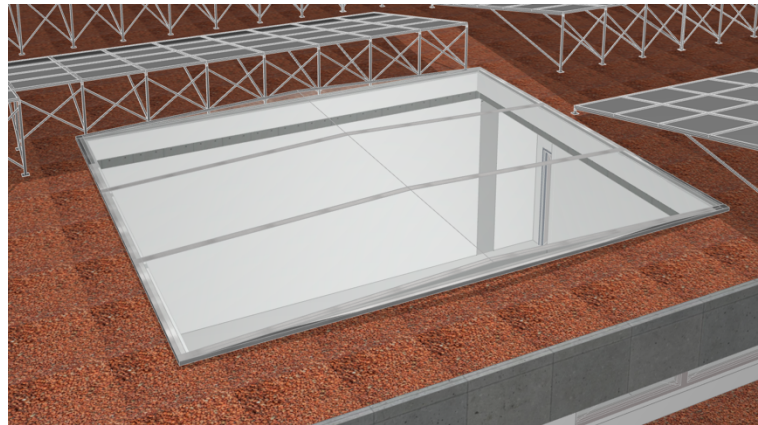


Figura 61. Cubierta ecológica. Lucernario situado en el edificio de oficinas. Fuente: Elaboración propia.

2- Lucernario con cubierta a un agua. Vidrio Climalit

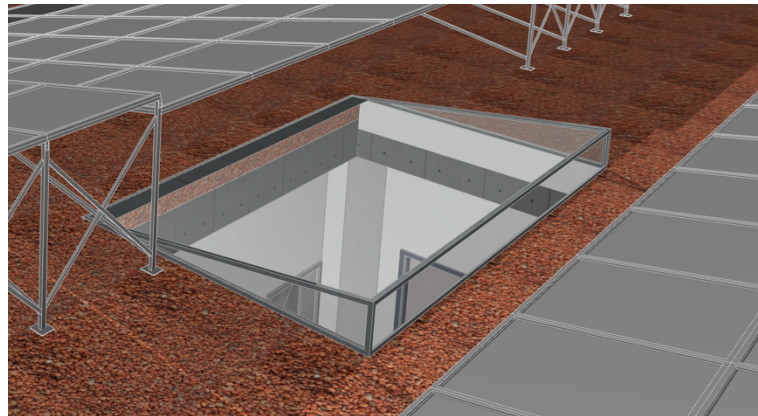


Figura 62. Cubierta ecológica. Lucernario situado en el edificio de oficinas. Fuente: Elaboración propia.

3- Lucernario con cubierta de policarbonato a un agua

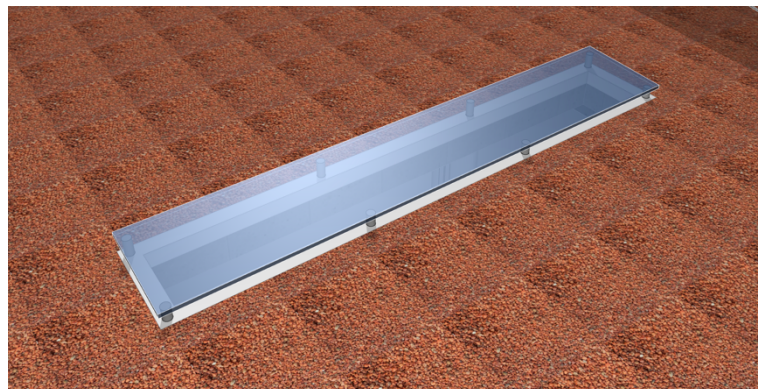


Figura 63. Cubierta ecológica. lucernario de policarbonato. Fuente: Elaboración propia.

- 4- Lucernario con cubierta de policarbonato de superficie circular.

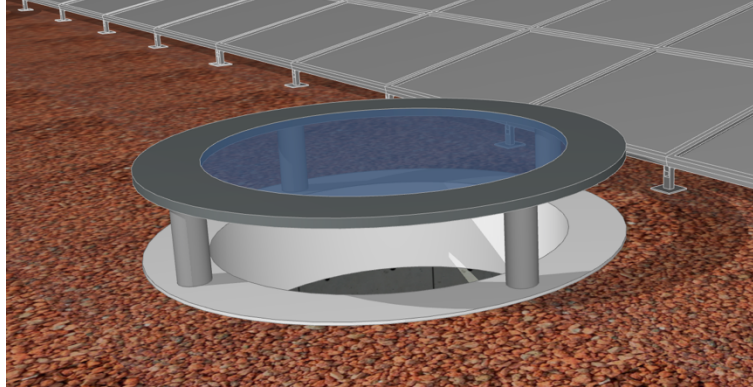


Figura 64. Cubierta ecológica situado en planta de garaje. Lucernario de superficie circular.
Fuente:Elaboración propia

- 5- Lucernario-exutorios del garaje montados en peine sobre la perfilaría de aluminio, con terminación de vidrio U- Glass

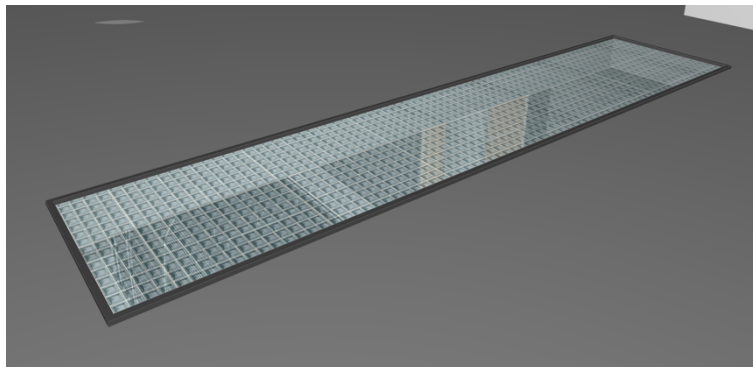


Figura 65. Forjado de la planta de garaje. Lucernario con vidrio U-Class. Fuente: Elaboración propia.

4.3 Fase 3: Revisión del proyecto e incompatibilidad de información

Desde el comienzo del proyecto, durante la presentación por parte de la empresa Metropolitano, de toda la documentación necesaria para elaborar el modelo aplicando la metodología BIM se observaron carencias de información en la planimetría 2D. Esto es debido a que el plano solo puede ofrecer cierta información gráfica y visual pero no puede ofrecer información paramétrica sobre los elementos que lo conforman.

Debido a esto surge la necesidad de integrar la fase de revisión del proyecto e incompatibilidad de información en este Trabajo Final de Máster, con el objetivo de exponer los problemas percibidos antes, durante y después de la fase de modelado.

Por lo tanto, en esta fase definiremos aquellos defectos de planimetría encontrados y estos pueden venir expuestos como falta de información, incompatibilidad de información o modificaciones realizadas a la posterior entrega de la obra.

Por otro lado, en este documento se adjunta un archivo de “requerimiento de información” en el que los modeladores han planteado sus dudas y estas han sido remitidas a la oficina técnica de la empresa Metropolitano, con intención de obtener una respuesta clara.

4.3.1 Submodelo estructural (Requerimiento de información)

Falta de información apoyo de la rampa. RFI Nr [01]

En los planos suministrados la información que estable en cómo se solucionan los apoyos de las rampas de acceso al garaje no son suficiente para una comprensión clara. Una vez consultado con el tutor del curso, nos suministró la información y, además, nos aportó fotos de los tipos de vigas como son las dimensiones de los perfiles. El resultado será que la rampa tiene un doble apoyo en la secuencia de pilares E19-E-18 y F19-F18 en donde se apoya en vigas de T invertida y donde se presenta la rampa, que se compone de cuatro vigas prefabricadas en doble T.

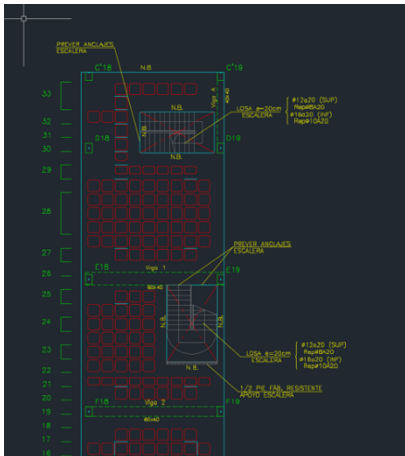


Figura 66. Plano de Forjados modulo 6

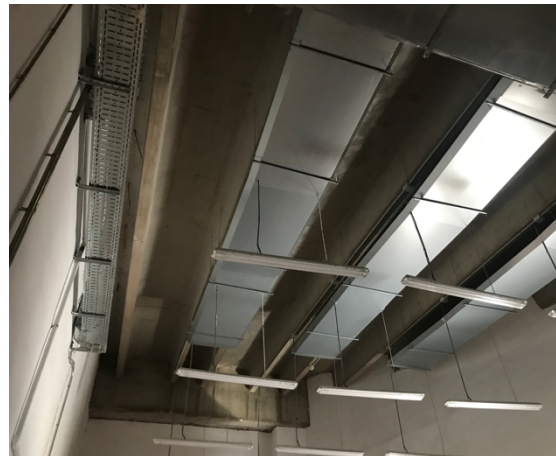


Figura 67. Apoyos de la rampa de acceso.

Incompatibilidad de información. RFI Nr [02]

En los planos queda reflejado la división de las vigas que sujetan la planta de oficinas con la cubierta de la sala de almacenaje y recepción de metropolitano. Incluso los planos reflejan que las vigas nos están a eje de pilar. Tras consultarlo con el tutor nos sugiere que dicha información no es correcta que las vigas de apoyo del forjado de oficinas mantienen la continuidad y se alinean en fachada por lo que la documentación reflejada en dichos planos no es correcta ya que en el desarrollo constructivo de la obra se optó por la opción constructiva más viable.



Figura 68. Vista exterior desde el acceso a la edificación.

Incompatibilidad de información. RFI Nr [03]

Existe una discordancia entre los planos de planta baja con los planos de cimentaciones. Debido a que los apoyos de las escaleras en los muros quedan desplazados. En la ejecución de dicha solución se alinea con la rampa por lo que dicha información en los planos es incorrecta.



Figura 69. Acceso al complejo. Fachada este.

Incompatibilidad de información. RFI Nr [04]

¿La altura libre de la planta primera con respecto a la planta de cubiertas esta bien?.Se descuadran los alzados. La respuesta del tutor de curso parte explicándonos que La altura libre que existe es de 2,4 m, el canto de la losa del forjado es de 30 cm t la cubierta dispone de los respectivos recubrimientos y una capa de picón rojo. A la hora de construir el 3D, lo que nos interesa es respetar la altura de 2,4 m y que pongas la capa de picón para dar así una apariencia más realista al modelo.



Figura 70. Altura libre del garaje.

Incompatibilidad de información. RFI Nr [05]

En la superposición de plantas existe un problema en la escalera, ya que, en el apoyo de la misma, en planta baja, donde arrancan la cimentación esta desplazada e incluso en las plantas correlativas, su apoyo varía de tal modo que las secciones cambian de 8 cm a 10cm. Para más inri, la escalera parte con tramos diferentes, pero en relación con el forjado superior se plantea un hueco y la escalera nunca lleva al forjado. No tiene, sentido. La respuesta por parte de metropolitano fue aclarar el problema de la siguiente manera. Primero de todo en planta baja, la cimentación es clave para el arranque del primer tramo de la escalera. Por lo tanto, ese muro debe de partir desde ahí. Segundo, lo que comentas de que la escalera no llega hasta el forjado, es posible que sea una interpretación incorrecta de los planos, la escalera si llega, el caso es que, al desplazar dicho elemento hacia abajo un par de centímetros, después es normal que no coincida con el forjado. Hazte a la idea que toda la escalera se desarrolla en un único núcleo de comunicaciones y sería raro que fuera variando. Por lo que te recomiendo que cojas escalera del primer tramo y la copies en los siguientes.

Incompatibilidad de información. RFI Nr [06]

En la planta baja, el pilar C9 tiene un problema. Primero en las cimentaciones, es de sección cuadrada y en los planos de distribución, es de sección rectangular, pero no acaba ahí el problema, pues si cambia el pilar después la cimentación no sería suficiente ya que está

prácticamente a faz del pilar. La respuesta es clara por parte de la organización. El pilar C9 es rectangular, ya que en las plantas sucesivas del taller de carrocería continúan con la misma sección, por lo que esa información de los planos de cimentación no está actualizada con realidad construida.

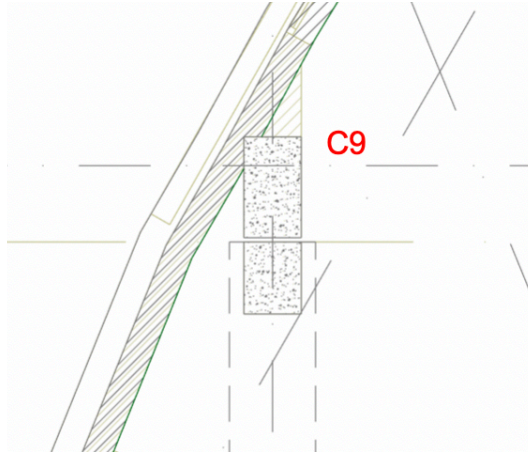


Figura 71. Definición en planta de pilar C9. Fuente Elaboración Propia

Falta de información. RFI Nr [07]

Desarrollando los planos descubro la siguiente incongruencia. Los pilares de la entreplanta se alinean con el muro. Además, al ser plantas correlativas y los pilares también dan apoyo a la cubierta. No tiene sentido que se reduzcan. Incluso lo que me parece curioso es que la puerta sale donde debería estar el pilar esta desplazada. Todo este planteamiento o suposición de que debería haber pilares que correspondieran en la siguiente planta fue resuelto de mediante la siguiente explicación. Decir que esos pilares en planta baja sustentan solo el forjado de la entreplanta, por lo que no será necesario la continuidad, debido a que las crujías de las otras secuencias de pilares son los que mantienen la planta del garaje.



Figura 72. Volumetría de la Entre-Planta. Fuente: Elaboración propia.

Falta de información. RFI Nr [08]

Falta información para poder que ejecutar la estructura de la planta de Talleres. Además, se puede observar en los planos que existen dos direcciones entre las vigas de apoyo de la cubierta. No sé cómo se resuelve. Ante la consulta hecha la administración nos responde que, en la documentación que os mandamos ahí debería aparecer toda la información para el levantamiento. Tened en cuenta que cada viga sustenta la cubierta, y la viga que aparece en los planos no se desarrolla en la realidad, por lo que ahí si existe una incongruencia con respecto a la realidad Cualquier duda, nos vuelven a escribir.



Figura 73. Interior del Taller de grandes piezas. Detalle de las vigas

Falta de información RFI Nr [09]

En el plano de cimentaciones, se ejecutan los pilares que servirán de soporte vertical a la rampa de acceso desde la calle exterior hacia la zona de aparcamiento de trabajadores. Estos pilares carecen de cimentación en los planos de AutoCad y debido a la dimensión de estos y al elemento que soportan se entiende que falta información acerca de la zapata de cimentación correspondiente a esa estructura.

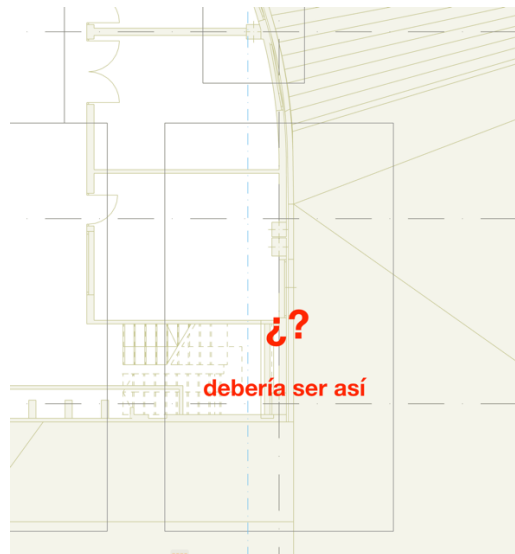


Figura 74. Falta de la zapata en donde apoya los pilares de la rampa.

Por otro lado, siguiendo la misma falta de información en cuanto a la carencia de zapatas. En los pilares ubicados en sector c19 y c19', se analiza la falta de cimentación en la que incurren, dado que son pilares estructurales y de fachada que deben tener asociada una cimentación que está completamente desconsiderada en los planos de AutoCAD.

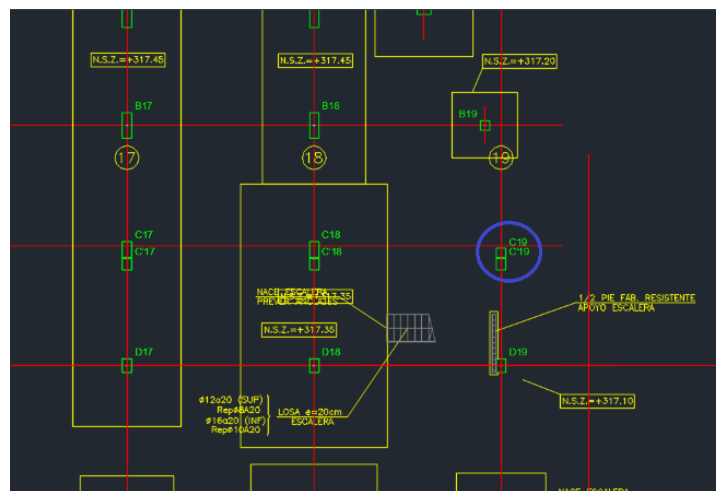


Figura 75. Imagen de las cimentaciones. Sector c19 y c19'

Incompatibilidad de información RFI Nr [10]

Durante la realización de manera tridimensional mediante los planos en 2D de la zona del foso del torno, se comprueba que existe en el interior de este varias cotas y por tanto diferentes profundidades de este. Debido a la imposibilidad de poder visitar el edificio y la necesidad de esclarecer la información, se llega a la conclusión que una parte del foso coincide con la cimentación de este, existiendo una incompatibilidad entre la cota de la cimentación y la cota más profunda del foso.



Figura 76. Foso del Torno. Planta Baja

Modificación posterior a la obra RFI Nr [11]

En los plano 2D se observa en el foso de reparación de los tranvías que existen un numero de pilares por carril. En el carril central existen 40 pares de pilares de 2.05 m aprox. de altura en cambio en los carriles laterales aparece exactamente lo mismo entrando en un conflicto dado que la información requerida y habiendo visitado el lugar se comprueba de que en los carriles laterales faltan 4 pares de pilares por lo que en lugar de tener 40 pares como se visualiza en los planos realmente tienen 36 pares. Se constata que es una modificación posterior.



Figura 77. Línea de tranvía 30. Pilares de apoyo retranqueados.



4.3.2 Submodelo arquitectónico

Falta de información: RFI Nr [01]

En la planta primera se puede observar en los planos que existe un corte en la continuidad de la fachada, pero en los alzados aparece un revestimiento continuo. El problema se resolvió aportando las fotos de dicha fachada y viendo que se trataba de que el vierteaguas cortaba esa continuidad.



Figura 78. Perspectiva de la cara Noroeste.

Falta de información: RFI Nr [02]

En los planos no aparecen la definición de las placas de anclaje ni los tipos de pilar que dan desarrollo a las catenarias de l tranvía. Necesitaríamos que acotaran la base atornillada a la losa de hormigón y nos establecieran unas medias de un perfil tipo. La respuesta de la institución fue explicarnos que existen diferentes tipos de anclajes en los pilares metálicos en función de las dimensiones de los pilares. Estos se tratan de pilares HEB 200,220,320,360. De cara al modelado estableced un pilar tipo, ya que no es información que aporte diferencias significativas.

Os adjunto imagen de los distintos tipos de anclajes, pero no es necesario en el modelado llegar a este nivel de detalle, pero si ubicarlos en su situación original.



Figura 79. Pilar HEB tipo. Zona exterior Noroeste.

Falta de información: RFI Nr [03]

No queda bien definido el hueco del forjado de la planta primera. Es un hueco continuo y después tiene una Rejilla que lo separa. No queda claro. Además, ¿Qué es? Es una cubierta que aparece adscrita a este hueco. Si, es un hueco que llega solo hasta cubierta y da servicio a instalaciones. De cara al modelado, con que coloques un muro que traviese el forjado es suficiente. Es un detalle que no afecta a las condiciones estructuras si es lo que te preocupa. Te adjunto foto de dicha solución.



Figura 80. Patinillo de instalaciones. Planta primera. Ubicación Garaje

Falta de información: RFI Nr [04]

No queda bien definido el hueco del forjado de la planta primera. Aquí aparece un hueco de instalaciones, pero dicho hueco no se transfiere a la planta inferior, además queda entre cortado el paso. No se entiende. La respuesta por parte de la institución fue que definiéramos dicho elemento como un muro que llega a faz a la cara inferior del forjado de cubierta



Figura 81. Planta de garaje.

Incompatibilidad de información: RFI Nr [05]

En la superposición de plantas existe un problema en el recorrido del ascensor, entiendo que todo esto, viene dado por un error en la representación. Lo alineo a la esquina superior izquierda, pues la puerta está justo a continuación de verdad. Al ser un detalle insignificante que el bloque estuviera desplazado en el tutor responde que el ascensor en las tres plantas hace el mismo recorrido por lo que el bloque en CAD debería ese situado en la misma posición. Corrígelo para que no haya confusión de cara a la volumetría.

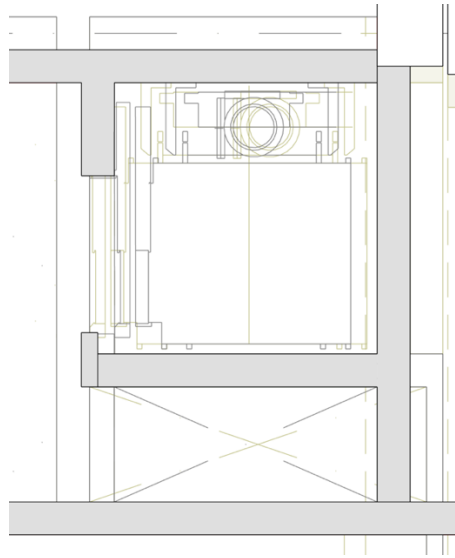


Figura 82. Incoherencia en la superposición del ascensor.

Falta de información: RFI Nr [06]

En el hueco de instalaciones que se ubica en la parte este de oficina de la primera planta hay una puerta que abre hacia el espacio de doble altura, existe peligro de caída, puesto que no hay forjado. La respuesta por parte de la organización fue que existe una plataforma metálica a modo de soporte. De esta manera el lucernario recoge más plantas y da luz natural a la entre planta. Ten en cuenta que la puerta abre hacia afuera.



Figura 83. Estructura metálica en hueco de instalaciones y lucernario. Zona - Este de Oficinas.

Falta de información: RFI Nr [07]

Nos falta información de los alzados exteriores de la zona de vigilancia y almacenaje, comentamos en una reunión vía Google meet. El procedimiento fue sencillo una vez tuvimos la posibilidad de ir a lugar medimos cada una de las alturas de las puertas y las ventanas de

este espacio, por lo que no hizo falta la respuesta por parte de la institución, ya que se desarrolló in situ la comprobación.



Figura 84. Fachada edificio de vigilancia y almacenaje.

Falta de información: RFI Nr [08]

Según puede ver en Google Earth, en uno de los alzados norte existe una puerta que no está reflejada en los planos. Pero si aparecen las ventanas ubicadas en la parte superior de la puerta, además, esta debería marcar la apertura hacia adentro o hacia a fuera, y también debería parecer las escaleras que dan la posibilidad de salir a la cubierta como aparece en la imagen.

Es correcto, la puerta abre hacia a fuera y dispone de una escalera que da acceso a la planta de cubiertas. Las dimensiones de la puerta son de 2,10 x 0,9 m. y el desnivel que salva la escalera es de cinco contra huellas.



Figura 85. Vista desde la puerta del almacén hacia la cubierta.

Incoherencia de información: RFI Nr [09]

En la representación 2D el recorrido de la rampa es insuficiente para salvar la altura de 2 contrahuellas esto tiene que estar mal. Efectivamente, los planos no se correspondían con las fotos. El tutor nos contesta aportando nos una imagen y explicando. Para que te hagas una idea la rampa coge más de la mitad del espacio para salvar esta distancia, por lo que la representación en plano que dispone nos es correcta, modifícalo en la infografía para que cumpla con la altura de 34 cm y que cumpla la pendiente, no superando los estándares máximos de CTE.



Figura 86. Relación de la planta con la rampa. Incoherencia de los planos.



Falta de información: RFI Nr [10]

Disponéis de algún alzado para ver de donde parte la cubierta del garaje no veo en ningún plano y no sé cómo hacerlo. Además, no tengo referencia para poder realizarlo. Te puedes basar en el siguiente plano para poder ejecutar dicha solución, pero no disponemos del antepecho de esa cubierta, ya que en los planos en ese alzado en concreto no esta delineado ese detalle. No obstante, no es necesario disponer de él, para saber como se va a ejecutar. En la captura de pantalla del plano al que tenéis que ir se ve claro. Cualquier cosa. me vuelven a escribir.



Figura 87. Vista desde la rampa de la Primera Planta. Alineamientos con la Fachada.

Falta de información: RFI Nr [11]

Dado que la información no era suficiente para desarrollar el arranque de la rampa procedimos en la reunión por Google-meet a preguntar, cómo se desarrolla el final de la rampa, porque en los planos aparece cortado. Me podrías mandar fotos de este espacio. Acto seguido Pablo Oromí nos envió la siguiente documentación para aclarar dicho vacío.



Figura 88. Fotos del grupo de pilares G18 y E18. Primera planta. Garaje.

Falta de información: RFI Nr [12]

El día de la visita pudimos observar que en dicho espacio existía una puerta de garaje que no aparecía en los planos de planta baja. Nosotros la colocaremos de cara a la representación 3D.



Figura 89. Puerta de Garaje de Planta Baja.

Incoherencia de información: RFI Nr [13]

Existe una incoherencia en la secuencia de las plantas, en la zona norte donde se desarrolla la curva. En planta baja es de una forma y las plantas sucesivas tienen otra forma. No se cual es el problema. Pablo nos responde lo siguiente. No debería existir este problema, ya que la manera en la que esta ejecutado ese Alzado es de manera sucesiva, por lo que no existe la posibilidad de que se haya construido, con los quiebros que comentas y que aparecen en los planos. De cara al 3D ejecútalo con un muro continuo que recoja a las tres plantas.



Figura 90. Alzado Norte de la curva. Existe continuidad en los paños.

Incoherencia de información: RFI Nr [14]

El hueco de la claraboya debería estar alineado con tabique de la recepción. Por lo tanto, procedo a mover dicho hueco para que la solución constructiva tenga un modo de apoyo. Alinea el lucernario con el arranque del muro, ya que es el lucernario de la recepción del módulo de oficinas y si se ejecutara dicho de esta manera parte de este daría luz a los baños cosa que no es así.

Incoherencia de información: RFI Nr [15]

El baño que se encuentra debajo de la rampa no cumple con las dimensiones de altura mínima establecidas en el CTE. Además, en los planos suministrados no existe ningún corte por dicho espacio. Respuesta: En el baño de la segunda planta del núcleo de comunicaciones existe un desnivel de dos contrahuellas 34 cm, para salvar la altura que comentas. Entre la planta primera de acceso al garaje y el baño ubicado en el núcleo de comunicaciones.



4.4 Fase 4: Interoperabilidad entre software BIM.

4.4.1 Software Revit 2020

En cuanto a la coordinación que se ha llevado a cabo entre aplicaciones informáticas se destacan la realizada mediante los programas de modelado ArchiCAD 23 y Revit 2020, en estos se han realizado tanto la parte arquitectónica como la parte estructural respectivamente.

Como se puede comprobar en la figura 62 se presenta el modelo estructural concretamente, zapatas de cimentación, pilares y vigas que han sido realizadas mediante el software Revit. Esto se ha llevado a cabo recurriendo a la biblioteca de elementos que aporta Revit de serie, aunque también se han creado diversas familias, para la definición de elementos característicos del modelo.

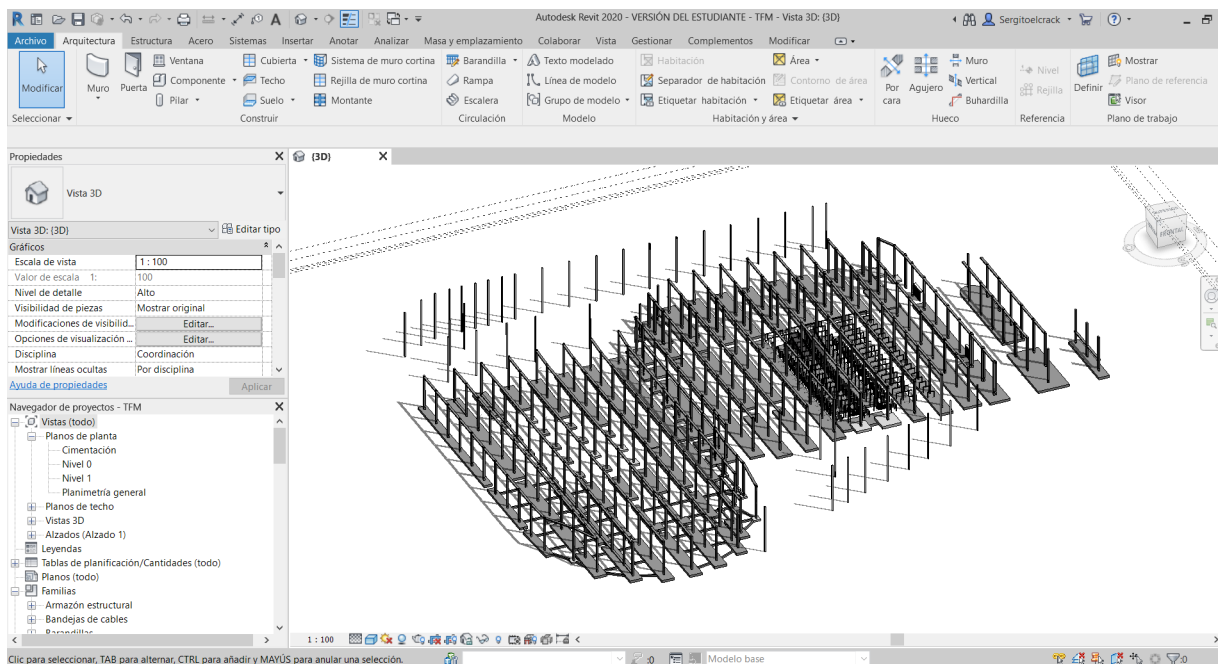


Figura 91. Modelo Estructural en Revit. Elaboración propia

Por otro lado, dada las obligaciones pactadas con la institución Metropolitano de la realización del modelo en dos aplicaciones diferentes, se hace necesario la combinación del modelo en uno solo. Esto plantea el problema de que tipo de archivo se debe generar para que el modelo tridimensional obtenido pueda ser insertado en cualquier software.

La respuesta es un archivo IFC (Industry Foundation Classes) dado que este formato de datos permite el intercambio de un modelo informativo sin la pérdida o la distorsión de datos o informaciones.

Lo que se intenta conseguir exportando e importando a través de este archivo, es un modelo que ofrezca altas prestaciones en cuanto a proporciones, propiedades, posición y sin errores o pérdida de información durante este intercambio.



A continuación (figura 63) se detallan gráficamente, los procedimientos para la exportación desde Revit a ArchiCad del modelo estructural mediante un archivo IFC.

Para exportar archivos IFC en Revit se debe acceder a la pestaña Archivo – Exportar – IFC (guarda un archivo IFC).

Para importar archivos IFC en Revit se debe acceder a la pestaña Archivo – Abrir – IFC (Abre un archivo IFC)

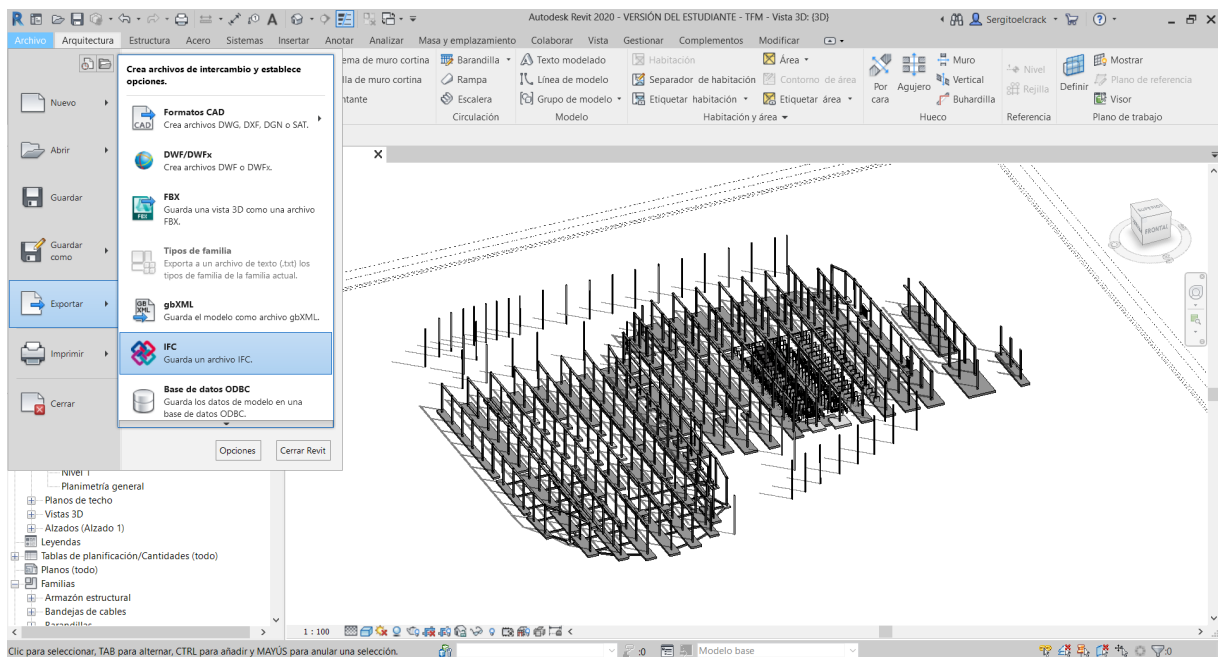


Figura 92. Exportación desde Revit mediante archivo IFC. Elaboración propia

4.4.2 Software ArchiCAD 23

Como se ha nombrado anteriormente las aplicaciones utilizadas para el modelado en 3D del Edificio de Talleres y Cocheras del Metro Ligero de Tenerife, han sido Revit y ArchiCAD. Esta última ofrece un software bastante más intuitivo que Revit a la vez que proporciona un resultado muy similar.

Para la realización de la parte arquitectónica y de la envolvente del modelo se ha utilizado ArchiCAD, este ha sido el software base para la adaptación del modelo arquitectónico en Revit, por lo que se han unificado mediante un IFC en la aplicación ArchiCAD.

Como se puede ver (figura 64), se expone en procedimiento de exportación desde el software ArchiCAD a un archivo IFC. Esto se realiza para comprobar si este intercambio de información funciona en ambos sentidos de la misma manera, aunque el modelo sea finalmente expuesto en ArchiCAD.



Para exportar o importar archivos IFC en ArchiCAD se debe acceder a la pestaña Archivo – Interoperabilidad – IFC (elegir exportar o importar).

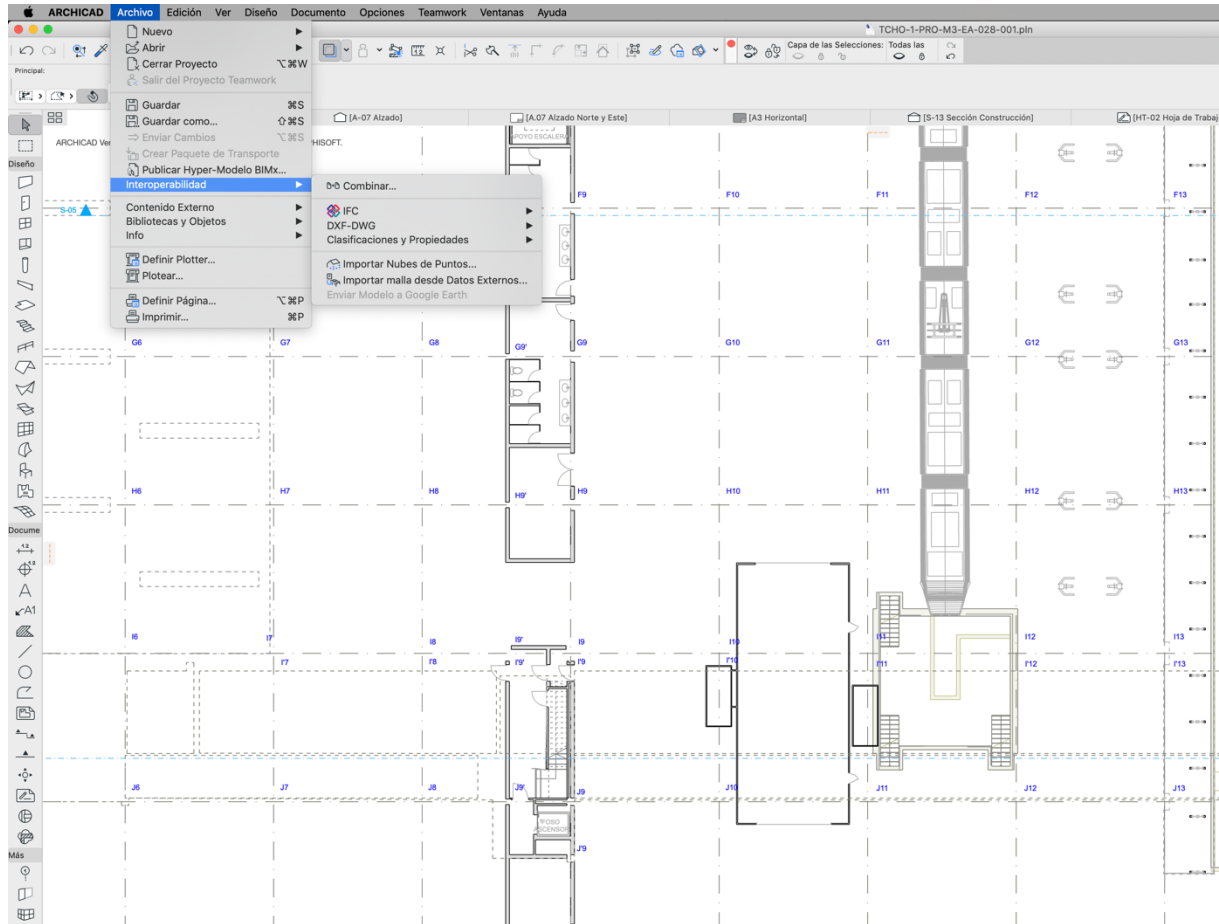


Figura 93. Exportación desde ArchiCad mediante archivo IFC. Elaboración propia.

También, como se observa en la figura 65 se procede a insertar el modelo en 3D obtenido de Revit en la aplicación ArchiCAD a través de las rejillas utilizadas del archivo primitivo en AutoCAD, donde mediante el uso de la escala se ha obtenido como referencia para la realización de los modelos en ambas aplicaciones. Esto ha hecho que al superponer los modelos coincidan sin posibilidad de error.

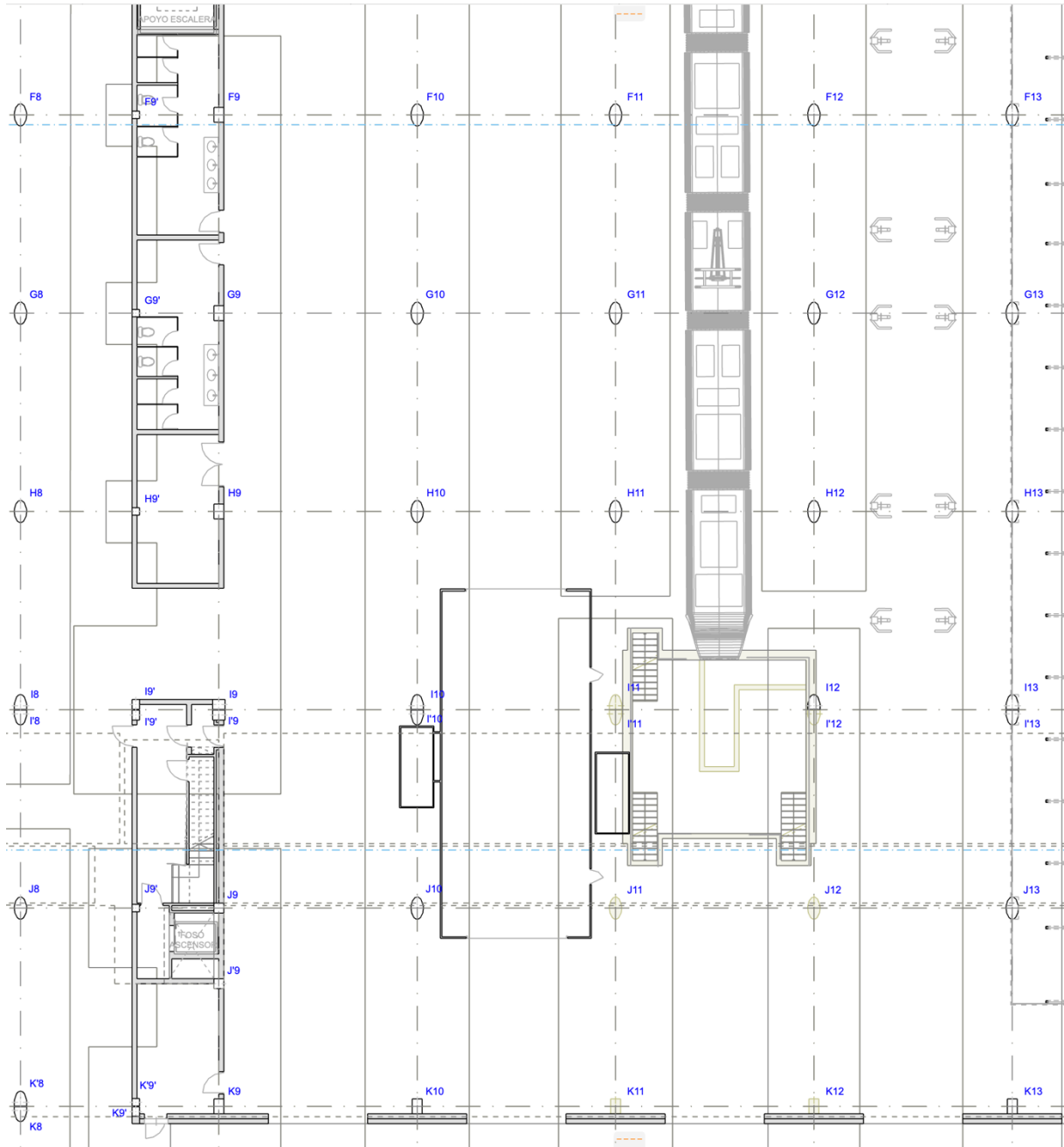


Figura 94. Sinergia entre disciplina estructural y arquitectónica en un único modelo. *Elaboración propia.*

No obstante, habiendo realizado las correspondientes revisiones y comprobaciones se llega a la conclusión de que ambas importaciones a través de IFC, realizadas mediante Revit y ArchiCAD son válidas, dado que ambos softwares ofrecen las mismas propiedades ante la aplicación de este archivo.

Es importante aclarar que, al tratarse de un edificio de una volumetría considerable, la apertura del archivo a través de un IFC, puede tardar varios minutos.



A continuación, se representa en la siguiente figura, el resultado definitivo de la combinación de las diferentes disciplinas en la aplicación ArchiCAD, tanto estructura como arquitectura, del modelo tridimensional obtenido.

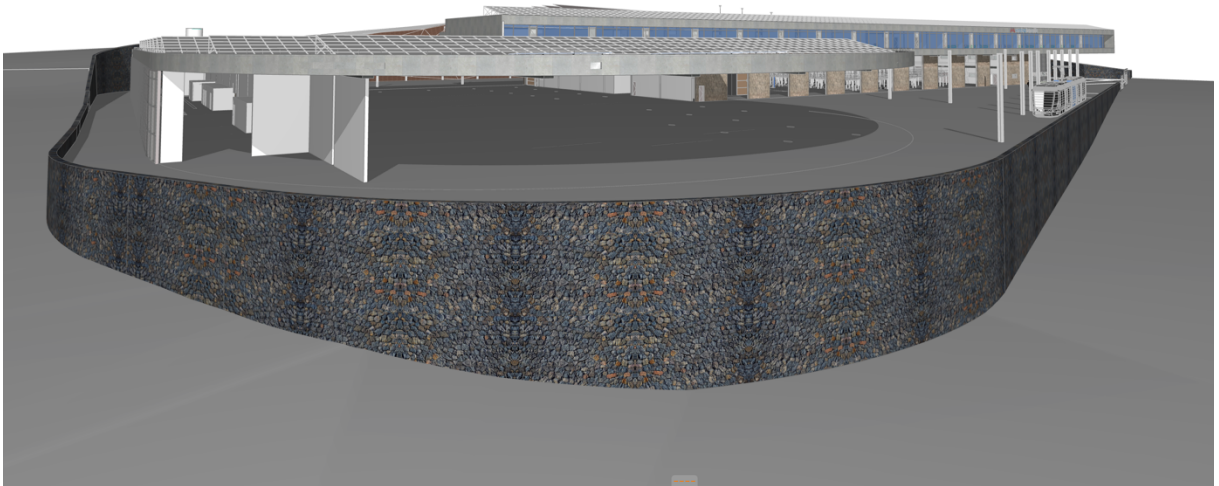


Figura 95. Modelo 3D sin introducir el IFC de REVIT

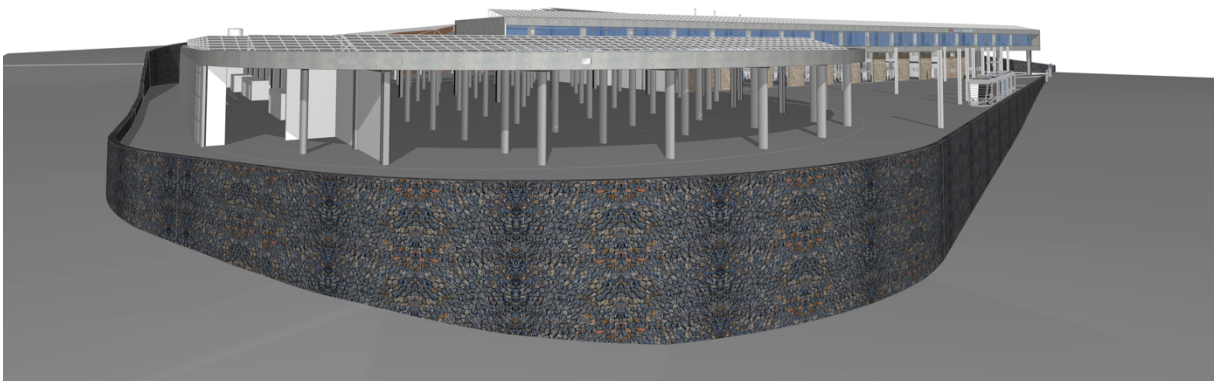


Figura 96. Modelo 3D final. Combinación de ArchiCAD y Revit.

4.4.3 Tabla Comparativa

Posterior al análisis de las distintas aplicaciones utilizadas, habiendo comentado sus propiedades, nivel de detalle y limitaciones, se expone esta tabla con el objetivo de hacer visual el resultado obtenido de manera gráfica y a modo de resumen de los softwares utilizados:

	Estructura de la base de datos	Gestión del proyecto	Modelado literal	Modelado paramétrico libre	Conectividad nacional	Soporte CAD	Grado de desarrollo
Autodesk Architecture							
Autodesk Revit							
Graphisoft ArchiCAD							
Nemetscheck Allplan							
Bentley Architecture							

Figura 97. Comparación entre Aplicaciones BIM. Fuente: Introducción a la Tecnología BIM.

4.5 Fase 5: Visualización final del proyecto mediante BIM Vision.

Habiendo realizado el proyecto en dos plataformas de modelado diferentes, aparece la necesidad de poder visualizar el modelo obtenido en común a través de un software que ofrezca unas características superiores.

La aplicación Informática elegida, después de una exhaustiva búsqueda y consulta, es BIM Vision. Un visor gratuito que permite la visualización de archivos cuyo origen sea IFC.

Este software gratuito permite visualizar las diferentes capas y plantas del modelo mediante un sencillo método de desactivación de elementos, lo que facilita en gran parte el trabajo, puesto que con un sencillo toque de tecla se puede visualizar cualquier parte del modelo de manera individual. Esto se puede hacer también desde las aplicaciones origen, pero de manera mucho más lenta puesto que el BIM Vision solo procesa la información gráfica sin posibilidad de editar el modelo, lo que hace que este sea menos pesado y por lo tanto su interfaz es mucho más rápida.

Como se puede comprobar en la *figura 67* se representa el modelo en la aplicación BIM Vision donde se puede visualizar el modelo y este ofrece las mismas propiedades graficas que el software nativo, ya sea Revit o ArchiCAD, debido a que proporciona al proyecto texturas y colores similares.

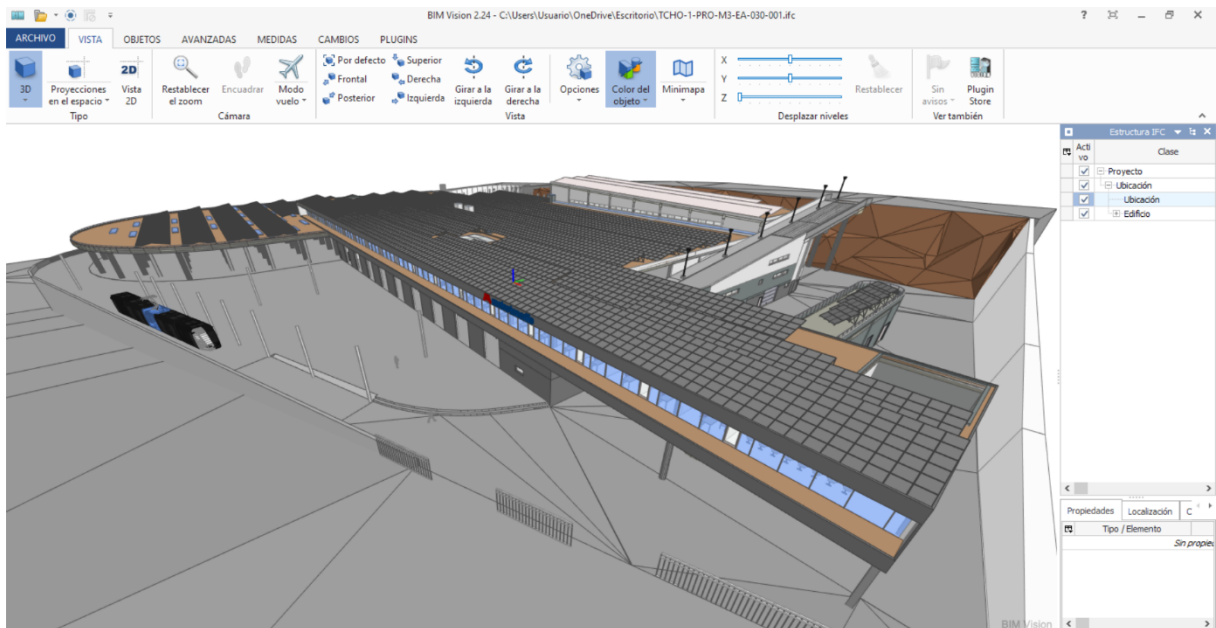


Figura 98. Modelo visualizado en aplicación BIM Vision Elaboración Propia

Se procede, a dividir en tres imágenes al objeto de estudio:

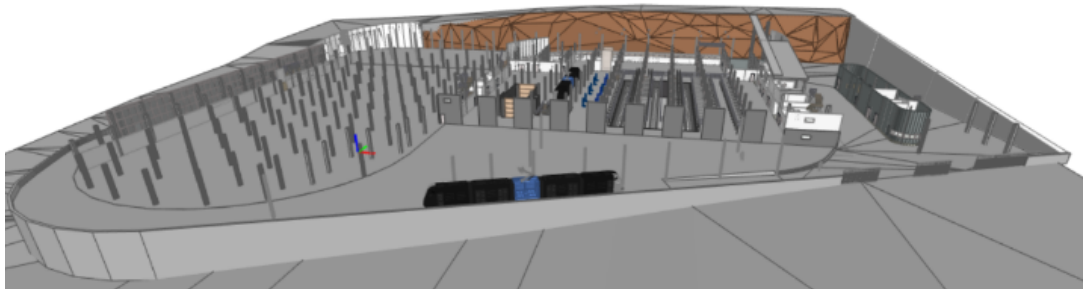


Figura 99. Planta Baja en aplicación BIM Vision Elaboración Propia.

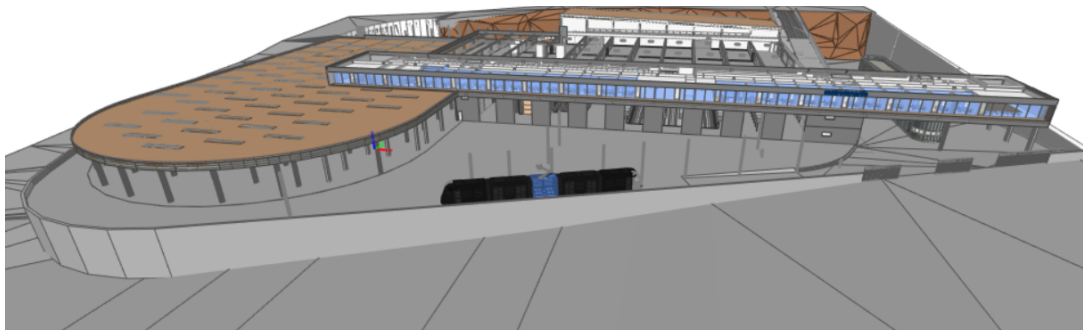


Figura 100. Planta Alta en aplicación BIM Vision Elaboración Propia

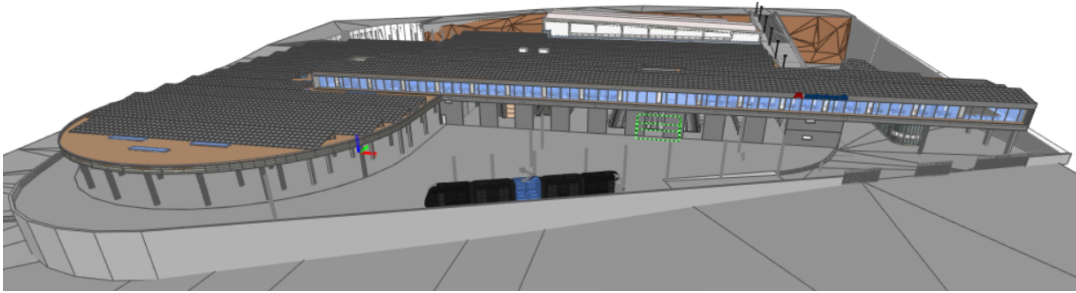


Figura 101. Planta de Cubierta en aplicación BIM Vision Elaboración Propia.

4.5.1 Entregables en IFC y nativo

EL modelo generado desde ambas plataformas virtuales tanto Revit como ArchiCAD será convertido en un formato IFC que será entregado a la institución colaboradora en tecnología 3D donde tendrán acceso al modelo y podrán editarlo, configurarlo y exportarlo de la manera que se requiera.

De igual modo el archivo principal se le entregará en IFC y en formato nativo por si se desea hacer alguna corrección en el software base, al igual que se hará entrega de la presente memoria en formato PDF.



5. Resultados

Una vez finalizado el presente proyecto y después de haber evaluado los objetivos iniciales propuesto por parte de la institución Metropolitano, se llega a la conclusión que los resultados obtenidos son satisfactorios.

Se ha conseguido modelar el edificio en 3D a partir de un modelo en 2D a través de cierta planificación con defectos gráficos e incongruencias. Una vez resueltos estos problemas, obtenemos un modelo libre de errores y verificado.

Por lo tanto, dado que la realización del modelo en metodología BIM y en aplicaciones diferentes ha sido correcta, concretamos que tanto el archivo final obtenido y el programa informático elegido, para la correcta visualización del proyecto, son aptos para presentar como Trabajo Final de Máster a la empresa Metropolitano de Tenerife S.A.



6. Conclusiones

El uso del BIM en el sector de la construcción se hace cada vez más necesario dado que estamos antes una etapa tecnológica que avanza rápidamente. Esto hace que muchos procesos, sistemas, procedimientos queden obsoletos, generando así un conflicto de intereses en el sector, donde es necesario el avance por parte de todos los que forman parte en el proceso de construcción.

La aplicación de la metodología BIM es la solución a todos los problemas que acontecen actualmente en el sector de la construcción, dado que posibilita un rápido modelado conceptual, paramétrico y tridimensional que permite obtener una visión realista del modelo ejecutado en las aplicaciones que utilizan el BIM. Por otro lado, integra todas las disciplinas necesarias en un único proyecto, a la vez que ofrece datos de especificaciones técnicas de los elementos, mediciones y presupuesto, así como la duración estimada de la obra, el tiempo de ejecución y planificación de esta y todo esto mediante un modelo visual real.

Por lo tanto, la implementación de la metodología BIM en este proyecto a resultado satisfactoria, ya que partiendo de los planos en 2D y prácticamente sin información adicional de los elementos que conforman el Taller y Cocheras del Metro Ligero de Tenerife, se ha conseguido mediante un flujo de trabajo cooperativo obtener el resultado propuesto a primera instancia.

En los planos proporcionados por metropolitano hay elementos que no quedan definidos con exactitud, por lo que se dificulta la tarea del modelado tridimensional y por ende se ve afectado en el resultado final.

En el modelo 3D obtenido se ha tenido en cuenta la parte arquitectónica y estructural y se han detallado todos los elementos de la manera más estricta posible, dado que el resultado obtenido lo demuestra.

Mediante la implementación de dos aplicaciones informáticas 3D distintas, se logra obtener un modelo completamente paramétrico y visual de forma que cualquier persona pueda entender el proyecto de una forma sencilla. Por otro lado, todo defecto de forma u incongruencia del proyecto mediante una vista 3D queda completamente solucionada, algo que no se contempla en los planos 2D.

El comienzo de modelado de esta infraestructura fue complejo, dado que la inexperiencia y la pandemia acaecida en el año 2020 conocida como COVID 19 , ha dificultado en gran parte la labor, pero habiendo recabado la máxima cantidad de información posible y estableciendo ciertas pautas de trabajo, se llega a la conclusión de que el BIM es el presente y el futuro en la edificación y debemos adaptarnos para que el sector de la construcción se cada vez un proceso más automatizado y con ausencia de errores.

Por último, Dado que el objetivo es la visualización de los talleres y cocheras del Metro Ligero de Tenerife podemos decir que ha sido viable el desarrollo en metodología BIM, dado que se han cumplido los requerimientos establecido por parte de la institución y además la interoperabilidad entre las distintas plataformas utilizadas, Revit y ArchiCad, ha sido fructífera.



7. Líneas de trabajo futuro

Este proyecto se enfoca en el desarrollo de un modelo BIM tridimensional que servirá como base para líneas de trabajo futuro y funcionalidades que requiera la empresa Metropolitano S.A como pueden ser ampliación, reforma, modificación, sustitución etc... como ya han realizado anteriormente al presente modelo.

Inclusive el modelo obtenido servirá de base para cualquier obra de rehabilitación o reforma, ya que el nivel de detalle obtenido permite que los elementos tanto estructurales como arquitectónicos contengan la información necesaria para ser editados desde el modelo inicialmente antes de realizar ningún tipo de ejecución material, esto hace que puedan observar tanto a nivel estético como estructural o arquitectónico, el aspecto posterior del edificio modificado.

También permite la generación de planos y detalles, la importación a otros ficheros, la inclusión de mayor cantidad parámetros y la edición libre en caso de que se pretenda algún proyecto de obra nueva o reestructuración.

El modelo generado se podrá visualizar a través de diferentes visores, debido a la exportación del archivo en IFC de este trabajo. Incluso desde dispositivos portátiles y sin conexión, se podrá tener completo acceso al modelo permitiendo al alcance de todos una comunicación y colaboración plena.

Al únicamente desarrollarse los modelos arquitectónico y estructural se planea como nuevas líneas de trabajo futuro un modelo de mediciones, con control y mantenimiento del edificio. Estas dimensiones no han sido contempladas en el proyecto debido a que la empresa Metropolitano no ha creído oportuno llegar a tal nivel de requerimiento en el modelo BIM.

También se podrá implementar un sistema de control de usuarios, de forma que la aplicación pueda ser utilizada por varias personas simultáneamente y que cada una tenga un espacio personal donde almacenar sus ficheros sin que otros usuarios tengan acceso a los mismos, pero a su vez el propietario pueda dar autorización para acceder a su espacio personal.

Por último, se podrá realizar la disciplina de instalaciones mediante la modificación simple en modelo pudiendo a su vez comprobar y detectar los errores en el mismo momento que se produzcan.

Es imprescindible entender este modelo como parte de un todo que puede soportar muchas más disciplinas en él, y aportar incluso más información que la que aporta actualmente ya que se ha desarrollado de tal modo, que este trabajo queda abierto a modificaciones futuras y a un modelo definitivo mejorado.



8. Bibliografía

- Barco Moreno, D. (2018). *DIARIO DE UN BIM MANAGER, Guía para Implementar y Gestionar Proyectos BIM*.
- BibLus. (n.d.). Desaparecen las PAS 1192: las normas británicas sobre el BIM se unen en la ISO 19650 - BibLus. Retrieved July 1, 2020, from <http://biblus.accasoftware.com/es/desaparecen-las-pas-1192-las-normas-britanicas-sobre-el-bim-se-unen-en-la-iso-19650/>
- BIM Forum. (2019). Level of Development (LOD) Specification Part I & Commentary. *Bim-Bep*, (April), 254. Retrieved from <https://bimforum.org/lod/>
- BIMnD. (n.d.). ¿Qué es LOD en la metodología BIM? · BIMnD. Retrieved July 2, 2020, from <https://www.bimnd.es/lod-la-metodologia-bim/>
- Bsigroup. (n.d.). ISO 19650 BIM Building Information Modelling | BSI. Retrieved July 1, 2020, from <https://www.bsigroup.com/es-ES/iso-19650/>
- BuildingSmart. (2016). ¿Qué es BIM? - BuildingSMART Spanish Chapter. Retrieved May 2, 2020, from ¿Qué es BIM? website: <https://www.buildingsmart.es/bim/>
- BuildingSmart. (2019). *Introducción a la serie EN-ISO 19650 Partes 1 y 2*.
- BuildingSmart. (2020). *Guía BIM para propietarios y gestores de activos*.
- Coloma Picó, E. (2004). *Introducción a la Tecnología BIM*. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00216.2004>
- Eastman, C. (2008). *BIM Handbook BIM Handbook Rafael Sacks*.
- Esarte Eserverri, A. (2019). Interoperabilidad, ¿qué es la interoperabilidad? | Espacio BIM. Retrieved July 4, 2020, from <https://www.espaciobim.com/interoperabilidad>
- García Fernández, M. (n.d.). LOD NIVEL DE DESARROLLO | Editeca. Retrieved July 2, 2020, from <https://editeca.com/lod-nivel-de-desarrollo/>
- Gosalves López, J. (2016). *Bim En 8 Puntos Bim En 8 Puntos*.
- IFMA. (n.d.). Facility Management | Ifma Spain. Retrieved July 2, 2020, from <https://ifma-spain.org/facility-management-2/>
- Jiménez, P., Carrato, A., Morales, F., Gutiérrez, A., Redondo, A., González, J., ... Rúa, A. (2018). *Guía Transversal Guía para la elaboración del Plan de Ejecución BIM*. 57. Retrieved from <https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2018/10/GUIA-ELABORACION-PLAN-DE-EJECUCION-BIM.pdf>
- Technical Committee, I. 267 F. management. (2018). ISO 41001:2018 - Facility management -- Management systems -- Requirements with guidance for use.
- UK BIM Alliance. (2019). Information Management according to BS EN ISO 19650 - Guidance Part 1: Concepts. *UK BIM Alliance*.



9. Anexos:

Documentación Generada del Proyecto



<https://cutt.ly/loxzkiJ>

- 9.1 Anexo 1. Modelos BIM
- 9.2 Anexo 2. Planimetría
- 9.3 Anexo 3. Requerimientos BIM de Metropolitano.
- 9.4 Anexo 4. Requerimientos de información propia.
- 9.5 Anexo 5. Nomenclatura estandarizada propuesta por la Universidad de La Laguna.
- 9.6 Anexo 6. Coordinación.