



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería Mecánica**

# **Análisis comparativo de herramientas y procesos BIM para diseño y cálculo de instalaciones en edificación.**

**Autor:**

**Sancha Rubio, Diego**

**Tutor:**

**Manso Burgos, Jose Gabriel**

**CMeIM/EGI/ICGF/IM/IPF**

**Tutor externo:**

**Nogués Mediavilla, José Emilio**

**ARQTeam SLU.**

Valladolid, julio 2022.

1



## *Resumen*

La metodología BIM está ampliamente extendida en el mundo de la construcción, especialmente para el diseño arquitectónico, y más recientemente también en infraestructuras lineales.

La ingeniería industrial puede beneficiarse igualmente de estas innovaciones tecnológicas para el diseño y cálculo de estructuras, así como de instalaciones, tanto industriales como residenciales. No obstante, la necesidad de utilizar como elemento de partida el modelo realizado por herramientas de modelado arquitectónico obliga a tener definidos procesos de intercambio de información, así como la utilización de herramientas que permitan la interoperabilidad entre los programas de diseño y cálculo.

Este trabajo se centrará en el diseño y cálculo de instalaciones MEP en edificación, comparando las distintas soluciones y alternativas existentes en el mercado.

## *Abstract*

*BIM methodology is widely widespread in the construction industry, especially for the architectural design, and more recently also in linear infrastructures.*

*Industrial engineering can also take advantage of those technological innovations for the design and estimation of infrastructures, as well as facilities, both industrial and residential. However, the need to use the model made by architectural modeling tools as a starting point requires having defined information exchange processes, along with the use of tools that allow interoperability between design and calculation programs.*

*This project will focus on the design and calculation of MEP facilities in buildings, comparing the different options and alternatives already available in the market.*

## *Palabras clave / Keywords*

BIM, MEP, IFC, diseño 3D, Revit, ArchiCAD, CypeCAD.



## TABLA DE CONTENIDOS

1.- BIM.....	9
1.1.- METODOLOGÍA BIM .....	10
1.2.- ORIGEN DEL BIM .....	11
1.3.- IMPLANTACIÓN BIM.....	14
1.4.- NIVELES DE IMPLANTACIÓN BIM.....	17
<b>Nivel 0 (Level 0)</b> .....	18
<b>Nivel 1 (Level 1)</b> .....	18
<b>Nivel 2 (Level 2)</b> .....	18
<b>Nivel 3 (Level 3)</b> .....	18
1.5.- NIVELES DE DESARROLLO Y DETALLE BIM (LOD) .....	19
1.6.- BENEFICIOS Y LIMITACIONES DE BIM .....	21
1.7.- PROGRAMAS BIM .....	25
2.- INTRODUCCIÓN .....	31
3.- OBJETIVOS.....	33
4.- METODOLOGÍA .....	33
5.- PROYECTO .....	35
6.- MODELADO DEL TRAZADO DE LAS INSTALACIONES .....	36
6.1.- INSTALACIÓN DE FONTANERÍA .....	37
6.2.- INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO .....	44
6.3.- INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS.....	47
7.- MODELADO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES .....	50
7.1 CYPEMEP.....	53
7.2 TEKTON 3D .....	64
8.- IMPORTACIÓN Y EXPORTACIÓN DE LOS MODELOS EN IFC.....	80
9.- COMPARATIVA DE LOS DIFERENTES PROGRAMAS .....	91
10.- CONCLUSIONES .....	95
11.- BIBLIOGRAFÍA Y NORMATIVA CONSULTADA .....	97



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. EVOLUCIÓN BIM. (SEYSTIC, 2018) .....	13
ILUSTRACIÓN 2. MAPA DE IMPLANTACIÓN BIM EN 2016. (BUILDING SMART, S.F.) .....	14
ILUSTRACIÓN 3. PORCENTAJE DE PROYECTOS REALIZADOS EN BIM.....	15
ILUSTRACIÓN 4. PORCENTAJE DE PROFESIONALES CON CONOCIMIENTO BIM. ....	16
ILUSTRACIÓN 5. ESTADIO WANDA METROPOLITANO REALIZADO EN BIM. (STRUCTURALIA, 2019) .....	16
ILUSTRACIÓN 6. CANAL DE PANAMÁ REALIZADO EN BIM. (MUNDOBIM, 2016) .....	17
ILUSTRACIÓN 7. NUEVO AEROPUERTO DE ESTAMBUL REALIZADO EN BIM. (ASIDEK, S.F.) .....	17
ILUSTRACIÓN 8. NIVELES DE IMPLANTACIÓN BIM. ....	19
ILUSTRACIÓN 9. NIVELES DE DESARROLLO Y DETALLE BIM. ....	21
Ilustración 10. Comparativo flujo de trabajo entre CAD y BIM. (BIMnD, 2019) .....	24
ILUSTRACIÓN 11. UBICACIÓN DEL PROYECTO EN VALLADOLID.....	35
ILUSTRACIÓN 12. UBICACIÓN DE LA NAVE INDUSTRIAL. ....	35
ILUSTRACIÓN 13. ESQUEMA DE PRINCIPIO INSTALACIÓN DE FONTANERÍA. ....	39
ILUSTRACIÓN 14. PERFIL DE TRABAJO UTILIZADO EN ARCHICAD. ....	40
ILUSTRACIÓN 15. SISTEMAS DE ELEMENTOS EN ARCHICAD.....	41
ILUSTRACIÓN 16. OPCIÓN REALIZAR 'RECORRIDO MEP' PARA EL TRAZADO DE LAS TUBERÍAS. ....	42
ILUSTRACIÓN 17. INSTALACIÓN DE FONTANERÍA EN ARCHICAD (1).....	42
ILUSTRACIÓN 18. INSTALACIÓN DE FONTANERÍA EN ARCHICAD (2).....	43
ILUSTRACIÓN 19. INSTALACIÓN DE FONTANERÍA EN REVIT. ....	44
ILUSTRACIÓN 20. INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO EN ARCHICAD (1).....	45
ILUSTRACIÓN 21. INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO EN ARCHICAD (2).....	45
ILUSTRACIÓN 22. INSTALACIONES DE FONTANERÍA Y SANEAMIENTO EN REVIT (1).....	46
ILUSTRACIÓN 23. INSTALACIONES DE FONTANERÍA Y SANEAMIENTO EN REVIT (2).....	47
ILUSTRACIÓN 24. INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS EN ARCHICAD. ....	48
ILUSTRACIÓN 25. TABLA 7.1 CAUDAL INSTANTÁNEO MÍNIMO PARA CADA TIPO DE APARATO. ....	51
ILUSTRACIÓN 26. TABLA 7.2 DIÁMETROS MÍNIMOS DE DERIVACIONES DE APARATOS. ....	51
ILUSTRACIÓN 27. TABLA 7.3 DIÁMETROS MÍNIMOS DE ALIMENTACIÓN.....	51
ILUSTRACIÓN 28. TABLA 7.4 UDS CORRESPONDIENTES A LOS DISTINTOS APARATOS SANITARIOS.....	52
ILUSTRACIÓN 29. TABLA 7.5 UDS DE OTROS APARATOS SANITARIOS Y EQUIPOS. ....	52

ILUSTRACIÓN 30. TABLA 7.6 DIÁMETROS DE RAMALES COLECTORES ENTRE APARATOS SANITARIOS Y BAJANTE.	52
ILUSTRACIÓN 31. TABLA 7.7 DIÁMETROS DE LAS BAJANTES SEGÚN EL NÚMERO DE ALTURAS DEL EDIFICIO Y EL NÚMERO DE UD.	53
ILUSTRACIÓN 32. TABLA 7.8 DIÁMETRO DE LOS COLECTORES HORIZONTALES EN FUNCIÓN DEL NÚMERO MÁXIMO DE UD Y LA PENDIENTE ADOPTADA.	53
ILUSTRACIÓN 33. OPCIONES DE DIMENSIONAMIENTO INSTALACIÓN DE FONTANERÍA CYPE.	55
ILUSTRACIÓN 34. SELECCIÓN LOCALIDAD DEL PROYECTO EN CYPE.	56
ILUSTRACIÓN 35. ERRORES INSTALACIÓN DE FONTANERÍA EN CYPE.	57
ILUSTRACIÓN 36. COMPROBACIONES TUBERÍA INSTALACIÓN DE FONTANERÍA EN CYPE.	58
ILUSTRACIÓN 37. COMPROBACIONES APARATO INSTALACIÓN DE FONTANERÍA EN CYPE.	59
ILUSTRACIÓN 38. TIPOS DE TUBERÍAS INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO EN CYPE.	60
ILUSTRACIÓN 39. ELEMENTOS DISPONIBLES BIBLIOTECA INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO EN CYPE (1).	61
ILUSTRACIÓN 40. ELEMENTOS DISPONIBLES BIBLIOTECA INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO EN CYPE (2).	61
ILUSTRACIÓN 41. INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO EN CYPE (1).	62
ILUSTRACIÓN 42. Instalación de saneamiento en CYPE (2).	63
ILUSTRACIÓN 43. INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO EN CYPE (3).	63
ILUSTRACIÓN 44. CAPÍTULO DISPONIBLES PARA UN PROYECTO EN TEKTON 3D.	65
ILUSTRACIÓN 45. 'PROPIEDADES DEL CAPÍTULO' FONTANERÍA TEKTON 3D (1).	66
ILUSTRACIÓN 46. 'PROPIEDADES DEL CAPÍTULO' FONTANERÍA TEKTON 3D (2).	66
ILUSTRACIÓN 47. 'PROPIEDADES DEL CAPÍTULO' FONTANERÍA TEKTON 3D (3).	67
ILUSTRACIÓN 48. LIBRERÍA DE ELEMENTOS DISPONIBLES INSTALACIÓN DE FONTANERÍA EN TEKTON 3D.	68
ILUSTRACIÓN 49. INSTALACIÓN DE FONTANERÍA EN TEKTON 3D (1).	69
ILUSTRACIÓN 50. INSTALACIÓN DE FONTANERÍA EN TEKTON 3D (2).	69
ILUSTRACIÓN 51. INSTALACIÓN DE FONTANERÍA TEKTON 3D (3).	70
ILUSTRACIÓN 52. INSTALACIÓN DE FONTANERÍA TEKTON 3D (4).	70
ILUSTRACIÓN 53. INSTALACIÓN DE FONTANERÍA TEKTON 3D (5).	71
ILUSTRACIÓN 54. INSTALACIÓN DE FONTANERÍA TEKTON 3D (6).	72
ILUSTRACIÓN 55. 'PROPIEDADES DEL CAPÍTULO' SANEAMIENTO TEKTON 3D.	73
ILUSTRACIÓN 56. DATOS DE LA CONDUCCIÓN PARA SANEAMIENTO TEKTON 3D.	74
ILUSTRACIÓN 57. INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO TEKTON 3D. (1)	75
ILUSTRACIÓN 58. INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO EN TEKTON 3D. (2)	75
ILUSTRACIÓN 59. INSTALACIÓN DE FONTANERÍA E INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO TEKTON 3D.	76

ILUSTRACIÓN 60. 'PROPIEDADES DEL CAPÍTULO' INSTALACIÓN ELÉCTRICA TEKTON 3D (1). .....	77
ILUSTRACIÓN 61. 'PROPIEDADES DEL CAPÍTULO' INSTALACIÓN ELÉCTRICA TEKTON 3D (2). .....	77
ILUSTRACIÓN 62. ELEMENTOS DE BIBLIOTECA INSTALACIÓN ELÉCTRICA TEKTON 3D. ....	78
ILUSTRACIÓN 63. INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN TEKTON 3D. (1) .....	79
ILUSTRACIÓN 64. INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN TEKTON 3D. (2) .....	79
ILUSTRACIÓN 65. TRADUCTOR IFC. ESQUEMA IFC 4 DESIGN TRANSFER VIEW. ....	82
ILUSTRACIÓN 66. TRADUCTOR IFC. ESQUEMA IFC 4 REFERENCE VIEW. ....	83
ILUSTRACIÓN 67. TRADUCTOR IFC. ESQUEMA IFC 2x3 COORDINATION VIEW VERSION 2.0. ....	83
ILUSTRACIÓN 68. MODELO PRUEBA INTEROPERABILIDAD ARCHICAD. ....	84
ILUSTRACIÓN 69. TAMAÑO DE ALMACENAMIENTO DEL MODELO DE PRUEBA EN FUNCIÓN DEL TRADUCTOR UTILIZADO. ....	85
ILUSTRACIÓN 70. EXPORTACIÓN GENERAL 2x3 COORDINATION VIEW VERSION 2.0 EN BIMCOLLAB. ....	86
ILUSTRACIÓN 71. EXPORTACIÓN GENERAL IFC 4 DESIGN TRANSFER VIEW EN BIMCOLLAB. ....	87
Ilustración 72. Exportación IFC 4 Reference View en BIMcollab. ....	87
Ilustración 73. Opciones exportación IFC de un modelo creado en Tekton 3D. ....	89

# 1.- BIM

## 1.1.- METODOLOGÍA BIM

Building Information Modeling (BIM) es una metodología de trabajo digital que utiliza modelos 3D digitales como base para planificar, diseñar, construir y gestionar proyectos en construcción. Los modelos 3D contienen más que solo información gráfica, permitiendo además adjuntar propiedades a cada componente del proyecto (por ejemplo, el tipo de material, los datos de rendimiento y el coste). De este modo, los modelos se convierten en un repositorio central de toda la información relevante del proyecto que puede ser compartida entre todos los participantes del proyecto. La metodología BIM puede ser utilizada para cualquier tipo de proyecto y no sólo para edificios: puentes, carreteras y otros proyectos de infraestructura pueden beneficiarse del uso de BIM.

Si bien BIM se refiere al proceso de diseñar, gestionar y construir un proyecto de construcción utilizando un método basado en modelos, está tan interconectado con el software de modelado 3D que es un error común pensar que BIM es un software. Se trata más bien de una metodología de trabajo digital porque al utilizar un modelo de coordinación central, BIM conecta a las personas mediante un proceso transparente y permite una gestión fiable y eficiente del proyecto a través de una mejor colaboración. (ALLPLAN, s.f.)

Hasta el momento, en un proyecto de construcción se invertía relativamente más tiempo en la construcción que en la conceptualización del mismo. Esto hacía que surgieran las posibles interferencias de diseño durante la construcción del proyecto, en dónde realizar cualquier modificación resultaba mucho más costosa. El formato BIM pretende cambiar esta tendencia, permitiendo la visualización de las instalaciones y construcciones físicas por parte de cada uno de los actores involucrados antes de la construcción proyecto. De este modo, se pueden detectar los posibles problemas en las etapas iniciales del diseño, pudiendo modificar la geometría 3D del edificio o de las instalaciones antes de realizar la construcción, con el consecuente ahorro en la inversión de tiempo y recursos.

Además, el uso de esta metodología de trabajo aporta otras muchas otras ventajas como son:

- **La actualización automática de la información.** Si se modifica un elemento en BIM en una planta, se modifica automáticamente en las secciones, alzados y vistas 3D, consiguiendo minimizar así los errores humanos.
- **Mejora de los flujos de trabajo,** todos los agentes trabajan sobre un único modelo, evitándose así la descoordinación entre versiones y la pérdida de información.
- **Reducción de costes y tiempos,** BIM permite disponer en todo momento de cualquier información que se requiera, así los diferentes agentes pueden trabajar en tiempo real y de forma coordinada en un entorno colaborativo.

Para un mejor entendimiento del término BIM preciso analizar el significado y la relación de las siglas con la metodología estudiada:

- **Building:** nos informa del objeto en el cual se basa la metodología, extendiendo su uso no solo en obras de edificación, sino también de rehabilitación, obra civil y otros posibles proyectos. No considera únicamente el proceso de diseño, sino que engloba un proceso que se inicia con la misma concepción y diseño del proyecto, continua con su construcción y explotación y finaliza con la reconversión del mismo, es decir, participa en todo el ciclo de vida del activo. Aun habiéndose empleado básicamente en edificaciones, metodología más arraigada por aquellos que emplean BIM, no se descarta su uso en la concepción y seguimiento de construcción de infraestructuras, hecho que poco a poco se empieza a imponer bajo el nombre de Bridge Information Modeling.
- **Information:** por información se entiende toda la información útil que se genera durante todo el ciclo de vida de un edificio, como, por ejemplo: planos, detalles constructivos, vistas 3D, fichas técnicas, cálculos estructurales, cálculos de instalaciones, cálculos energéticos, mediciones y presupuestos, planificación de obra, documentos de uso y mantenimiento, etc.
- **Modeling:** en este concepto reside gran parte de la utilidad de la metodología BIM, ya que se trabaja en un único modelo que puede ser utilizado por aquellos agentes intervinientes en el proyecto. Dicha característica se obtiene gracias a la posibilidad de poder exportar los modelos en formatos estándares compatibles con otras herramientas informáticas, destacando principalmente los archivos en formato IFC.

Uno de los atractivos más interesantes de los sistemas BIM es que permiten poder unificar o enlazar el modelado arquitectónico de un edificio con el resto de sistemas que completan el proyecto, tales como las instalaciones, estructuras, estudios topográficos, mediciones y presupuestos, planificaciones, estudios de eficiencia energética, etc, abogando por una mayor dedicación y esfuerzo por parte de los participantes al principio del proyecto, cuando un cambio es más efectivo y menos determinante, en vez de realizarlos al final. (SOLERPALAU, s.f.)

## 1.2.- ORIGEN DEL BIM

Ya en la década de 1960, los pioneros informáticos plantearon la necesidad de modelos de construcción digital flexibles.

La revolución llegó en 1963 cuando Ivan Sutherland desarrolló Sketchpad.

Esta rudimentaria aplicación permitió a los usuarios definir la geometría, y manipular objetos en el espacio solo con la ayuda de un lápiz electrónico en una pantalla de ordenador.

No obstante, los modelos construidos por estos predecesores carecían de datos sobre características de rendimiento funcional y, sin la información sobre el funcionamiento de los edificios, resultaban unas implementaciones bastante superficiales.

En 1984, estos precursores de BIM pudieron empezar a utilizarse en ordenadores personales.

Aunque fue en 1986, cuando Robert Aish acuñó el término “modelado de construcción”, cuando estos programas se usaron por primera vez en proyectos grandes y complejos, como la renovación de una terminal del aeropuerto de Heathrow.

En 1993, el desarrollo de Building Design Advisor por parte del Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley abrió el camino para la creación de sistemas con datos de rendimiento sobre el funcionamiento de los edificios y sus componentes.

A finales de la década de 1990 y principios de la de 2000, empezó a materializarse el diseño actual de BIM.

Los objetos y las formas presentaban metadatos completamente incrustados y se podía conocer la relación entre ellos y con el edificio en general.

2004 fue un gran año para BIM.

Por primera vez, diseñadores, constructores y propietarios podían trabajar de forma colaborativa en un único modelo centralizado actualizado dinámicamente.

Así, si un diseñador aplicaba un cambio en el modelo, la lista de la compra para la construcción de los proyectos se actualizaba automáticamente, cambiando por ejemplo el número y el tamaño de las ventanas.

En 2008, cuatro años más tarde, el modelado paramétrico también registró un avance con una avalancha de diseños de salida, lo que aumentaba el control de los usuarios sobre las decisiones del proyecto.

Mientras que la digitalización láser y la captura de la realidad plagaban los modelos BIM con gran cantidad de datos precisos, el ahorro de tiempo en los preparativos del proyecto y la detección de errores en el mismo permitieron la localización automática sobre el terreno de problemas en tareas como la disposición de conductos o vigas, y evitar costosas solicitudes de cambios con la ayuda de la detección de errores.

Los ingenieros de la China Zun Tower en Pekín identificaron miles de problemas en el modelo BIM.

De ese modo, lograron reducir las solicitudes de cambios en avanzadas etapas de construcción en un 80% en comparación con otros proyectos similares.

Las indiscutibles mejoras en cuestión de tiempo, materiales y costes de BIM llevaron a que, en 2016, Reino Unido ordenara que todos los proyectos de construcción con financiación pública utilizaran BIM, una decisión secundada pronto por otros países.

Alemania exigió que, para 2020, se utilice BIM en todos los proyectos de transporte.

Con BIM disponible actualmente en la nube, los equipos pueden colaborar en el mismo modelo desde cualquier parte del mundo, lo que aumenta enormemente su eficacia. (Redshift by AUTODESK, 2020)

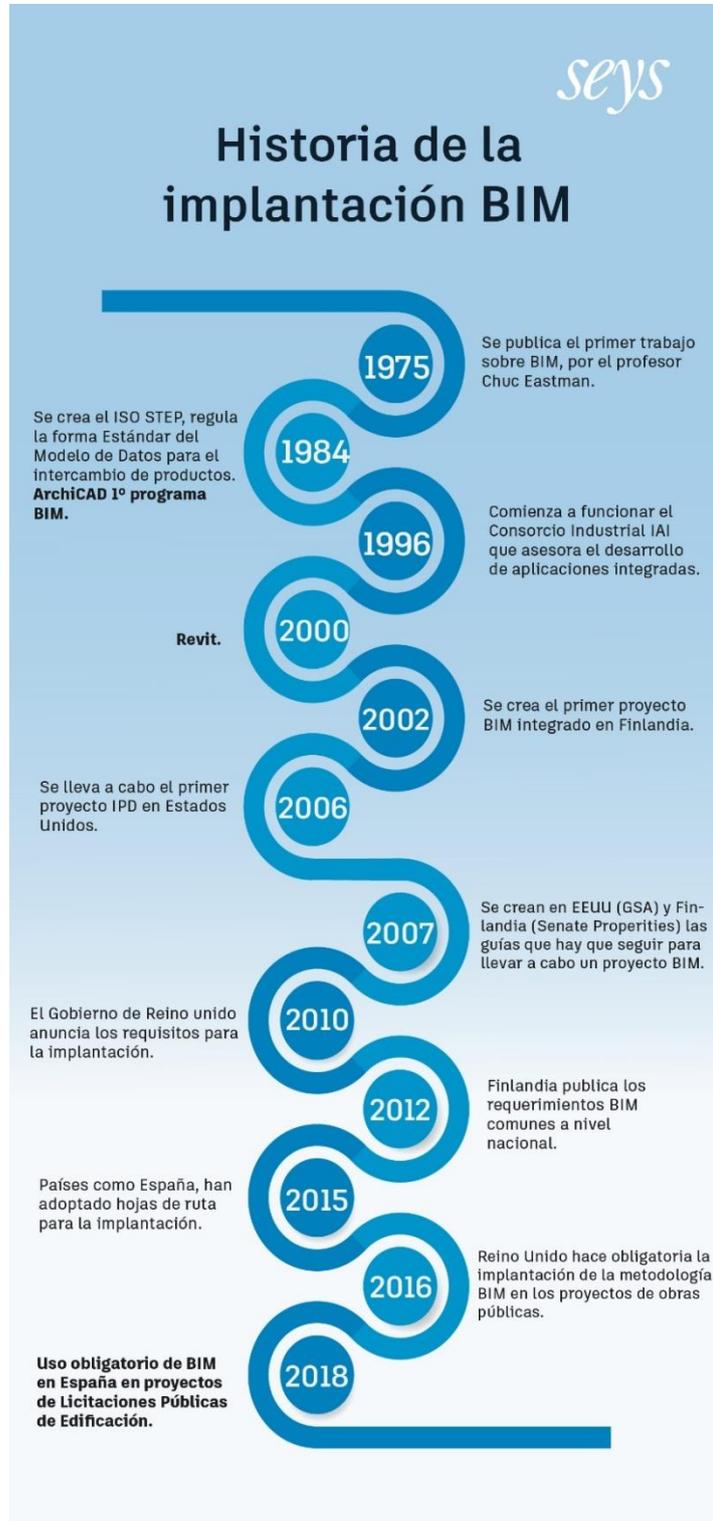


Ilustración 1. Evolución BIM. (SEYSTIC, 2018)

### 1.3.- IMPLANTACIÓN BIM

Durante la última década, la metodología BIM se ha implantado de forma progresiva en diferentes países, siendo para algunos de ellos objetivo prioritario de sus Administraciones Públicas, las cuales han impuesto o valorado su uso en obra pública, siguiendo la recomendación de la Directiva Europea de Contratación Pública 2014/24/UE.

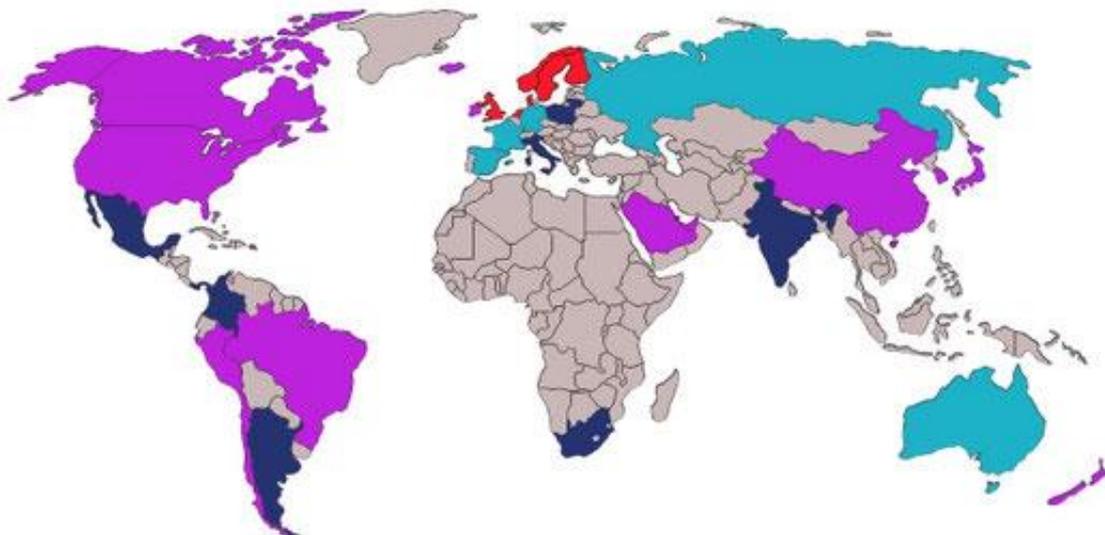


Ilustración 2. Mapa de implantación BIM en 2016. (BUILDING SMART, s.f.)

#### Uso BIM Obligatorio en Proyectos Públicos

#### Uso Obligatorio de BIM previsto en Proyectos Públicos

#### Uso habitual de BIM

#### Uso incipiente de BIM

En España, el Ministerio de Fomento creó en 2015 la Comisión Nacional es.BIM, que analiza cómo implementar BIM en el sector y cómo introducirlo en licitaciones públicas.

Para conocer un poco más el nivel de implantación de BIM en el país, la organización BuildingSmart realizó en 2021 una encuesta a 100 empresas del sector, cuyos resultados, sin ser determinantes ni extrapolables a todas las empresas, sí que pueden dar una visión del estado de implantación de BIM en España.

Se les preguntó acerca de cuántos proyectos realizan en BIM, cuyos resultados fueron que el 40% de las empresas confirmó que a fecha de la realización de la encuesta realizaban pocos o ningún proyecto en BIM, por lo que el cambio de paradigma es aún una utopía en su caso.

Para el 22,5% de las empresas sus proyectos BIM alcanzaban solo entre el 20% y el 50% de sus trabajos. El resto se seguían realizando en metodologías tradicionales. También un 22,5% de las organizaciones afirmó que entre el 50 y el 70% de sus proyectos son en BIM. Solo un 10% de las encuestadas sí reconocieron que más del 70% de sus proyectos se realizaban en BIM.

Aunque respecto a 2019, sí que se puede ver una clara mejoría en el uso de BIM por parte de las empresas. (BUILDING SMART, 2021)

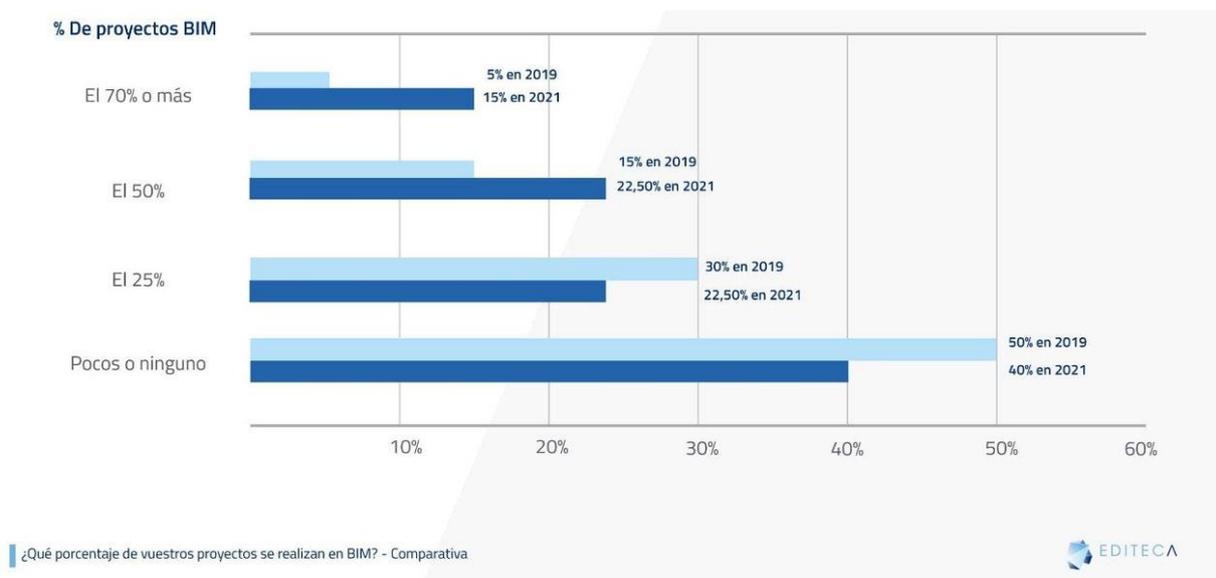


Ilustración 3. Porcentaje de proyectos realizados en BIM.

También se preguntó en la encuesta acerca del conocimiento que los empleados tenían de BIM, cuyos resultados pueden verse reflejados en la siguiente imagen:

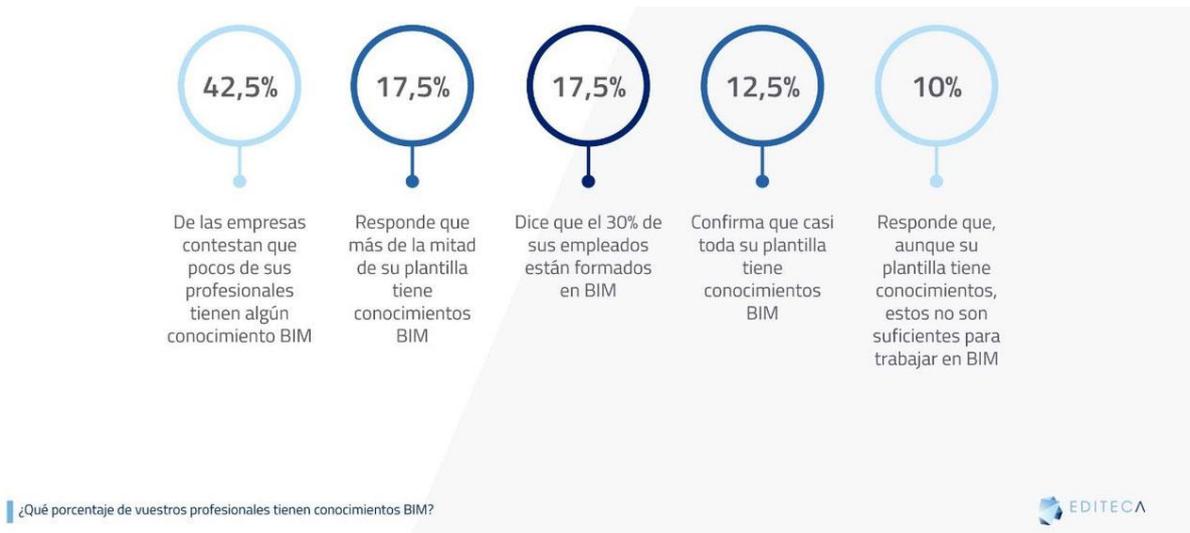


Ilustración 4. Porcentaje de profesionales con conocimiento BIM.

Algunos de los proyectos que a día de hoy se han realizado con BIM en el país son el estadio Wanda Metropolitano en Madrid, el Centro Botín en Santander o la Ciudad de la Justicia en Córdoba.



Ilustración 5. Estadio Wanda Metropolitano realizado en BIM. (Structuralia, 2019)

A nivel mundial, algunos de los proyectos que se han realizado con BIM son la ampliación del Canal de Panamá, el aeropuerto de Heathrow en Londres, el Estadio Olímpico de Bakú o el Nuevo Aeropuerto de Estambul.



Ilustración 6. Canal de Panamá realizado en BIM. (MundoBIM, 2016)



Ilustración 7. Nuevo Aeropuerto de Estambul realizado en BIM. (ASIDEK, s.f.)

#### 1.4.- NIVELES DE IMPLANTACIÓN BIM

Una de las herramientas estandarizadas para medir el grado de implantación (o madurez) BIM en un proyecto son precisamente los BIM Levels. Se trata de una sencilla escala creada por el gobierno de Reino Unido (NBS) que nos permite reconocer rápidamente en qué fase estamos con respecto al uso del BIM en

nuestros

proyectos.

Esta escala viene determinada por cuatro niveles: 0, 1, 2 y 3. Son progresivos y para alcanzar cada uno de ellos es necesario implantar nuevos procesos y mejorar los preexistentes. Vamos a verlos uno por uno (arquiPARADOS, s.f.):

### **Nivel 0 (Level 0)**

Es el inicio del camino de la implantación BIM. El nivel 0 equivale a una ausencia de colaboración. Se basa en el modelo de trabajo que se ha usado en las últimas décadas:

Producción de información en 2D mediante CAD e impresión en papel o en formatos digitales de la información para desarrollar el proyecto.

### **Nivel 1 (Level 1)**

El nivel en el que ya trabajan muchas empresas y estudios. Implica una mezcla de trabajo en 3D para la concepción del proyecto y 2D para el desarrollo de la documentación técnica.

El grado de colaboración se da, sobre todo, en el uso de un sistema de compartición de datos del proyecto, normalmente en la nube, sin embargo, el modelo no es compartido entre los miembros del equipo de forma simultánea.

### **Nivel 2 (Level 2)**

Este nivel marca el inicio de la colaboración. Todas las partes trabajan sobre su propio modelo 3D, pero comparten información en el mismo formato lo cual permite la creación de un flujo de trabajo colaborativo.

Todos los softwares BIM implicados en el proceso deben ser capaces de exportar la información a un formato común para que el resto de los participantes puedan usarla en sus modelos.

### **Nivel 3 (Level 3)**

Implica el máximo grado de colaboración. Se basa en el trabajo sobre un único modelo que es compartido por todos los participantes. Todas las partes pueden acceder y modificar el mismo modelo.

Esto permite eliminar la última capa de riesgo por conflictos de información que se daba en fases anteriores a la hora de unificar modelos. Esta fase se denomina “Open BIM”.

Para hacer viable este grado de colaboración es necesario trabajar con soluciones de software que permitan un trabajo simultáneo sobre el modelo común. Debido a ello surgen soluciones que permitan un control total sobre todos los procesos que se basan en un modelo de plataforma que integra multitud de softwares.

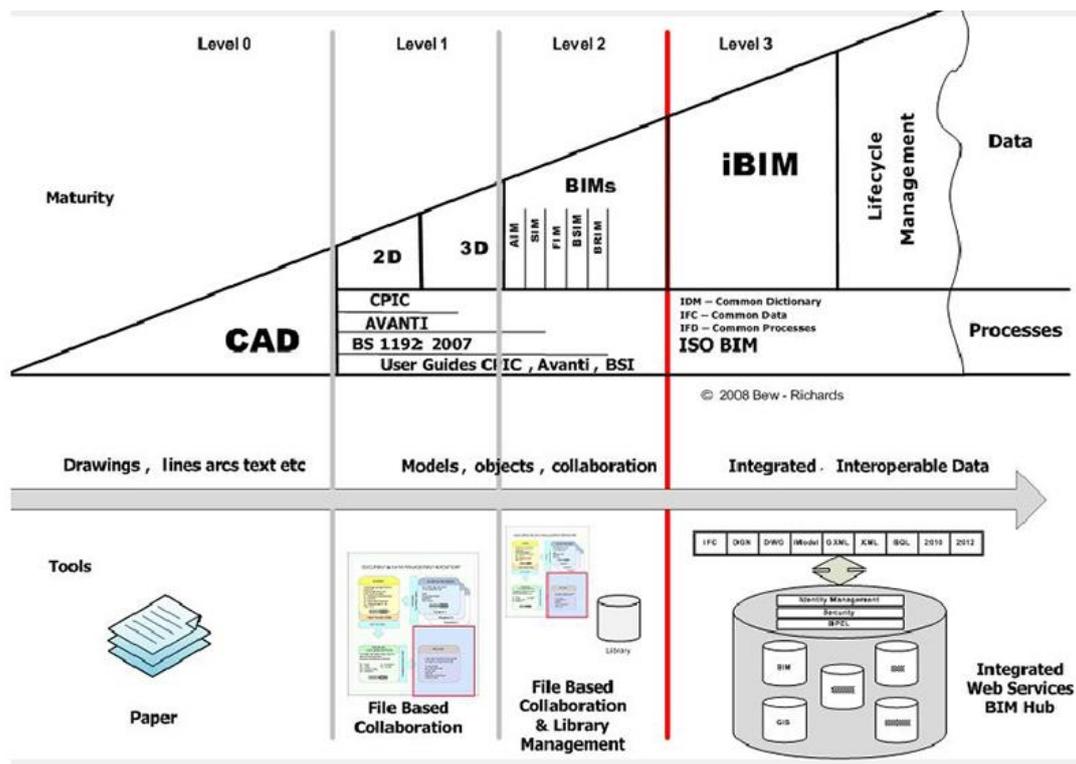


Ilustración 8. Niveles de implantación BIM.

### 1.5.- NIVELES DE DESARROLLO Y DETALLE BIM (LOD)

LOD, del inglés “Level Of Development”, es un indicador que nos dice el nivel de desarrollo que en cada caso tiene o se ha de ejecutar en el modelo BIM de cualquier edificación o infraestructura.

A veces se interpreta erróneamente como Nivel de Detalle (Level of Detail). El Nivel de Detalle se refiere en esencia a la cantidad de detalle incluida en el elemento del modelo. Sin embargo, el Nivel de Desarrollo es una medida de la cantidad de información y la calidad de esta. Es una forma de ponderar la veracidad de la información representada. Debe haber información suficiente para satisfacer el LOD requerido en cada fase del proyecto. Así, el Nivel de Detalle puede considerarse como un input del elemento, mientras que el Nivel de Desarrollo es el output. (ESPACIO BIM, 2016)

A través del LOD se conocerá el nivel de datos, parámetros y geometría de los que está dotado un modelo BIM. Esto, de forma directa, puede hacerse evidente en el aspecto visual del modelo resultante en 3D, pero no todos los parámetros son visibles observando el modelo virtual, pudiendo ser necesario interactuar con el mismo para conocer la profundidad del nivel de desarrollo (ej. datos sobre el proveedor de un elemento o instrucciones de instalación).

Están establecidos los siguientes niveles LOD:

- **LOD 100:** se trata de un nivel de aspecto físico, propuesta visual o de diseño conceptual que viene a equivaler a un 20% de la cantidad de información total posible.
- **LOD 200:** se considera un nivel básico o esquematizado que incluye información dimensional parametrizada y viene a equivaler a un 40% de la cantidad de información total posible.
- **LOD 300:** en este nivel los elementos ya incluyen funciones determinadas, además de sus dimensiones geométricas y corresponde a un 60% de la cantidad de información total posible.
- **LOD 400:** ya en este nivel los elementos cuentan con la información de un LOD 300 + los parámetros de un modelo concreto, fabricante, coste, etc. y se contempla ya a nivel de proyecto de contratación o construcción, equivaliendo a un 80% de la cantidad de información total posible.
- **LOD 500:** a este nivel se le conoce como "AS BUILT", es decir, hace referencia a un nivel en el que el modelo es una la réplica de gran fidelidad a la edificación ya construida. Este nivel se entiende que contiene el 100% de la información total posible, aunque realmente no tiene por qué ser así, como a continuación se aclarará.

Es importante pensar que se entiende a mayor LOD más características descritas de los elementos que componen el modelo BIM, pero esto no tiene que ser estricto en el sentido en que cada LOD puede no necesitar determinada información irrelevante para los objetivos del proyecto y aunque en general siempre tendrá más desarrollo que su LOD antecesor, no todos los elementos han de tener ese nivel. (BIMnD, s.f.)



Ilustración 9. Niveles de desarrollo y detalle BIM.

## 1.6.- BENEFICIOS Y LIMITACIONES DE BIM

### 1.6.1.- Beneficios:

La implantación de la metodología de trabajo BIM ha supuesto una auténtica revolución. La eficiencia en los procesos y la sostenibilidad son dos de las grandes ventajas del BIM, ya que permite desarrollar y gestionar un proyecto desde el boceto inicial hasta su derribo, pasando por la etapa de mantenimiento.

### Trabajo colaborativo y multidisciplinar

Una de las principales claves de la metodología BIM es el trabajo colaborativo entre las distintas disciplinas involucradas.

La información de cada parte del proyecto se gestiona de forma digital en un entorno común. El intercambio de estos datos entre los diferentes agentes implicados (estructura, arquitectura, instalaciones, etc.) permite una coordinación más efectiva. Además, la metodología BIM ofrece la posibilidad de trabajar de forma simultánea en remoto, apareciendo así nuevos roles, como coordinadores BIM o BIM managers –en el caso de grandes proyectos–.

Este rol se encarga de gestionar los distintos modelos digitales y sus vínculos para integrarlos en un todo. Al mismo tiempo, la labor de coordinación de todas las partes favorece la detección y solución de problemas con anticipación.

En algunos softwares, varios usuarios pueden estar de forma simultánea sobre el mismo modelo. El flujo de trabajo se realiza a través de la conexión a una red local o en la nube, por lo que los participantes en el proyecto pueden operar a la vez desde cualquier lugar.

El trabajo colaborativo es una de las grandes ventajas del BIM con respecto a los sistemas tradicionales, ya que se agilizan muchos procesos y permite un mejor control y dominio de la información.

### **Productividad y eficiencia**

El modelo digital o virtual del edificio o infraestructura se crea mediante un software paramétrico. De este modo los elementos del proyecto están relacionados entre sí y sus características están referenciadas.

Dependiendo de la función que desempeñen, dichos elementos están condicionados de una forma u otra y cualquier acción que se ejecute en el modelo, como, por ejemplo, una modificación de uno de los parámetros se actualiza de forma automática.

Este sistema supone grandes ventajas para la coordinación en el desarrollo del proyecto, ya que existe un mayor control de los elementos. Se reducen los errores y el rendimiento es mayor porque se va generando información técnica, como mediciones, vistas, secciones... al mismo tiempo que se modela. Además, la gestión de los cambios y modificaciones se agiliza de manera significativa.

Asimismo, la compatibilidad entre los distintos softwares especializados en las disciplinas que intervienen en un proyecto permite que se puedan vincular los sistemas unos con otros, favoreciendo la creación de modelos más precisos y mejor definidos. Gracias a esta capacidad de integración y control, los tiempos de elaboración y planificación también disminuyen.

### **Detección de interferencias y reducción de errores**

El trabajo colaborativo y la integración de los diferentes vínculos en un mismo modelo digital permite el análisis detallado de la situación. Básicamente, disponemos de un edificio o infraestructura virtual con el nivel de desarrollo que se necesite en esa fase específica del proyecto.

Existen softwares que detectan las interferencias entre los diferentes elementos que pueden ocurrir al integrar el modelo digital de arquitectura con el de estructura. Un ejemplo de ello sería una ventana que esté posicionada en medio de un pilar, o, al integrar el conjunto de instalaciones, un conducto de ventilación que choca con una viga.

Con la metodología tradicional es común encontrarse con este tipo de problemas en la etapa de obra. Esto se debe, principalmente, a la falta de un análisis tan exhaustivo de la información y de la interconexión de los distintos vínculos. Esto implica tomar decisiones o hacer cambios *in situ*, provocando sobrecostes y el empleo de más recursos.

Con la metodología BIM, todos estos problemas pueden ser detectados con antelación, pudiendo así anticipar las posibles soluciones.

### **Optimización de recursos**

Gracias al trabajo colaborativo y a las diferentes herramientas de control y coordinación de la metodología BIM podemos desarrollar los proyectos con mucha

más exactitud en cuestión de mediciones y tener un mayor rendimiento en las tareas de desarrollo y gestión.

El hecho de poder controlar de una forma más precisa todos los elementos hace que la cuantificación de recursos necesarios se haga de una manera más ajustada.

En el caso del gasto en materiales, al tener un modelo virtual del edificio o infraestructura completo bien detallado y estudiado, podemos evitar los problemas de interferencias y optimizar los recorridos de los diferentes sistemas. Es el caso de los trazados de tuberías, conductos, uniones y cableado eléctrico, entre otros.

De igual manera, gracias a la automatización de muchos procesos de documentación del proyecto y a la productividad que se obtiene con el uso de las herramientas BIM, los agentes implicados pueden disponer de tiempo para dedicarse a tareas más importantes.

### **Gestión a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto de construcción**

Como comentábamos inicialmente, el uso de la metodología BIM puede abarcar todas las fases de un proyecto: desde la idea inicial de diseño hasta el mantenimiento.

La potencia del BIM no termina en su aplicación a las fases de diseño y ejecución. Por lo general, al finalizar esta última, se completa la documentación tal y como se ha construido. Se trata de la información “*As built*” del proyecto, que se centraliza en el modelo virtual final del edificio. Es decir, el resultado es una réplica digital exacta con toda la información del inmueble o infraestructura en un archivo.

Se puede identificar cualquier elemento rápidamente, ver sus características y obtener la información necesaria de una forma inmediata. Marcas de equipos, tipo de contrato de mantenimiento de una máquina, etc.; todos estos datos necesarios para la gestión del edificio pueden estar incluidos en el modelo digital. Del mismo modo, el archivo se puede actualizar durante toda la vida útil de la infraestructura o inmueble en el caso de que se realicen cambios.

De esta manera, las labores de mantenimiento y gestión de los activos, así como la operatividad, se agilizan optimizando recursos y reduciendo gastos.

### **Sostenibilidad y eficiencia energética**

La tecnología BIM ofrece la posibilidad de realizar análisis energéticos gracias a la cantidad de datos de cálculo que se pueden extraer del modelo. Materiales, aislamiento u orientación del edificio son algunos campos que se pueden estudiar en detalle con el modelo digital en entorno BIM, y así maximizar la eficiencia energética de la futura construcción.

La optimización de los materiales y de los recursos, el aumento de la eficiencia y productividad, así como la reducción del consumo energético y la contaminación hacen que el uso de la metodología BIM sea más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

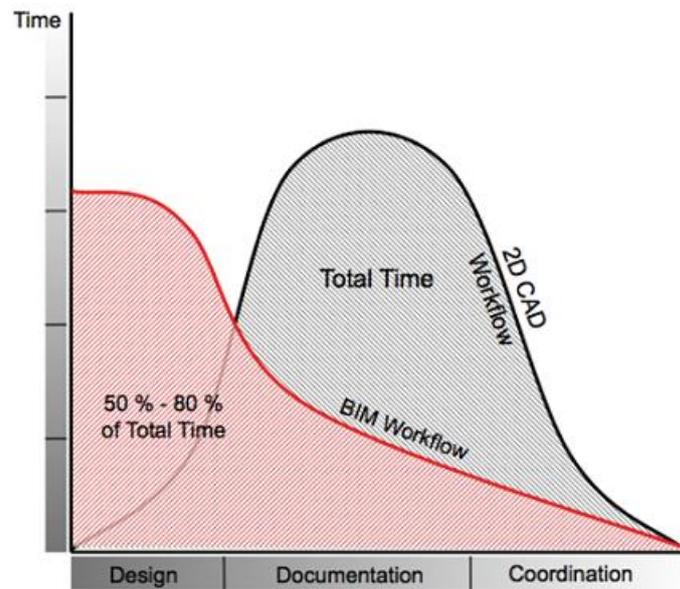


Ilustración 10. Comparativo flujo de trabajo entre CAD y BIM. (BIMnD, 2019)

### 1.6.2.- Limitaciones

La metodología BIM ha llegado para quedarse por los múltiples beneficios que aporta al sector. No obstante, existen algunos puntos que, hoy en día, hay que tener en cuenta.

#### **Inversión económica**

Uno de los principales inconvenientes del BIM es la alta inversión económica que las empresas tienen que hacer frente para implantar la nueva metodología en su trabajo.

El cambio del modelo tradicional al sistema BIM requiere de una estrategia de implementación que supone gastos en formación, nuevas licencias de software y tiempo de transición y adaptación.

#### **Formación**

Al tratarse de un modo de trabajo totalmente diferente a los sistemas de diseño asistido por ordenador tradicionales, es necesario el aprendizaje de la nueva tecnología.

Las empresas tienen que introducir programas de formación para sus empleados y no siempre es factible. Con carga de trabajo de por medio, falta de tiempo y presupuestos ajustados, la formación de la plantilla supone un hándicap para muchas empresas que buscan incorporar perfiles ya formados.

#### **Situación de transición**

Hoy en día, un gran número de empresas del sector de la ingeniería y la arquitectura son conscientes de las ventajas que ofrece el sistema de trabajo BIM y han llevado a cabo su implantación.

Otras, por el contrario, se encuentran en fase de transición o estudiando la viabilidad del cambio a la metodología BIM. Esta situación hace que exista cierta resistencia ese cambio y que se den ocasiones en proyectos de construcción en las que conviven ambos sistemas.

El hecho de combinarlos reduce notablemente el potencial de la metodología BIM, ya que no se alcanzan los mismos niveles de productividad y eficiencia de los procesos.

En términos generales, la metodología BIM ofrece muchas más ventajas que inconvenientes a la hora del desarrollo y gestión de proyectos de construcción. El futuro de las empresas del sector de la ingeniería y arquitectura pasa por el uso de esta tecnología. Hoy en día, las ventajas del BIM son indudables para una gestión integral de un proyecto de construcción y para la sostenibilidad del planeta.

Tanto es así, que en muchos países es ya un requisito obligatorio para proyectos del sector. En el caso de España, el uso de la metodología BIM se exige desde hace unos años para las licitaciones públicas de edificación y obra civil, lo que, sin duda, indica el rumbo del camino a seguir. (ESDIMA, s.f.)

### **1.7.- PROGRAMAS BIM**

Los programas BIM más conocidos y utilizados por los usuarios son los siguientes:

-ArchiCAD:

Programa desarrollado por la empresa húngara Graphisoft. Su desarrollo comenzó en 1982 originalmente para Macintosh, donde se convirtió en un software popular. Está reconocido como el primer software de CAD para computadora personal capaz de crear tanto dibujos en 2D, así como 3D. (Curso Autocad, s.f.)

Es un software de dibujo asistido por computador de la categoría BIM o modelado de información de construcción disponible para sistemas operativos Windows y Mac OS. Permite al usuario un diseño paramétrico de los elementos, con un banco de datos que contiene el ciclo de vida completo de la construcción, desde el concepto hasta la edificación.

Se puede construir edificaciones, inicialmente en un ámbito 2D (desde planta), basándose en parámetros básicos, tales como altura, largo, espesor y elevación, en el caso de muros, y altura, ancho, largo y elevación en el caso de objetos, además el uso de este conlleva un conocimiento básico de términos usados en la arquitectura, puesto que los ámbitos más específicos (puertas, ventanas, escaleras, forjados y techos) se usan parámetros tales como: alféizar, telar, paso, contrapaso, etc. (Wikipedia, s.f.)

En una aplicación integrada en el flujo de trabajo OpenBIM, por lo que permite el intercambio de información y archivos con los demás programas que también utilicen este flujo de trabajo mediante la extensión .ifc, a la que se pueden exportar los proyectos generados en esta aplicación.

Dentro del programa, está el modelador de instalaciones MEP (Mechanical/Electrical/Plumbing), con el cual los usuarios pueden crear, editar o importar redes MEP 3D (conductos, tuberías y bandejas portacables). Este modelador también ayuda al trabajo de los arquitectos si solo se dispone de dibujos 2D. Es una herramienta útil para modelar dibujos MEP prediseñados. Utilice el dibujo DWG 2D importado como referencia de trazado, en este caso, para acelerar el modelado. (BIMtechla, s.f.)

- Revit:

Autodesk Revit es un software de BIM para Microsoft Windows, desarrollado actualmente por Autodesk. Permite al usuario diseñar con elementos de modelación y dibujo paramétrico. No está disponible para el software MacOS.

Fue creado por Revit Technology Corporation (antigua Charles River Software) en 1999, y desde entonces se han lanzado 31 versiones del programa con modificaciones y mejoras. Fue adquirido por Autodesk en el año 2002. La última versión es Revit Architecture/Structure/MEP 2022, la cual se encuentra disponible en versiones de 64 bits. (Wikipedia, s.f.)

Revit ofrece la posibilidad de modelado 3D, pero también pone a disposición recursos para generar toda la documentación 2D tradicional (plantas, cortes, vistas, elevaciones, etc.), ítems necesarios para la documentación de cualquier tipo de proyecto. Permite obtener el cuantitativo de los materiales especificados en el proyecto. Es únicamente un modelador, aunque es posible introducir extensiones del programa (plug-ins) que permitan realizar cálculos de las diferentes disciplinas (arquitectura, instalaciones, etc.) que componen el proyecto.

Revit ofrece recursos para el desarrollo de proyectos arquitectónicos, estructurales y de sistemas (eléctrico, hidráulico, aire acondicionado, etc.), permitiendo incluso visualizar y trabajar separadamente cada una de estas disciplinas.

Además, ofrece una infraestructura para el trabajo colaborativo, es decir, múltiples profesionales trabajando en un mismo proyecto. Todos tienen acceso al proyecto completo, sin embargo, cada usuario solo puede realizar alteraciones en su propio archivo. (Blocks, 2021)

En una aplicación integrada en el flujo de trabajo OpenBIM, por lo que permite el intercambio de información y archivos con los demás programas que también utilicen este flujo de trabajo mediante la extensión .ifc, a la que se pueden exportar los proyectos generados en esta aplicación.

Dentro del programa se encuentra el Revit MEP, que permite crear instalaciones de cualquier tipo. Se encontrarán proyectos para instalaciones hidráulicas, sanitarias, eléctricas y especiales para un modelado rápido y eficiente. Como se ha mencionado anteriormente, el software ofrece extensiones para optimizar

productividad, analizar el rendimiento, calcular la presión y flujo dentro de las instalaciones mediante parámetros establecidos. (J., s.f.)

-Cype:

Creado por CYPE, una empresa que desarrolla y comercializa software técnico para los profesionales de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción.

La trayectoria de CYPE se inicia en 1983 con una intensa actividad en el terreno de la ingeniería y el cálculo de estructuras, lo que motiva el desarrollo informático de aplicaciones para cubrir las necesidades propias y las de sus clientes.

Como resultado se crea el programa Cype, el cual abarca tres áreas fundamentales en la elaboración del proyecto (CYPE, s.f.):

- Diseño y análisis estructural  
CYPECAD, CYPE 3D, Muros pantalla, Marcos...
- Diseño y cálculo de instalaciones  
Infraestructuras urbanas, CPECAD MEP, CYPETHERM, etc.
- Gestión de obras y documentación de proyecto  
Generador de precios, Memorias CTE, Libro del edificio, Estudio de rehabilitación energética de edificios, Pliegos de condiciones, Arquímedes y control de obra...

Hay varias versiones en función del uso que se vaya a hacer del programa.

Cype cuenta con una página denominada BIMserver.center Store, desde la cual se puede acceder a la descarga de una amplia variedad de programas concretos en función del proyecto que se vaya a realizar, si es una instalación, para calcular presupuestos, etc.

Los proyectos forman parte del flujo de trabajo colaborativo OpenBIM, y es por ello por lo que todos los proyectos son almacenados en el programa BIMserver.center, una plataforma de Cype para el almacenamiento en la nube de archivos con formatos estándar abiertos, en la que el creador permite accesos al proyecto a todos los integrantes de manera que todos los participantes pueden interactuar y compartir información de cualquier proyecto que se esté realizando.

Cype cuenta con el módulo para instalaciones de CypeCAD MEP, pero debido a su desuso general, se ofrece la descarga de aplicaciones específicas para las diferentes instalaciones desde BIMserver.center Store. El cálculo de las instalaciones lo realiza de acuerdo con la normativa vigente.

-TeKton 3D:

Desarrollado por la empresa inventa ingenieros, TeKton3D es una aplicación modular 3D para el diseño y cálculo integrado de la edificación y las instalaciones de un proyecto (fontanería, saneamiento, climatización, electricidad, iluminación, contra

incendios, solar térmica y fotovoltaica, gas, aire comprimido, etc.) y justificación del cumplimiento de la normativa aplicable (limitación de la demanda y consumo energéticos, protección frente al ruido, etc.). (iMventa ingenieros, s.f.)

#### - Sketchup:

SketchUp (anteriormente Google SketchUp) es un programa de diseño gráfico y modelado en tres dimensiones (3D) basado en caras. Es utilizado para el modelado de entornos de planificación urbana, arquitectura, ingeniería civil, diseño industrial, diseño escénico, GIS, videojuegos o películas. (Wikipedia, s.f.)

En el año 2000 cuando se desarrolló la primera versión del software SketchUp, publicada inicialmente por la compañía Last Software. Luego fue comprado por Google en 2006, aunque más tarde vendió el software en 2012 a la empresa californiana Trimble. Actualmente hay 3 versiones del programa en función del uso que se vaya a hacer de él.

Tiene una versión de prueba gratuita de 30 días, pero el programa es de pago. (3D natives, 2020)

#### - ALLPLAN:

Tercer software BIM más usado, sólo por detrás de Revit y ArchiCAD.

Allplan es un software BIM de diseño paramétrico asistido por computadora 2D/3D paramétrico para arquitectura e ingeniería (BIM), desarrollado por la empresa ALLPLAN del Grupo NEMETSCHKE. Funciona bajo el sistema operativo Windows, aunque nació bajo plataforma Unix.

Inicialmente, el software era una solución interna de un despacho ingeniería de Múnich, Alemania, liderado por el profesor Nemetschek que posteriormente se fue mejorando y adaptando a lo que tenemos hoy en día. Un software BIM para Arquitectura, Ingeniería y Constructoras.

Integra los módulos de: diseño, representación, arquitectura, territorio y diseño de carreteras e ingeniería.

En una aplicación integrada en el flujo de trabajo OpenBIM, por lo que permite el intercambio de información y archivos con los demás programas que también utilicen este flujo de trabajo mediante la extensión .ifc, a la que se pueden exportar los proyectos generados en esta aplicación.

Una de las principales ventajas de Allplan es que se pueden realizar un modelo 3D con el concepto del diseño del proyecto mediante multiarchivo. A partir de ese modelo 3D, se obtendrán automáticamente los alzados, secciones, plantas, detalles, etc.

El nivel de detalle de los elementos constructivos varía según la escala y el tipo de diseño. Las propiedades de los elementos simulan el funcionamiento del edificio y ofrecen información sobre los espacios (superficies, usos, etc.), y elementos como las cotas, los dibujos, las diferentes anotaciones, los cuadros de superficies, etc., están dinámicamente vinculados al modelo. Cualquier cambio que se realice se verá reflejado en todos los elementos, porque están interconectados. Allplan permite el cálculo del presupuesto del proyecto. (Wikipedia, s.f.)

Mediante el módulo Allplan Instalaciones, el estudio de instalaciones técnicas en edificios, incluso los de mayor complejidad, se hace de forma muy rápida, gracias a un innovador método de diseño continuo.

La metodología operativa es muy intuitiva y permite el posicionamiento en el edificio de los elementos terminales de la instalación, como radiadores, sanitarios, elementos de ventilación o extracción de aire; después podemos trazar gráficamente toda la red de conductos o de tuberías. (Software selección, s.f.)

Los programas que se van a utilizar para este proyecto van a ser ArchiCAD, Revit, Cype y Tekton 3D.



## 2.- INTRODUCCIÓN

En este Trabajo de Fin de Grado (TFG) se va a realizar el diseño, trazado y cálculo en 3D de varias instalaciones, como la de saneamiento, eléctrica, fontanería, calefacción, ventilación o incendios, partiendo de una serie de proyectos reales y utilizando cuatro programas, realizando una comparativa final de ellos.

Como se ha dicho anteriormente, una de las bases y ventajas del BIM es la interoperabilidad, es decir, la posibilidad del trabajo conjunto de varias personas (o grupos de personas) dentro del mismo proyecto, para que cada una se ocupe de la realización de una parte del mismo. En este caso, únicamente se van a modelar las instalaciones, y para ello se debe de contar con un modelo arquitectónico previo, realizado por un arquitecto, y cuya realización no entra dentro del ámbito de este trabajo.

Para el diseño y cálculo de las instalaciones, hay dos opciones que destacan respecto del resto. Por un lado, está la opción de realizar el modelado y el cálculo de manera separada e independiente, realizando el modelado por un lado en un programa de modelado, y el cálculo por otro utilizando herramientas como por ejemplo Microsoft Excel. La otra opción consiste en realizar tanto el modelado como el cálculo en un mismo programa, el cual realizará las operaciones necesarias para obtener los resultados de la instalación y nos permitirá obtener un archivo final en el que esté realizado tanto el diseño como el cálculo de la misma. Se van a probar las dos opciones.

Este trabajo sólo se va a centrar en el diseño y dimensionamiento de las instalaciones propiamente dichas, sin tener en cuenta aspectos externos tales como la composición de los diferentes tabiques y cerramientos de la nave, los ventanales, etc., a pesar de que en instalaciones como la de climatización, estos parámetros sí que jugarían un papel relevante.

En el desarrollo de este Trabajo Fin de Grado se va a alcanzar un nivel de desarrollo/detalle (LOD) de 300, puesto que los elementos creados ya incluyen determinada información como su geometría o los materiales que lo componen, pero siguen siendo 'objetos genéricos', es decir, no incluyen en su información marcas, fabricantes o costes.

Este proyecto está desarrollado de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 19650-1:2019 sobre los cumplimientos que deben tener las obras realizadas en BIM.



### 3.- OBJETIVOS

El objetivo de este TFG va a ser la comparación de diferentes opciones de realizar el diseño y cálculo de las instalaciones de un proyecto real en base al análisis de las distintas herramientas disponibles en el mercado.

### 4.- METODOLOGÍA

Para dar por terminadas las instalaciones de un proyecto, es necesario obtener un modelo de las mismas, unos planos y unos resultados numéricos.

Existen dos posibles maneras de llegar a ello. La primera consiste en realizar los cálculos en un programa exclusivo de cálculo para, a continuación, realizar el modelo en otro programa. La segunda consiste en realizar tanto el modelo como el cálculo en un mismo programa. En este proyecto se van a probar las dos opciones.

Para ello, y conociendo unos resultados numéricos iniciales, en una primera parte se realizará el modelado del trazado de las instalaciones desde los programas de arquitectura, empezando con el programa Archicad MEP, para seguir con el modelado en Revit MEP, y analizar sus diferencias.

En una segunda aproximación al objetivo, se realizará el modelado y cálculo de estas instalaciones utilizando programas como Cype y TECKTON 3D.

Por último, se realizará la importación de modelos IFC en programas de cálculo de instalaciones para su posterior exportación del modelo MEP también en IFC. Para ello se volverá a trabajar con los programas mencionados anteriormente.

El resultado permitirá comprobar los resultados de cálculo y ayudará a definir los procesos de intercambio de información entre los distintos profesionales que intervienen durante la fase de diseño y obra.

No se incluyen en este trabajo ningún tipo de estudio de simulaciones o soluciones para la gestión del mantenimiento de estas instalaciones.



## 5.- PROYECTO

El proyecto sobre el que se va a trabajar es un proyecto real, de una nave industrial situada en la Avenida de Madrid nº46, en la localidad de Valladolid.

Se pretende realizar una reforma de sus instalaciones, para un nuevo uso del local como taller mecánico-automotriz, con una parte, en la zona sur, destinada al trabajo con los vehículos y otra, en la zona norte de la nave, como zona de oficinas, la cual está dividida en dos plantas. La nave tiene una superficie útil en planta de 432,5m<sup>2</sup> y una superficie total construida de 561,55m<sup>2</sup>.



Ilustración 11. Ubicación del proyecto en Valladolid.

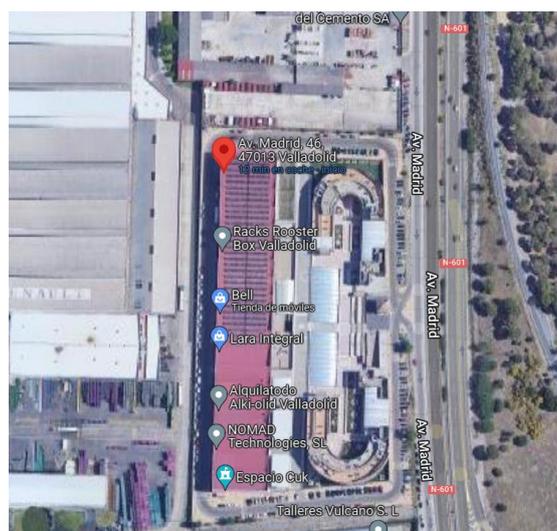


Ilustración 12. Ubicación de la nave industrial.

Cuenta con todos los servicios, acceso rodado asfaltado, saneamiento, abastecimiento de agua potable, suministro eléctrico, alumbrado público y canalización de gas natural.

## 6.- MODELADO DEL TRAZADO DE LAS INSTALACIONES

En este apartado se va a describir el proceso de modelado de las instalaciones de la nave industrial que alberga las instalaciones.

Para el modelado de las instalaciones hemos utilizado dos programas: ArchiCAD y Revit. La elección de estos dos programas ha sido debido a que son los dos programas BIM más utilizados a nivel profesional en España, con un 73,8% de uso de Revit, ampliamente por encima del segundo clasificado, ArchiCAD, con un 3,8% de uso, de acuerdo con la encuesta realizada por CBIM (Comisión BIM del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana de España). (ESPACIO BIM, 2018)

En este caso, a partir del modelo arquitectónico y los cálculos de las instalaciones, se está en disposición de poder realizar el trazado de éstas.

Los propios programas suelen traer asociados una biblioteca de elementos que se pueden insertar en los proyectos como tuberías y cables, aparatos sanitarios, aparatos eléctricos, puntos de inicio de recorrido, puntos de finalización de recorrido, codos o salientes de tuberías, los cuales no es necesario diseñarles porque esto ya ha sido realizado previamente, sino que basta con insertarles en su posición correcta dentro del proyecto. Las tuberías y los cables vienen, además, con sus diámetros normalizados. En el caso de las primeras, también es posible cambiar el color y su material.

Es posible que algunos objetos concretos no existan en sus librerías. Para ello, hay unas librerías online de las cuales se pueden descargar estos elementos. La que más variedad presenta es *bimobjects*, la cual posee un amplio rango de objetos y muchas variedades de ellos. Es posible descargar los elementos para que sean utilizados en diferentes programas. Precisamente por eso, al intentar ser tan versátil, pierde calidad y, una vez insertados, es más difícil trabajar con ellos. Hay otras páginas que también ofrecen catálogos en línea, aunque con una menor oferta de objetos. Es el caso de *bimcatalogs*, que destaca por tener una amplia variedad de fabricantes; *bimetica*; *bimcomponents* que proporciona productos para las aplicaciones de Graphisoft, tales como ArchiCAD, o la página de *bim&CO*.

Además, hay fabricantes que pagan a los desarrolladores de los programas para que sus productos/aparatos aparezcan en las bibliotecas de éstos, o para que desde la página web de los fabricantes se puedan descargar sin problema.

El trazado de las tuberías se puede realizar en el 3D a partir de la cota de la tubería, pero, lo más frecuente, es realizar el trazado partiendo de una vista en planta del nivel deseado y, determinando la cota de la tubería desde ese nivel, iniciar el recorrido.

En los programas es preciso definir unas agrupaciones de elementos antes de comenzar a trabajar.

En el caso de ArchiCAD, se trata de definir unas capas y unos sistemas. Las capas organizan la visualización del modelo, agrupando los elementos de características similares, o de la misma familia, y permitiendo visualizarles u ocultarles en el modelo. Los sistemas tienen una función similar, pero estos no tienen tanta relevancia en el 3D, sino que sirven para agrupar los elementos pertenecientes a una misma instalación. También se pueden crear sistemas de tal manera que las instalaciones queden divididas, por ejemplo, en fontanería para diferenciar el agua caliente sanitaria del agua fría sanitaria. Es muy necesaria una correcta clasificación de los elementos en los diferentes sistemas y capas de cara a un buen trabajo con el proyecto y para un eficiente intercambio de información entre programas.

En el caso de Revit, los sistemas MEP ya vienen definidos por defecto, por lo que el propio programa realizará la agrupación de forma automática, pero sí es necesario seleccionar la disciplina en la que se va a trabajar, que no es más que indicar al programa si el entorno de trabajo tiene que ser arquitectura, estructura, fontanería, electricidad, etc., de manera que el programa configure los menús con las herramientas y las bibliotecas para el diseño de cada uno. Además, se pueden elegir subdisciplinas, que no son más que agrupaciones dentro de las diferentes disciplinas para tener los elementos aún más organizados. En el menú superior aparecen los elementos de cada instalación.

Como se ha mencionado anteriormente, una de las principales ventajas de BIM es el trabajo colaborativo entre los distintos participantes de un proyecto. En el caso de ArchiCAD, se ha utilizado un entorno de trabajo propio del programa denominado 'Teamwork', que permite el trabajo en el proyecto desde diferentes dispositivos de manera simultánea y sin interferencias en el modelo entre los distintos integrantes que estén trabajando en el proyecto al mismo tiempo, mediante la adjudicación de diferentes partes del proyecto a cada usuario y enviando/recibiendo los cambios realizados por cada uno al terminarlos, para que, si se vuelve a abrir el proyecto, todas las modificaciones se vean reflejadas de manera conjunta en el mismo. Revit también permite esta opción, pero no ha sido utilizada.

## **6.1.- INSTALACIÓN DE FONTANERÍA**

La instalación se realiza de acuerdo con el Código Técnico de Edificación en su sección HS 4 – Suministro de agua y al RITE.

La acometida se encuentra situada en la esquina suroeste de la nave, a cota cero de proyecto, por lo que ahí empieza el recorrido. La tubería del agua fría sanitaria (AFS) sube hasta una cota de 7,391 metros salvando la ménsula y, a partir de ahí, recorre la nave de forma longitudinal hasta la zona de oficinas, de donde se distribuye tanto a los baños de la planta superior, como a los baños de la planta baja.

El material de los tubos elegidos ha sido cobre, y en uno de los baños tenemos ubicada un calentador instantáneo eléctrico para la producción de ACS para toda la nave.

Sería posible instalar en la instalación de fontanería un retorno de ACS, el cual consiste en aprovechar el agua que se perdería desde que se abre el grifo del agua caliente hasta que el agua llega al grifo y comienza a salir recirculándolo de nuevo hasta la caldera, de tal manera que se reduzca el tiempo de llegada del ACS. Para ello se instala otra tubería que se encarga de mantener el ACS circulando por toda la instalación a la espera de que se abra el grifo. Se instala una bomba de circulación que se encarga de sacar una pequeña cantidad de agua y mantenerla circulando por todos los grifos de la instalación. Si esa agua no se usa, se devuelve al acumulador. En este caso, en ninguno de los diseños se va a modelar dicha tubería de recirculación.

A continuación, se adjunta el esquema de principio de la instalación de fontanería:

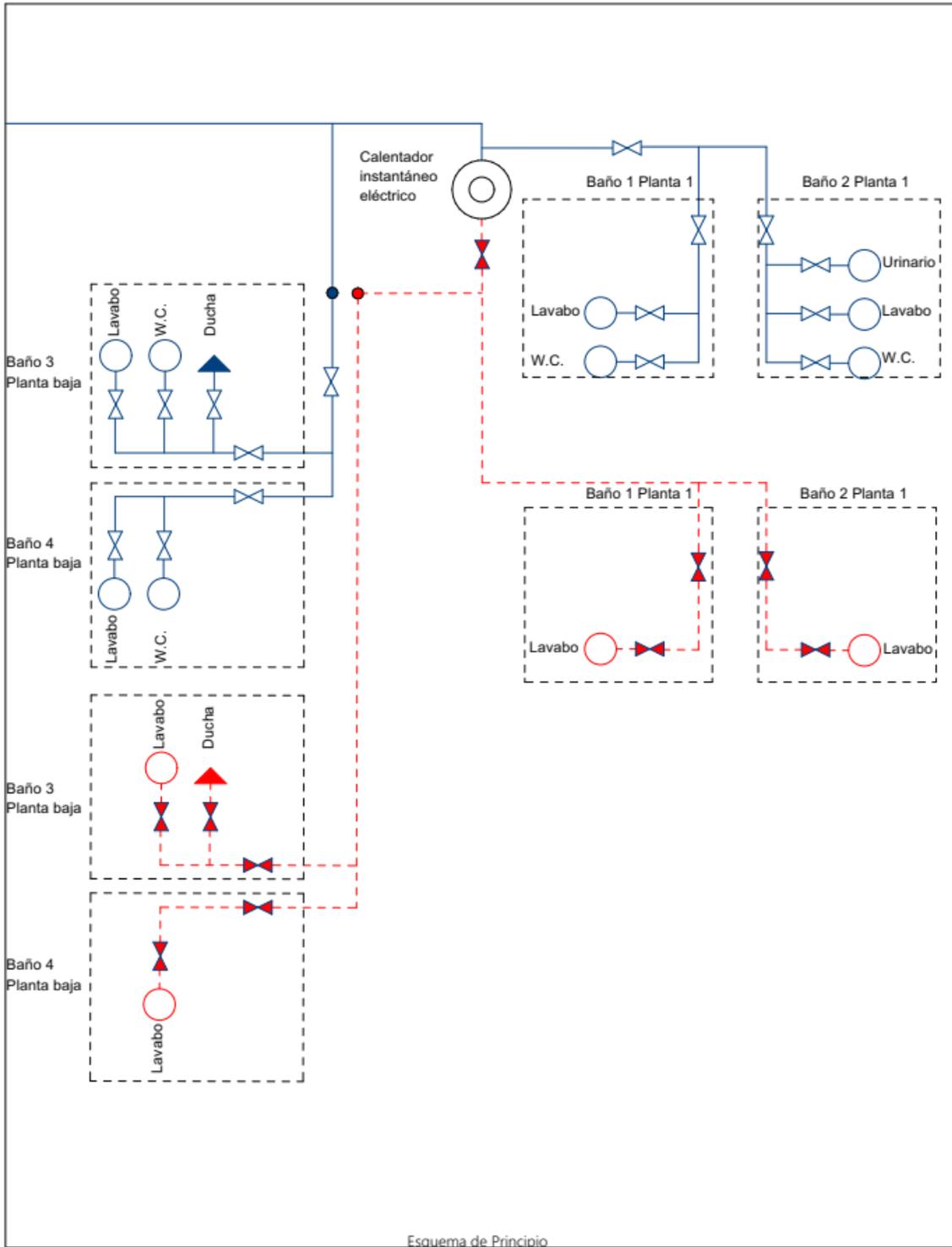


Ilustración 13. Esquema de principio instalación de fontanería.

### 6.1.1.- GRAPHISOFT ArchiCAD

El primer programa utilizado ha sido ArchiCAD. La instalación se ha diseñado conociendo la ubicación de la acometida, de los sanitarios y valorando los recorridos más favorables de la instalación.

Al ejecutar el programa con el modelo arquitectónico cargado, lo primero que se debe hacer es configurar el entorno de trabajo. Para este TFG, el entorno de trabajo va a ser exclusivamente el de MEP Ingeniería 25. Aquí se puede observar el recorrido para ajustar dicho perfil.

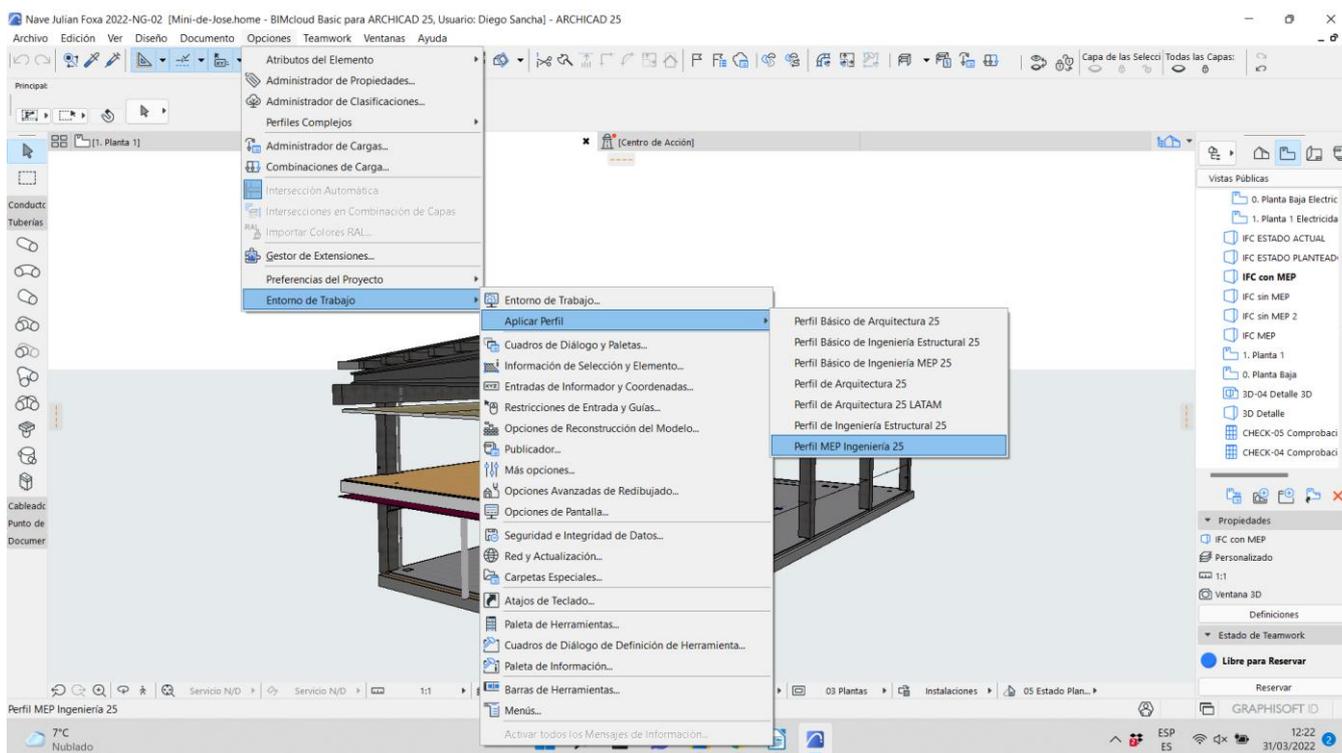


Ilustración 14. Perfil de trabajo utilizado en ArchiCAD.

Una vez ajustado, ya se tendría el entorno listo para comenzar a trabajar, apareciendo en la parte izquierda de la pantalla los diferentes elementos para las instalaciones que se podrían ir creando.

En el submenú ventanas → paletas, se pueden elegir una serie de paletas que van a aparecer en la parte superior de la pantalla y que van a permitir acceder a diversas funciones/visualizaciones de forma mucho más rápida.

El siguiente paso es definir los sistemas que se van a crear. En este caso, la definición de sistemas se hace desde el submenú diseño → sistemas MEP o, como ha sido mencionado anteriormente, desde la paleta 'sistemas MEP'. Aquí se

pueden crear, modificar o eliminar los sistemas del proyecto. En este caso, los sistemas existentes son:

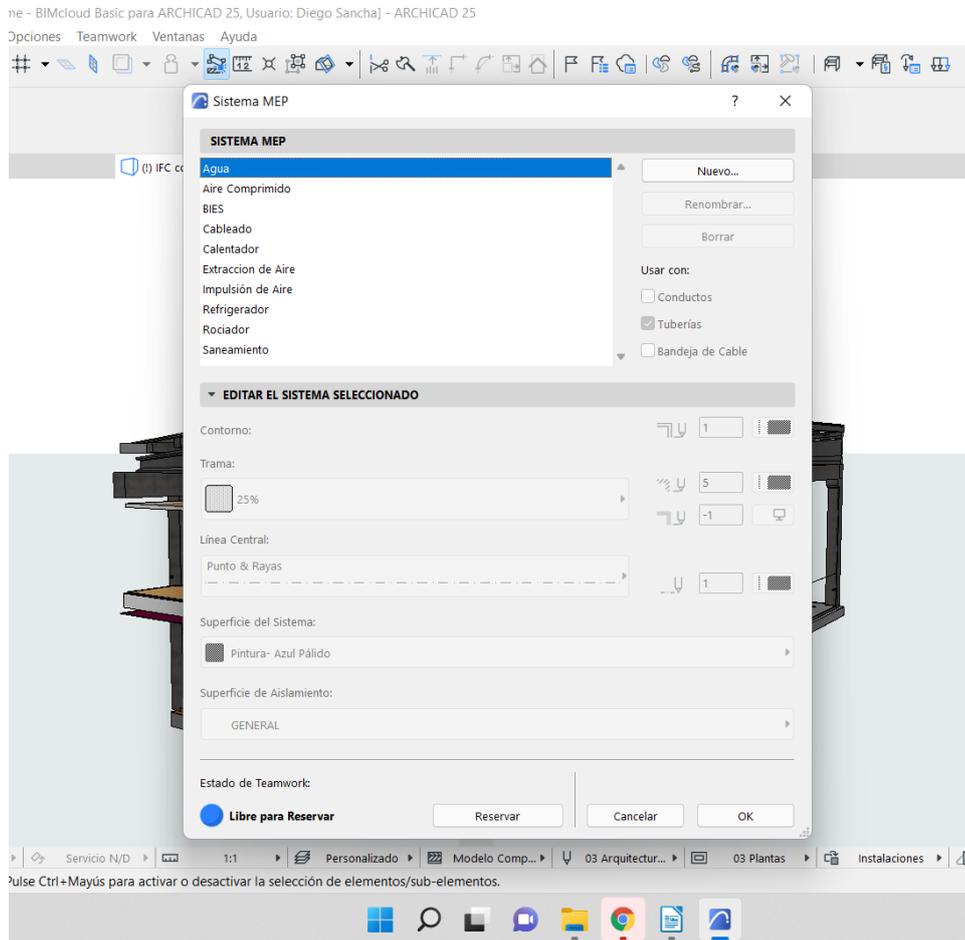


Ilustración 15. Sistemas de elementos en ArchiCAD.

Definidos los sistemas se está en disposición de empezar con el diseño de la instalación.

Existe una herramienta muy útil, denominada 'Recorrido MEP', la cual permite, en planta, realizar el recorrido de una instalación, previamente definido el diámetro de las tuberías, su cota y su sistema MEP.



Ilustración 16. Opción realizar 'Recorrido MEP' para el trazado de las tuberías.

Ya sólo queda realizar el trazado de la instalación cuyo resultado ha sido:



Ilustración 17. Instalación de fontanería en ArchiCAD (1).

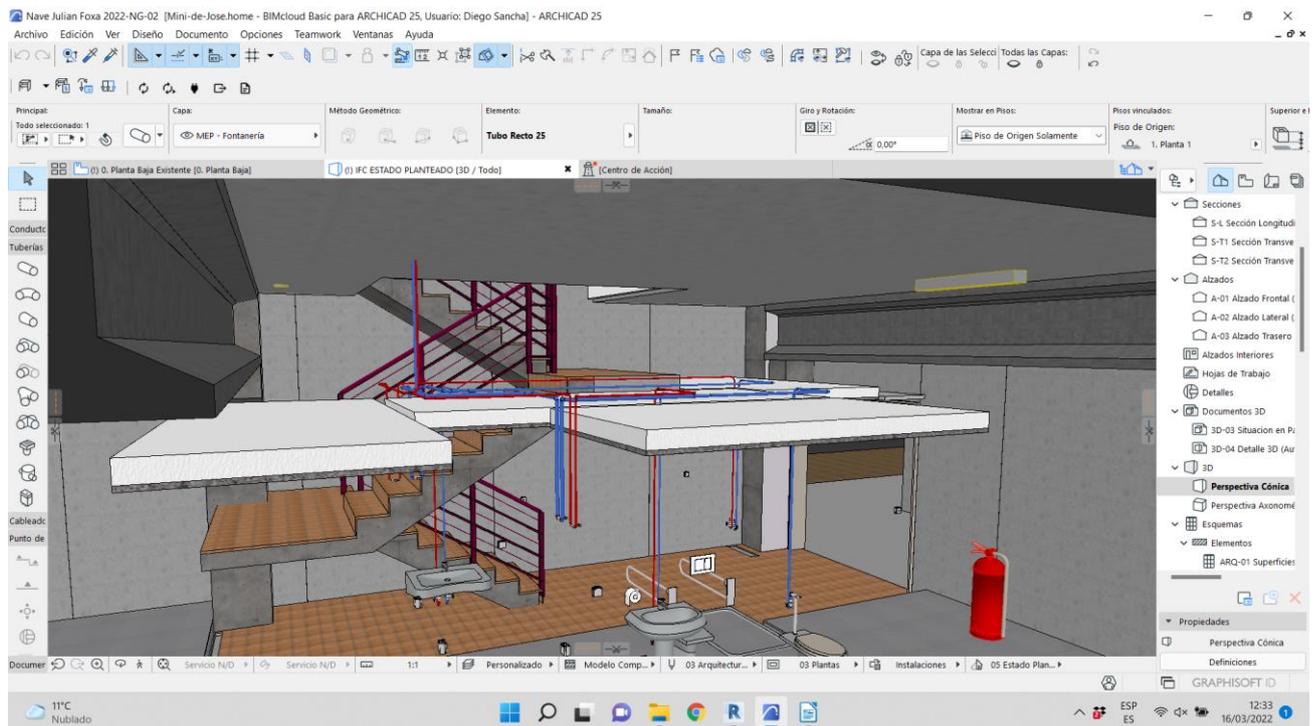


Ilustración 18. Instalación de fontanería en ArchiCAD (2).

### 6.1.2 AUTODESK - REVIT

En el caso del trazado de la instalación con Revit, también se parte de la ubicación de la acometida y de los aparatos sanitarios. En este caso, y al realizar el trazado de las tuberías sobre un modelo arquitectónico ya realizado, e importado en IFC, ha sido necesaria la instalación de aparatos sanitarios. Los aparatos instalados han sido los propios del programa para facilitar el proceso.

Para comenzar a modelar, es preciso haber elegido la disciplina y subdisciplina correspondiente y, eligiendo los elementos de dicha instalación, que aparecen en el menú superior, se está en disposición de realizar el trazado de la misma.

Con el atajo de teclado VV, se accede a un menú en el que se pueden elegir los elementos que se visualizan o se ocultan del modelo de cara a facilitar la visualización.

Una vez realizado el modelado, el resultado ha sido el siguiente:

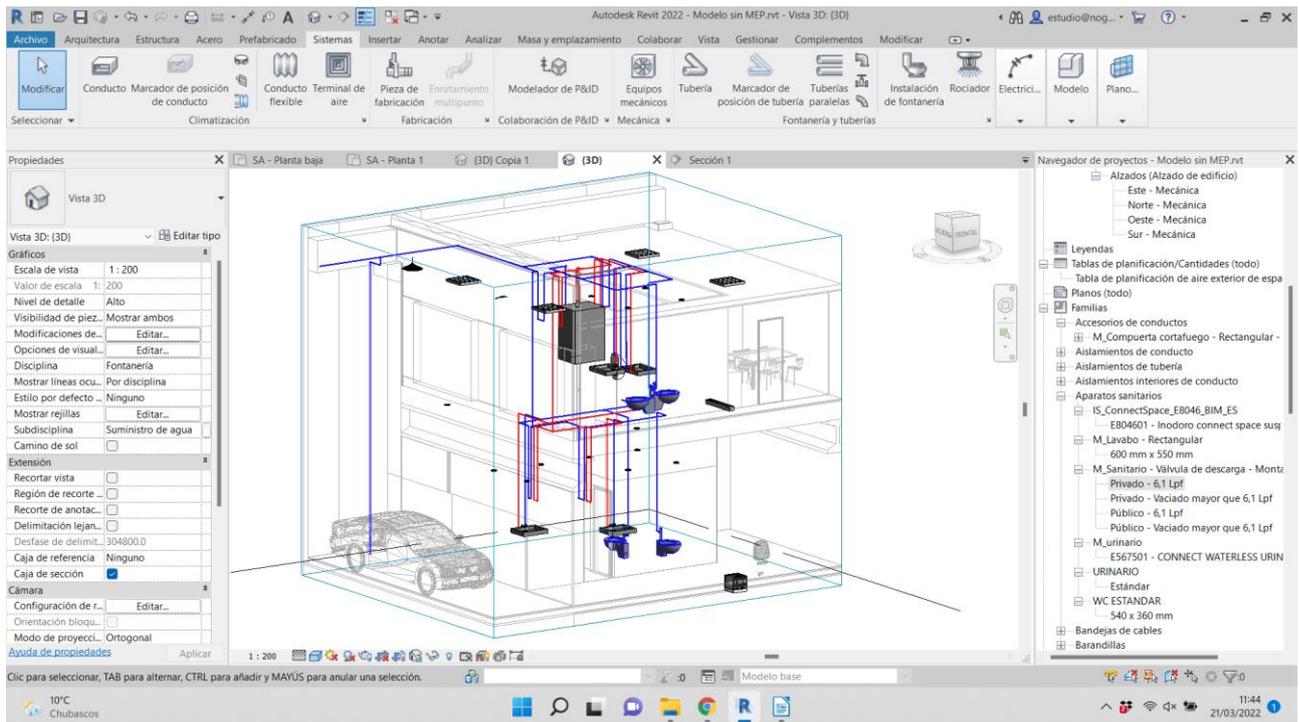


Ilustración 19. Instalación de fontanería en Revit.

## 6.2.- INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO

La instalación se realiza de acuerdo con el Código Técnico de Edificación en su sección HS 5 – Evacuación de aguas.

En la nave existen 9 arquetas, que son registros los cuales realizan las conexiones entre las tuberías que canalizan el agua desde el interior de la nave hasta el exterior.

En este caso sólo se va a modelar el recorrido de evacuación de las aguas residuales.

El material de los tubos elegidos ha sido PVC.

### 6.2.1 GRAPHISOFT ArchiCAD

Nuevamente, primero se va a proceder al diseño de la instalación en ArchiCAD.

Para ello, es conveniente definir primero el nuevo sistema (saneamiento) del menú mostrado en la *Ilustración 15*, para que las tuberías queden todas agrupadas en él.

Una vez elegido el sistema, se procede a la realización del recorrido cuyo resultado ha sido el siguiente:

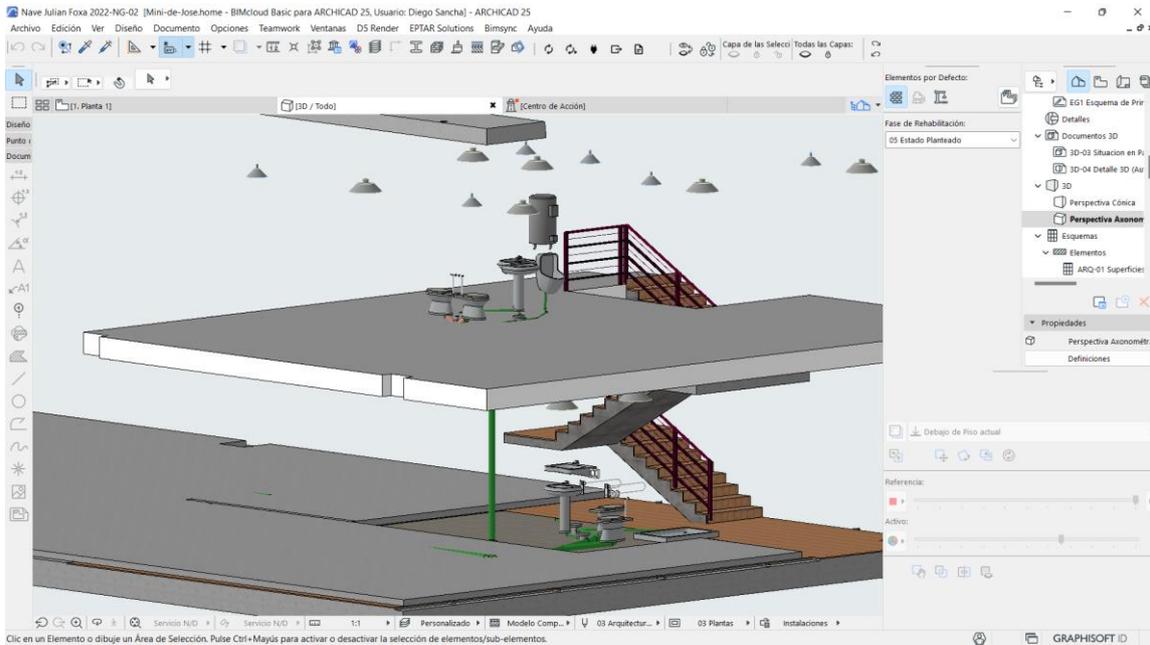


Ilustración 20. Instalación de saneamiento en ArchiCAD (1).

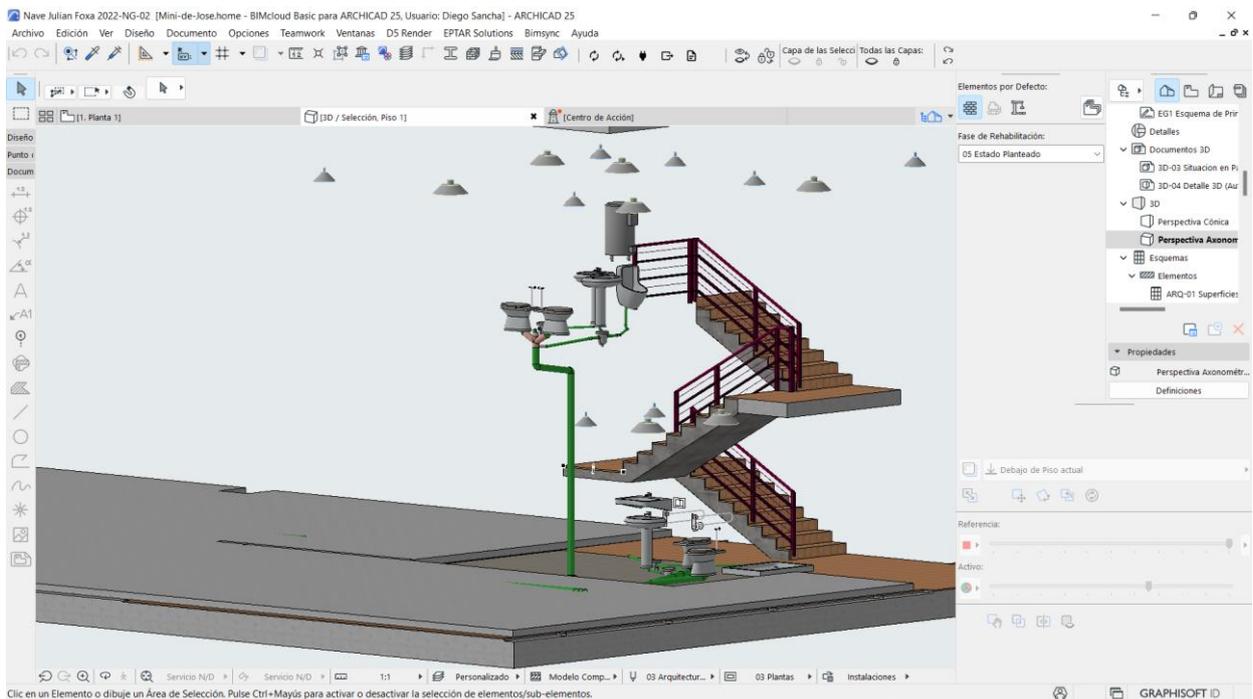


Ilustración 21. Instalación de saneamiento en ArchiCAD (2).

## 6.2.2 REVIT - AUTODESK

Esta instalación también va a ser diseñada con Revit

Partiendo del mismo modelo que para la instalación de fontanería, se realiza la instalación de saneamiento.

Para realizarla, basta con nuevamente seleccionar la disciplina y la subdisciplina de instalación de saneamiento, de tal manera que los elementos creados se agrupen.

Una vez completado esto, es posible comenzar el modelado. El resultado ha sido:

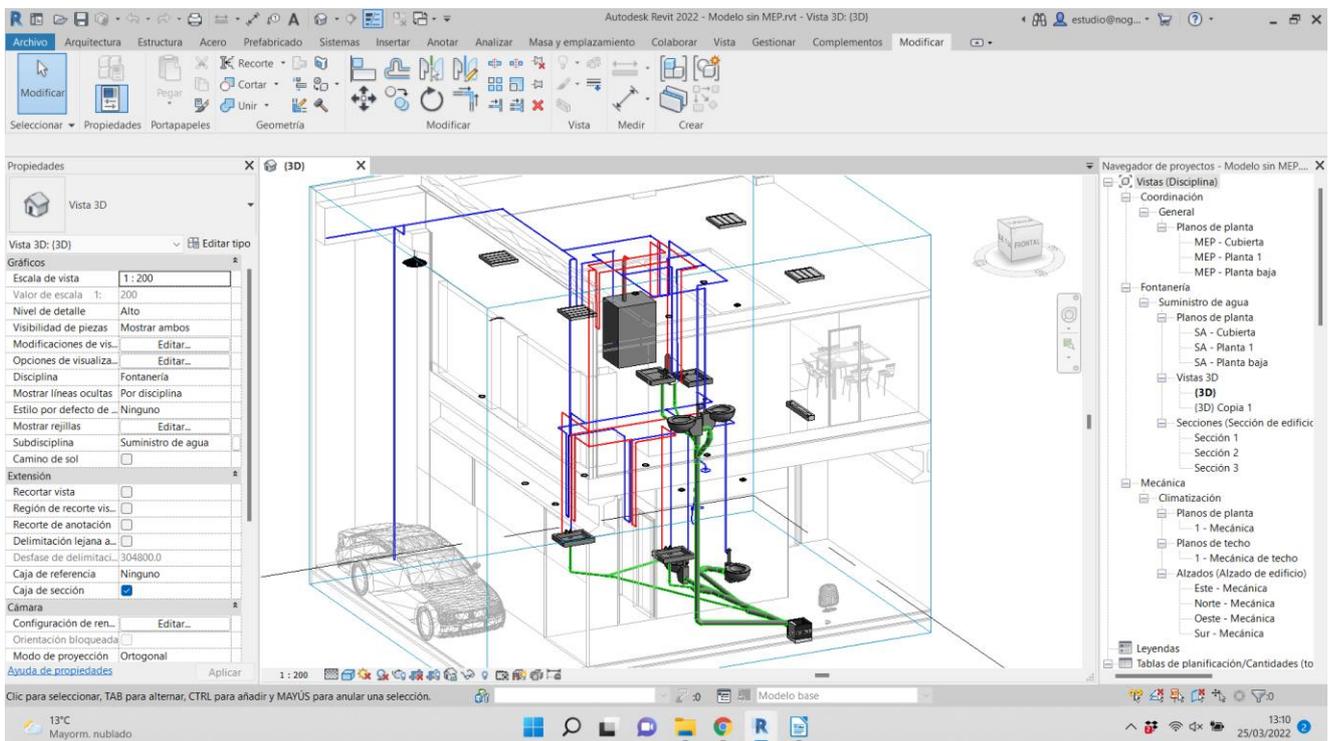


Ilustración 22. Instalaciones de fontanería y saneamiento en Revit (1).

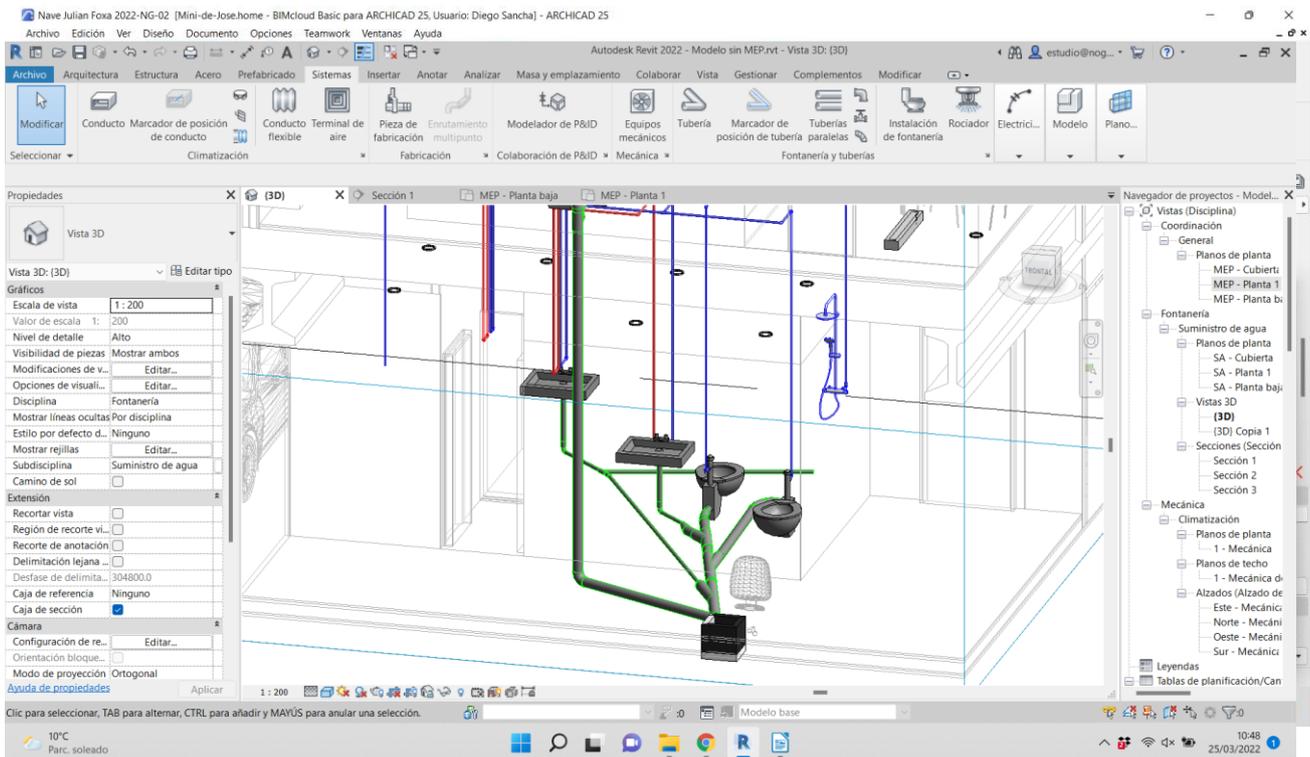


Ilustración 23. Instalaciones de fontanería y saneamiento en Revit (2).

### 6.3.- INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS

Además de las instalaciones citadas anteriormente, también se ha realizado el trazado de forma similar para la instalación de protección de incendios, la cual cuenta con dos BIEs (boca de incendios equipada), una en la zona central de la nave y otra ubicada en la segunda planta de la zona de oficinas. El agua proviene de un montante ubicado en la fachada exterior este de la nave y es el que abastece a las dos BIEs.

Se ha optado por modelarla en ArchiCAD y su resultado ha sido el siguiente:

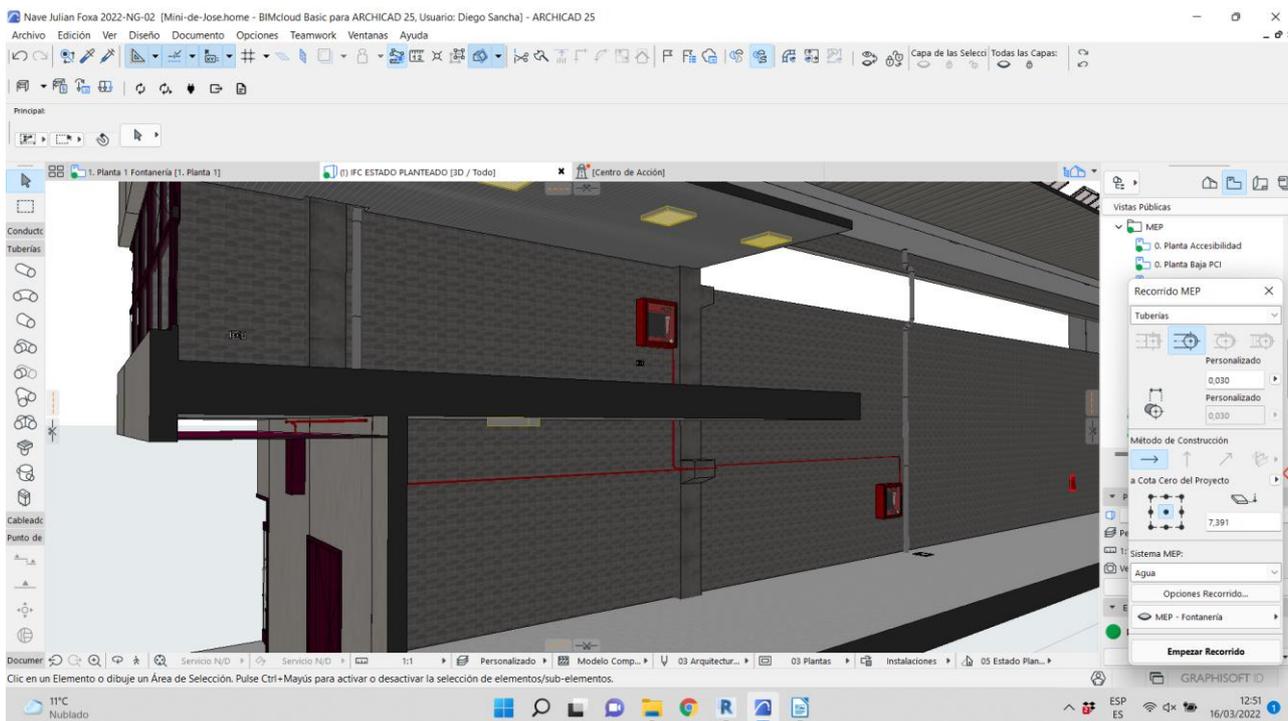


Ilustración 24. Instalación de protección contra incendios en ArchiCAD.

## PLUGINS PARA REVIT

En este apartado se va a realizar una comparativa de cuatro plugins disponibles para Revit instalaciones, de tal manera que se obtiene un programa con más funciones disponibles para el usuario de cara a facilitar el trabajo con él.

Los cuatro plugins que se van a utilizar son:

### COLOR SPLASHER

Esta es una aplicación del desarrollador BIM One.

Es una aplicación muy útil para generar una visualización de datos según los valores de los parámetros, exclusivamente en vistas 3D. Permite visualizar rápidamente flujos en conductos o parámetros como los diámetros, las pendientes, los tipos de conductos o los tamaños.

Ofrece rangos de colores más allá de los básicos que proporciona Revit por defecto, pudiéndose elegir escalas de colores, cosa que puede ser muy útil en MEP.

Revit es capaz de generar colores en el plano, además de proporcionar una leyenda de los utilizados, pero esta aplicación facilita mucho la visualización 3D del modelo por colores.

Cabe destacar que esta aplicación es gratuita.

## AVOID MEP CLASHES:

Esta es una aplicación del desarrollador NikolaIB.

Se utiliza para modificar el trazado de las tuberías de la instalación seleccionando los elementos con los que dicha instalación o tubería interfiere.

Una característica muy importante es que permite seleccionar elementos tanto del modelo como de links, es decir, que, si la instalación se está haciendo en un link aparte, dicha aplicación va a permitir editar también elementos estructurales de la arquitectura.

También va a permitir modificar el trazado de estas tuberías si se quiere de tal manera que una de ellas se desplace en cualquier dirección para dejar de colisionar. Se puede introducir el valor del desplazamiento que se desea para la tubería, así como su dirección y el ángulo de desplazamiento de la misma para esquivar la interferencia.

Como desventaja, esta aplicación no permite hacer una selección de elementos múltiples por ventana, sino que hay que ir seleccionando elemento a elemento, lo que hace que el proceso sea lento.

Tiene un precio de cinco euros y la compra no tiene fecha de caducidad.

## DESIGN MASTER RT ELECTRICAL

Del desarrollador Design Master Software.

Pese a ser la más cara de las mencionadas, esta aplicación diseñada especialmente para la disciplina de Revit electricidad, diseña los esquemas unifilares (representación esquemática de un circuito, en el que todos los conductores de un tramo son representados con una sola línea o trazo) de la instalación de forma automática.

La aplicación realiza los esquemas unifilares en AutoCAD, para luego importarles a la vista de Revit. Si se actualiza el circuito, el esquema también se actualiza.

Permite configurar de diferentes formas el grafismo y la configuración del esquema.

Por el contrario, es una aplicación bastante tediosa tanto de utilizar como de configurar.

En caso de que se realizasen muchos proyectos eléctricos en Revit, podría ser una opción a tener en cuenta.

Su precio es de 400 euros al año.

## MEP EASY SECTION

Del desarrollador Bimodel.

Aplicación muy útil para los encuentros de tuberías o conductos MEP en los que resulta difícil su visualización a la hora de modelar, así como los codos en sección.

Esto lo hace mediante una vista de sección automática que crea y, una vez finalizado su trabajo con ella, elimina también de forma automática.

Es útil para su trabajo con MEP en el día a día.

No funciona muy bien si se quiere aplicar una plantilla a dichas vistas de sección utilizadas por la aplicación, puesto que no está pensada para los planos, sino para el trabajo momentáneo con una sección determinada por ejemplo en 3D.

## 7.- MODELADO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES

Como se ha visto anteriormente, otra alternativa al cálculo y modelado de la instalación por separado, es hacerlo de forma conjunta, con un programa que sea capaz de realizar tanto el modelo 3D como el dimensionamiento de la instalación.

En este apartado se va a optar por esta vía mediante los programas Cype y Tekton 3D, puesto que Archicad no ofrece la posibilidad de cálculo, y en Revit no se va a optar por realizar los cálculos.

Nuevamente, para el diseño de estas instalaciones se parte de un modelo arquitectónico ya realizado.

Estos dos programas también cuentan con una biblioteca de elementos por defecto, y va a suceder lo mismo que en el apartado anterior, el de modelado del trazado de las instalaciones, que al contener el modelo arquitectónico los aparatos sanitarios propios del programa de origen, al importarles, no van a poder ser leídos en otro programa de tal manera que puedan ser conectados a las instalaciones, sino que, salvo que se haya optado por los de un fabricante que tenga los aparatos disponibles en todos los programas utilizados, va a ser necesario introducirles de la biblioteca de estos nuevos programas. Los aparatos se introducen ya diseñados.

En ninguno de estos casos se va a incluir tampoco la tubería de recirculación de ACS.

El programa ofrece la posibilidad de elegir qué criterio se quiere utilizar para realizar los cálculos/comprobaciones.

Se elige que para la instalación de fontanería se haga en función del Documento Básico HS4 Suministro de Agua, del Código Técnico de la Edificación, cuyas tablas exigen los siguientes caudales instantáneos mínimos y diámetros de las derivaciones:

Tabla 2.1 Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría	Caudal instantáneo mínimo de ACS
	[dm <sup>3</sup> /s]	[dm <sup>3</sup> /s]
Lavamanos	0,05	0,03
Lavabo	0,10	0,065
Ducha	0,20	0,10
Bañera de 1,40 m o más	0,30	0,20
Bañera de menos de 1,40 m	0,20	0,15
Bidé	0,10	0,065
Inodoro con cisterna	0,10	-
Inodoro con fluxor	1,25	-
Urinaris con grifo temporizado	0,15	-
Urinaris con cisterna (c/u)	0,04	-
Fregadero doméstico	0,20	0,10
Fregadero no doméstico	0,30	0,20
Lavavajillas doméstico	0,15	0,10
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25	0,20
Lavadero	0,20	0,10
Lavadora doméstica	0,20	0,15
Lavadora industrial (8 kg)	0,60	0,40
Grifo aislado	0,15	0,10
Grifo garaje	0,20	-
Vertedero	0,20	-

Ilustración 25. Tabla 7.1 Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato.

Tabla 4.2 Diámetros mínimos de derivaciones a los aparatos

Aparato o punto de consumo	Diámetro nominal del ramal de enlace	
	Tubo de acero	Tubo de cobre o plástico (mm)
	Lavamanos	½
Lavabo, bidé	½	12
Ducha	½	12
Bañera <1,40 m	¾	20
Bañera >1,40 m	¾	20
Inodoro con cisterna	½	12
Inodoro con fluxor	1- 1 ½	25-40
Urinario con grifo temporizado	½	12
Urinario con cisterna	½	12
Fregadero doméstico	½	12
Fregadero industrial	¾	20
Lavavajillas doméstico	½ (rosca a ¾)	12
Lavavajillas industrial	¾	20

Ilustración 26. Tabla 7.2 Diámetros mínimos de derivaciones de aparatos.

Tabla 4.3 Diámetros mínimos de alimentación

Tramo considerado	Diámetro nominal del tubo de alimentación	
	Acero	Cobre o plástico (mm)
Alimentación a cuarto húmedo privado: baño, aseo, cocina.	¾	20
Alimentación a derivación particular: vivienda, apartamento, local comercial	¾	20
Columna (montante o descendente)	¾	20
Distribuidor principal	1	25
< 50 kW	½	12
Alimentación equipos de climatización		
50 - 250 kW	¾	20
250 - 500 kW	1	25
> 500 kW	1 ¼	32

Ilustración 27. Tabla 7.3 Diámetros mínimos de alimentación.

Para la red de evacuación de aguas, se elige que los cálculos/comprobaciones se hagan de acuerdo con el Documento Básico HS5 Evacuación de Aguas del Código Técnico de la Edificación, cuyas tablas exigen:

**Tabla 4.1 UD's correspondientes a los distintos aparatos sanitarios**

Tipo de aparato sanitario	Unidades de desagüe UD		Diámetro mínimo sifón y derivación individual (mm)	
	Uso privado	Uso público	Uso privado	Uso público
Lavabo	1	2	32	40
Bidé	2	3	32	40
Ducha	2	3	40	50
Bañera (con o sin ducha)	3	4	40	50
Inodoro	Con cisterna	4	5	100
	Con fluxómetro	8	10	100
Urinario	Pedestal	-	4	-
	Suspendido	-	2	-
	En batería	-	3.5	-
Fregadero	De cocina	3	6	40
	De laboratorio, restaurante, etc.	-	2	-
Lavadero	3	-	40	-
Vertedero	-	-	-	100
Fuente para beber	-	0.5	-	25
Sumidero sifónico	1	3	40	50
Lavavajillas	3	6	40	50
Lavadora	3	6	40	50
Cuarto de baño (lavabo, inodoro, bañera y bidé)	Inodoro con cisterna	7	-	100
	Inodoro con fluxómetro	8	-	100
Cuarto de aseo (lavabo, inodoro y ducha)	Inodoro con cisterna	6	-	100
	Inodoro con fluxómetro	8	-	100

Ilustración 28. Tabla 7.4 UD's correspondientes a los distintos aparatos sanitarios.

**Tabla 4.2 UD's de otros aparatos sanitarios y equipos**

Diámetro del desagüe (mm)	Unidades de desagüe UD
32	1
40	2
50	3
60	4
80	5
100	6

ILUSTRACIÓN 29. TABLA 7.5 UD'S DE OTROS APARATOS SANITARIOS Y EQUIPOS.

**Tabla 4.3 Diámetros de ramales colectores entre aparatos sanitarios y bajante**

Máximo número de UD			Diámetro (mm)
Pendiente			
1 %	2 %	4 %	
-	1	1	32
-	2	3	40
-	6	8	50
-	11	14	63
-	21	28	75
47	60	75	90
123	151	181	110
180	234	280	125
438	582	800	160
870	1.150	1.680	200

Ilustración 30. Tabla 7.6 Diámetros de ramales colectores entre aparatos sanitarios y bajante.

**Tabla 4.4 Diámetro de las bajantes según el número de alturas del edificio y el número de UD**

Máximo número de UD, para una altura de bajante de:		Máximo número de UD, en cada ramal para una altura de bajante de:		Diámetro (mm)
Hasta 3 plantas	Más de 3 plantas	Hasta 3 plantas	Más de 3 plantas	
10	25	6	6	50
19	38	11	9	63
27	53	21	13	75
135	280	70	53	90
360	740	181	134	110
540	1.100	280	200	125
1.208	2.240	1.120	400	160
2.200	3.600	1.680	600	200
3.800	5.600	2.500	1.000	250
6.000	9.240	4.320	1.650	315

Ilustración 31. Tabla 7.7 Diámetros de las bajantes según el número de alturas del edificio y el número de UD.

**Tabla 4.5 Diámetro de los colectores horizontales en función del número máximo de UD y la pendiente adoptada**

Máximo número de UD			Diámetro (mm)
Pendiente			
1 %	2 %	4 %	
-	20	25	50
-	24	29	63
-	38	57	75
96	130	160	90
264	321	382	110
390	480	580	125
880	1.056	1.300	160
1.600	1.920	2.300	200
2.900	3.500	4.200	250
5.710	6.920	8.290	315
8.300	10.000	12.000	350

Ilustración 32. Tabla 7.8 Diámetro de los colectores horizontales en función del número máximo de UD y la pendiente adoptada.

## 7.1 CYPEMEP

El primer programa que se va a utilizar es Cype. Dentro de Cype, existe el módulo de CypeMEP, el cual está especializado para el cálculo de las instalaciones mecánicas, eléctricas y de fontanería, pero una tendencia al desuso general en la

utilización y estados de actualización de este módulo de Cype ha supuesto que se hayan descargado desde BIMserver.center Store las aplicaciones Cype Plumbing Water systems y Cype Plumbing Sanitary systems para la realización del modelado y cálculo de las instalaciones.

Una vez descargados los programas, lo primero que piden las aplicaciones al ejecutarlas es conectarse a BIMserver.center, una plataforma de Cype para el almacenamiento en la nube de archivos con formatos estándar abiertos, como IFC, y que permite a todos los participantes interactuar y compartir información de cualquier proyecto que se esté realizando.

En este punto, se puede abrir un proyecto ya existente desde la nube, o bien realizar uno nuevo y guardarlo en la nube. En ambos casos, el proyecto se debe encontrar en BIMserver.center.

Al abrir el proyecto, se puede ajustar la visualización del mismo mediante las vistas en planta de cada una de las plantas, definiendo los elementos ocultos y visibles, o optar por la vista 3D del modelo en su conjunto, o de las diferentes partes en las que se divide (instalaciones, modelo arquitectónico, etc.).

Para un correcto trabajo con el programa y el proyecto, después de la realización de las instalaciones, éstas se deben sincronizar, pulsando el botón 'sincronizar' de la parte superior derecha de la pantalla, con el modelo arquitectónico, para que se guarden de manera eficaz y todos los integrantes del proyecto tengan acceso a ellas.

Las instalaciones se sincronizan con el proyecto, pero se guardan de manera 'independiente', es decir, si un integrante desea abrir el proyecto, puede elegir si también desea abrir las instalaciones, alguna en concreto, sólo el modelo arquitectónico, o todo.

## INSTALACIÓN DE FONTANERÍA

Para su realización se utiliza la aplicación mencionada anteriormente Cype Plumbing Water systems.

Lo primero que es preciso realizar es la definición de la norma en función de la cual se van a realizar los cálculos, que en este caso va a ser el Documento Básico HS4 Suministro de agua del CTE. Al hacer esto, se fijan tanto el rango de presiones necesarias de los aparatos como los diámetros mínimos de algunas tuberías.

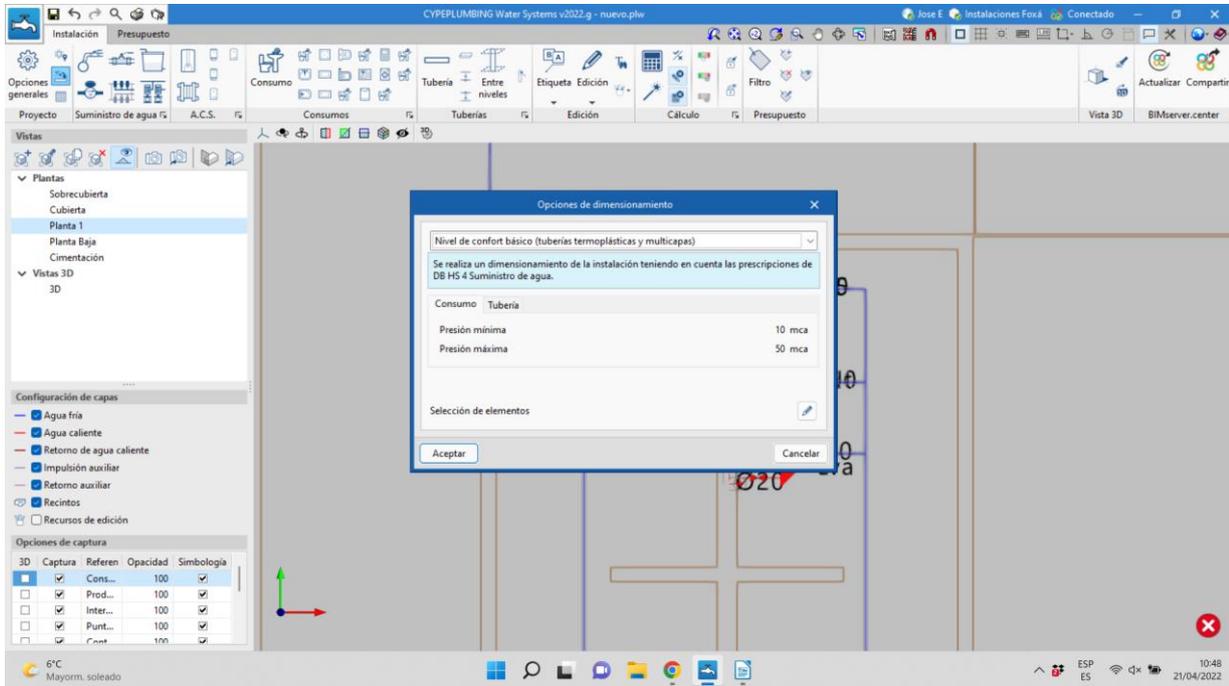


Ilustración 33. Opciones de dimensionamiento instalación de fontanería CYPE.

A continuación, se fija el emplazamiento del proyecto (Valladolid), para que queden definidas las condiciones de temperatura del agua fría abastecida y la temperatura exterior durante todos los meses del año.

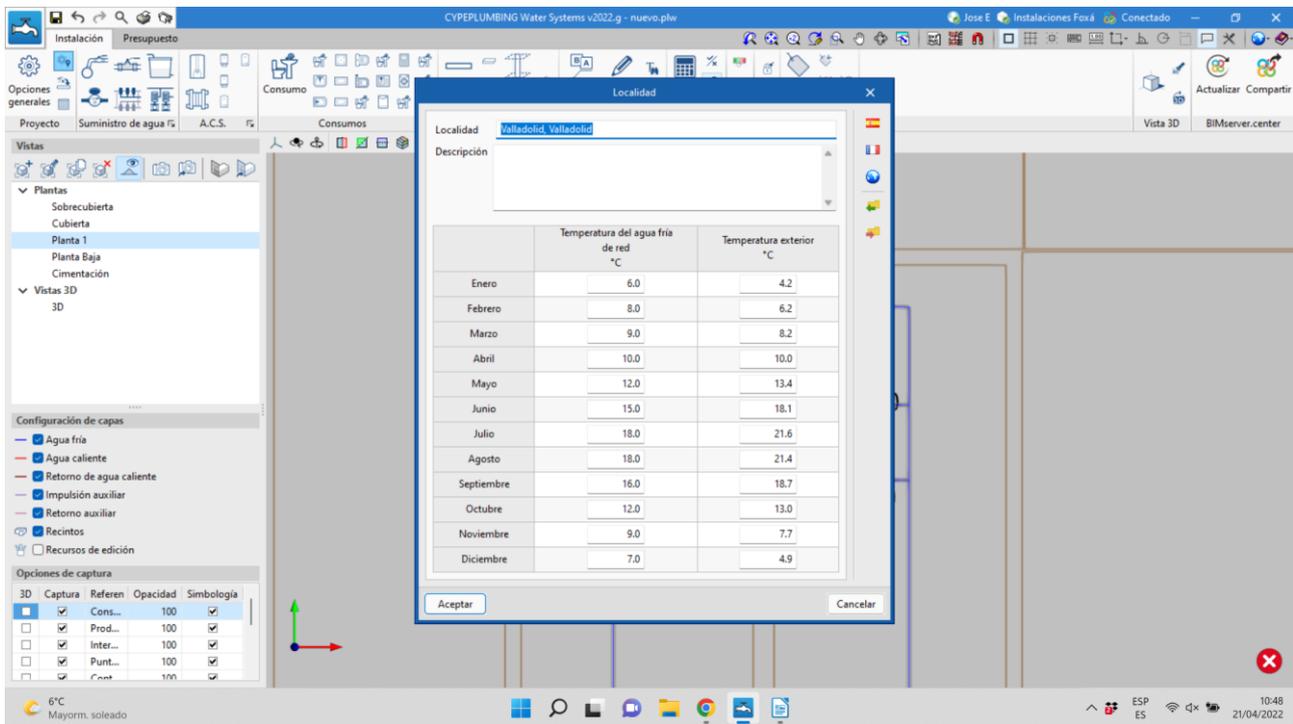


Ilustración 34. Selección localidad del proyecto en CYPE.

Definidos estos primeros datos, y establecida la vista con la que se quiere trabajar, se puede empezar con el diseño.

La aplicación tiene un menú en la parte superior, muy intuitivo, en la que aparecen las principales herramientas que van a ser utilizadas en este caso, como son los aparatos sanitarios, las tuberías y las opciones de cálculo y dimensionamiento de la instalación.

Lo primero que se va a hacer es instalar los aparatos sanitarios en su ubicación, puesto que al ser un modelo IFC importado de otro programa, con los aparatos sanitarios de otro programa, estos no aparecen al abrir el proyecto en Cype. Se instala también un termo eléctrico de producción de ACS con acumulación con una capacidad de 30 litros y una temperatura de salida del agua caliente de 60°C.

Instalados los aparatos, se procede al diseño de la instalación, de manera similar al realizado en los programas de ArchiCAD y Revit, empezando por la ubicación de la acometida en la esquina noroeste de la nave. Desde ahí se realiza el trazado de las tuberías de agua fría hasta los distintos aparatos y hasta el termo, y de agua caliente desde el termo hasta los diferentes aparatos en ambas plantas. Cype avisa si, por ejemplo, hay una llave de corte o un aparato que no ha sido conectado a la red con un mensaje para que se tenga en cuenta.

Se establece que los diámetros de las tuberías sean, por defecto, de 20mm, y las de agua caliente contengan además un aislamiento de 2cm. Posteriormente se comprobará si es adecuado o no. También se establece que la presión en los

aparatos sanitarios sea, por defecto, de 1 mca, el cual es muy bajo, pero no será relevante puesto que estos valores no van a ser definitivos.

El método de trabajo de Cype consiste en seleccionar la planta sobre la que deseas trabajar y, utilizando la vista en planta de dicha planta, se va trazando el recorrido de cada tubería. Por defecto, genera las tuberías en la cota 0 de dicha planta, y la ubicación de estas viene determinada por la cota de los puntos de inicio, fin y cambio de dirección, por lo que para situarla en una cota concreta es preciso definir estas cotas posteriormente.

Es preciso elegir el tipo de tubería que constituye cada tramo modelado, es decir, si es tramo de acometida, de local húmedo, montante o derivación individual o de aparato.

Terminado el diseño de la instalación, se procede a su cálculo, presionando el botón de calculadora ubicado en el menú superior de la aplicación.

Cype trabaja de tal manera, que verifica si las características de las tuberías y de los aparatos diseñados coinciden con las exigidas en la norma en función de la cual se realizan los cálculos. En caso de ser incorrecto o de que alguna verificación no se haya cumplido, genera un símbolo de error en la tubería o aparato que no cumple las condiciones mínimas de funcionamiento.

En este caso, al haber introducido todas las dimensiones por defecto, se comprueba si cumplen con las especificaciones de la norma o no:

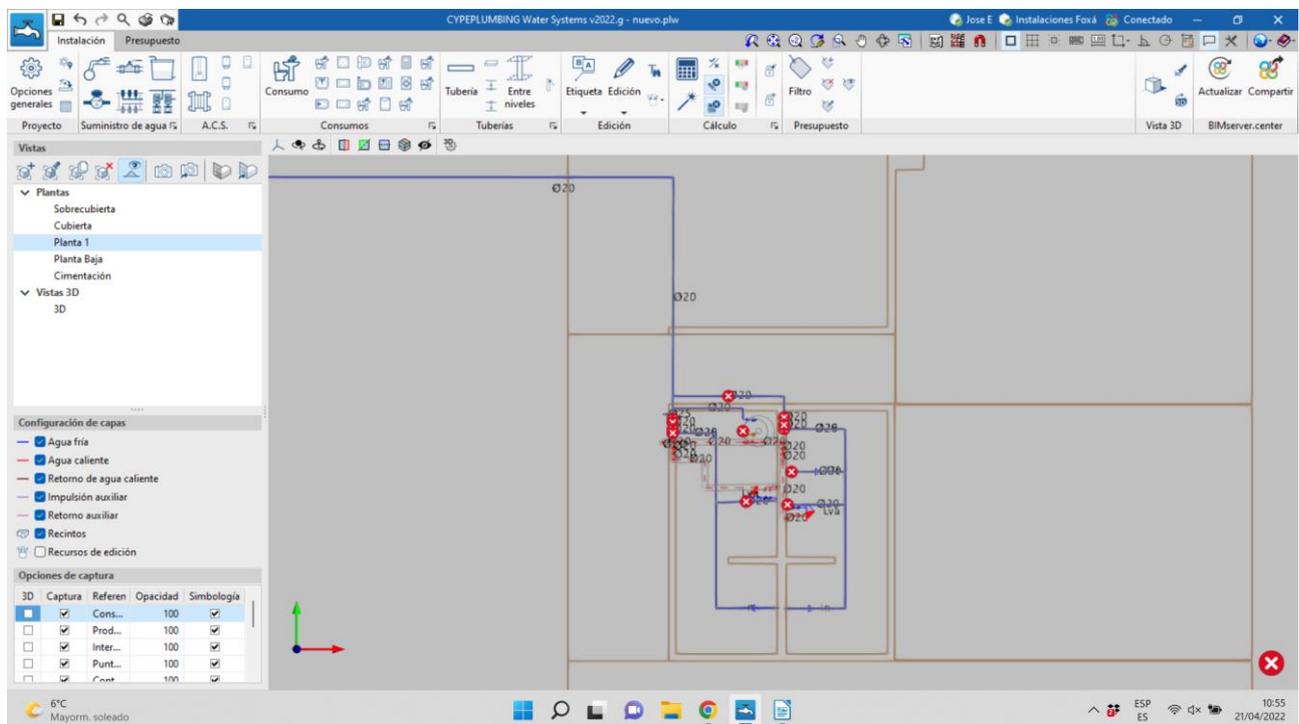


Ilustración 35. Errores instalación de fontanería en CYPE.

Como se puede observar, en este caso muchas tuberías y aparatos no cumplen los requisitos mínimos de la norma, por lo que aparecen mensajes de error.

Seleccionando la herramienta cálculo, se puede ver que característica no cumple con la norma para así modificarla.

En este caso, el problema es que hay determinadas tuberías que requieren un diámetro de 25mm en vez del establecido por defecto de 20mm. Realizando la modificación del diámetro y el mensaje de error de la tubería desaparecerá. Esto se puede hacer de forma manual o automática.

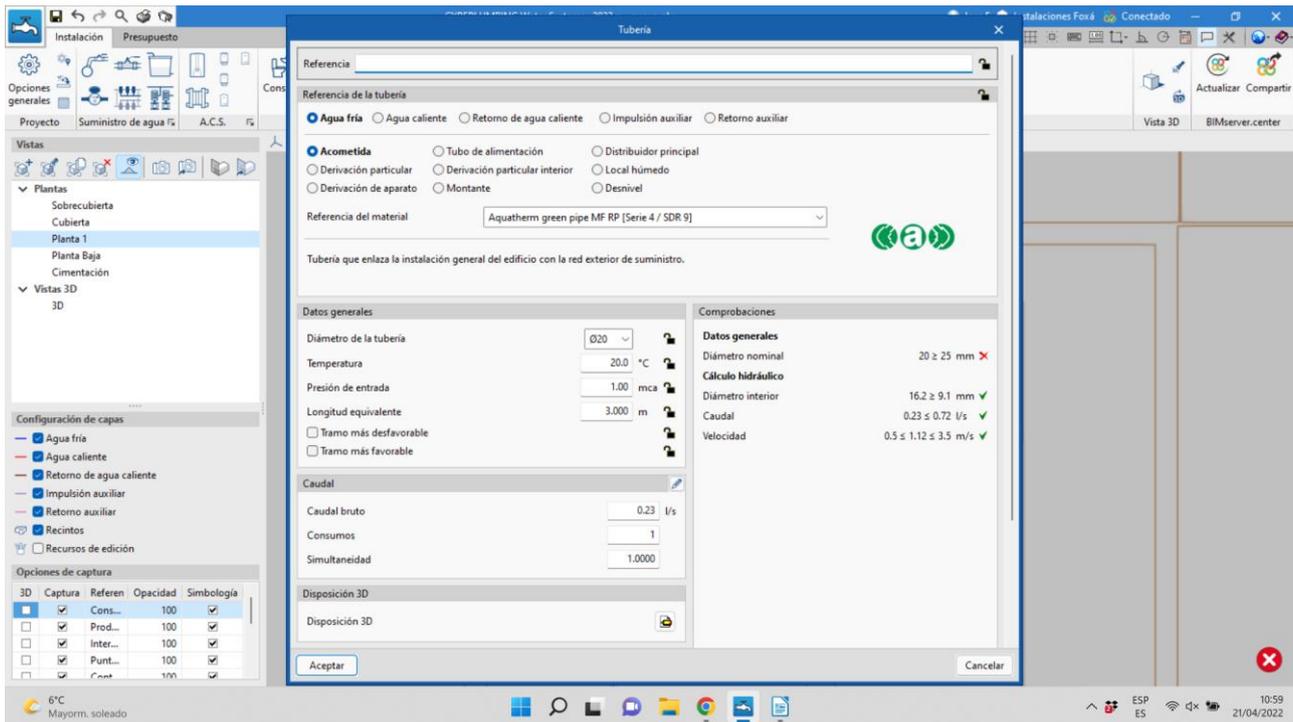


Ilustración 36. Comprobaciones tubería instalación de fontanería en CYPE.

En el caso de los aparatos sanitarios, el error que aparecía era porque la presión requerida se debía de ubicar en un rango comprendido entre  $10-15\text{mca} \leq 50\text{mca}$ . Por lo que también se realizó la modificación de esta presión estableciéndola en 15mca en los casos en los que el mínimo era 10mca y de 20mca en los casos en los que la mínima requerida era de 15mca.

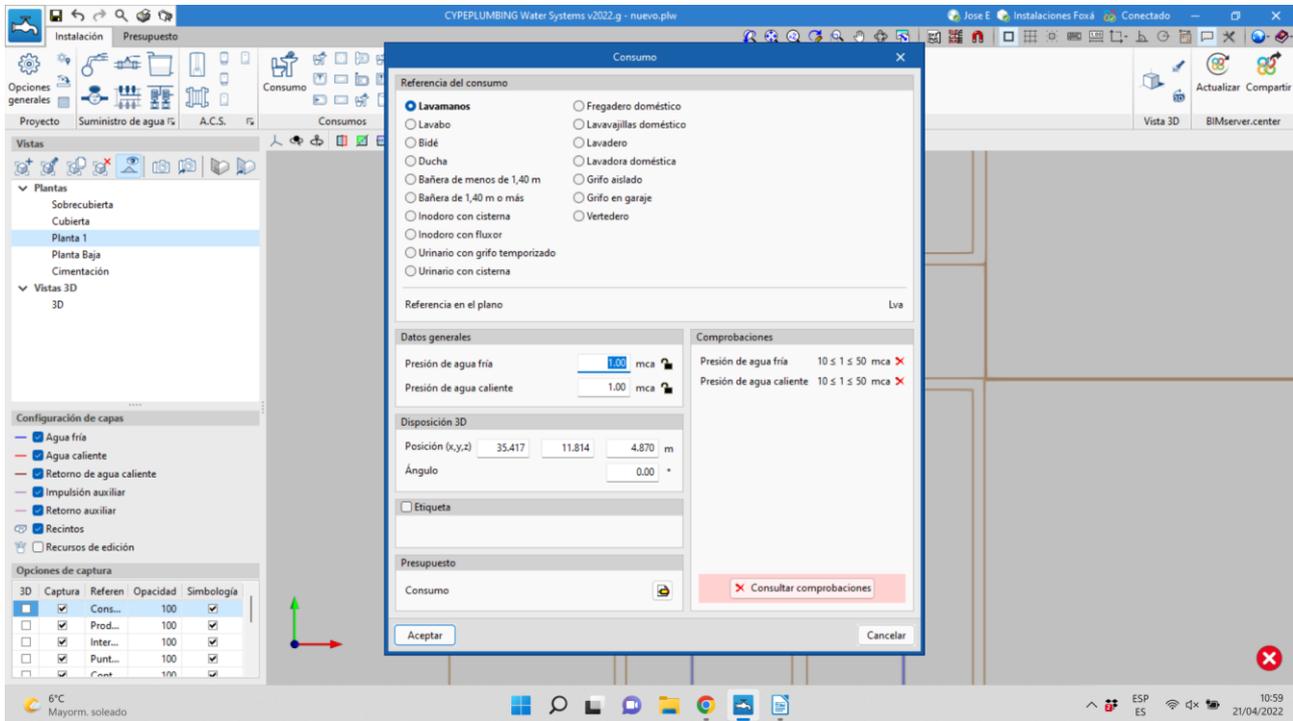


Ilustración 37. Comprobaciones aparato instalación de fontanería en CYPE.

Realizando esas modificaciones, se obtendrá el modelo calculado sin incidencias.

## INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO

Para su realización se utiliza la aplicación mencionada anteriormente Cype Plumbing Sanitary systems.

Una vez descargado el programa, lo primero que pide la aplicación al ejecutarla, igual que en el caso anterior, es conectarse a BIMserver.center.

Nuevamente, se puede abrir un proyecto ya existente desde la nube, o bien realizar uno nuevo y guardarlo en la nube. En ambos casos, el proyecto se debe encontrar en BIMserver.center.

Al abrir el proyecto, se define la norma en función de la cual se van a realizar los cálculos, que en este caso va a ser el Documento Básico HS5 Evacuación de aguas

del CTE. Al hacer esto, se fijan los diámetros, velocidades, etc., en función de los cuales se van a realizar las comprobaciones.

En este caso y, al no diseñar la instalación para la evacuación de las aguas pluviales, la definición de la ubicación geográfica no es tan relevante, pero sí que se podría hacer.

Al igual que en el caso anterior, la biblioteca de Cype para saneamiento incluye por defecto los siguientes elementos de tuberías y aparatos sanitarios:

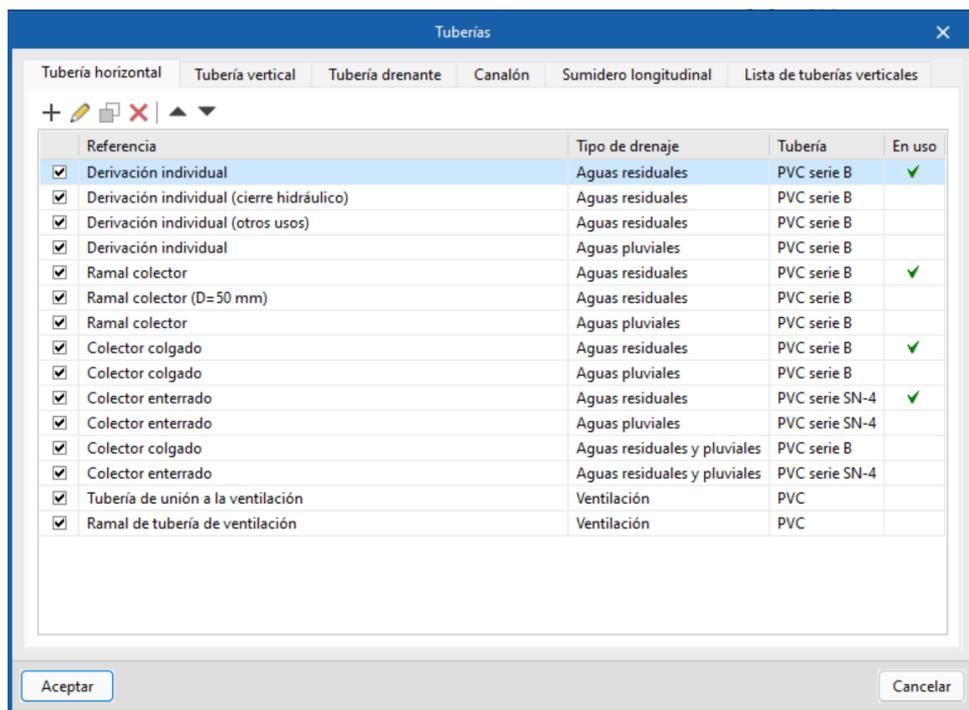


Ilustración 38. Tipos de tuberías instalación de saneamiento en CYPE.

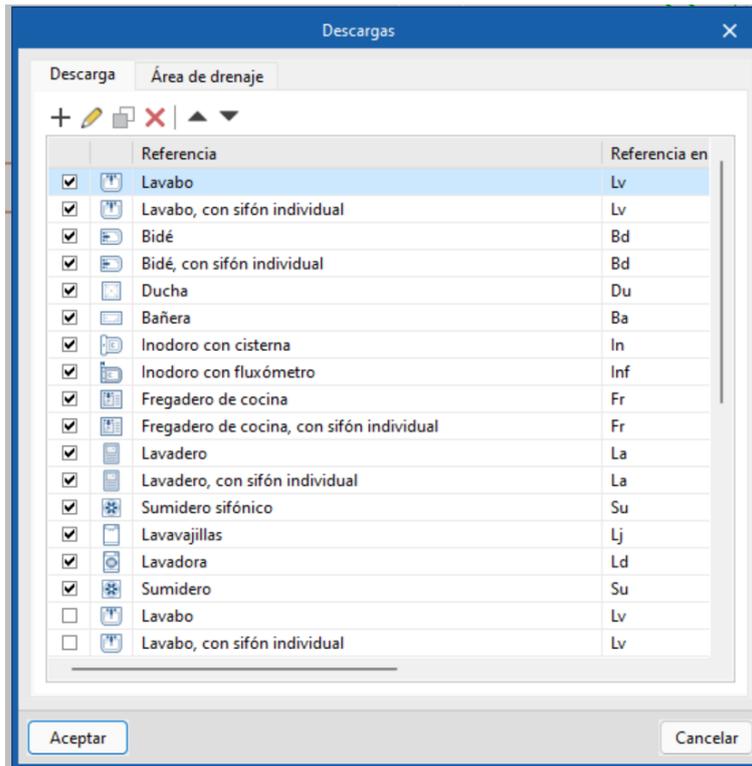


Ilustración 39. Elementos disponibles biblioteca instalación de saneamiento en CYPE (1).

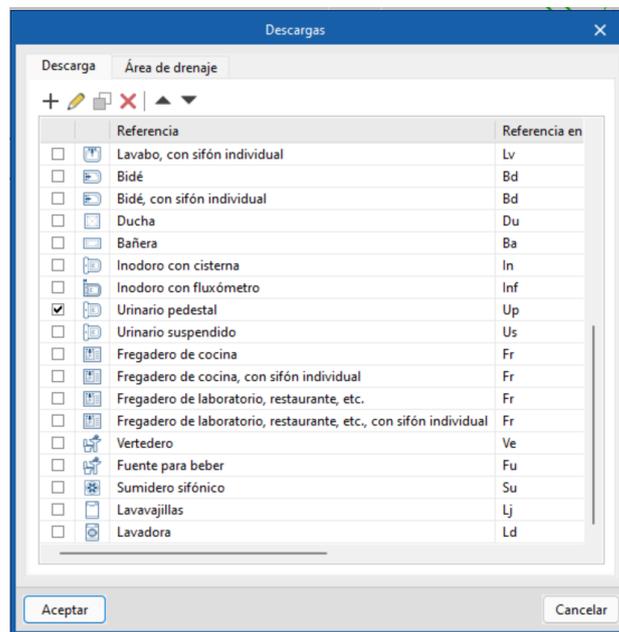


Ilustración 40. Elementos disponibles biblioteca instalación de saneamiento en CYPE (2).

Definida la planta en la que se va a trabajar, se insertan los elementos de la biblioteca que se van a utilizar, y se procede al diseño de la instalación, de manera similar al realizado en los programas de ArchiCAD y Revit.

Como en el caso de fontanería, las tuberías son generadas en la cota 0 de la planta seleccionada, cosa que en este caso no tiene especial importancia puesto que las tuberías para la evacuación de aguas van por debajo de esa cota ya que se sitúan por debajo del suelo. En caso de que no fuese así, sería necesario introducir la cota de cada punto que compone la tubería. Se introduce por defecto una pendiente de 1% en cada tramo y un diámetro, sin importar su valor.

En saneamiento también hay que definir el tipo de tubería que constituye cada tramo. Las opciones de tubería son muy diversas, desde derivación individual, y ramales colectores hasta colectores enterrados.

Hecho esto, se realiza el diseño de la instalación de forma muy similar a como se realizó en ArchiCAD y en Revit.

Posteriormente, y con el botón de calcular, Cype comprobará los parámetros establecidos de cada tramo con los necesarios y establecidos en el CTE, lanzando un mensaje de error en caso de que alguno sea inferior al requerido.

El resultado es el siguiente:

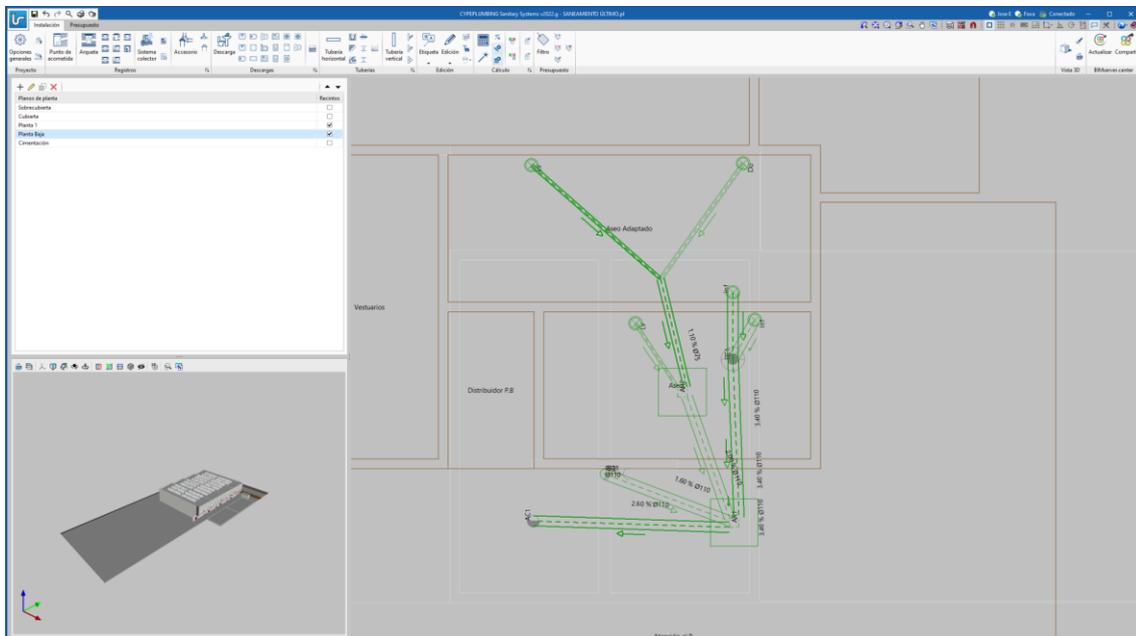


Ilustración 41. Instalación de saneamiento en CYPE (1).

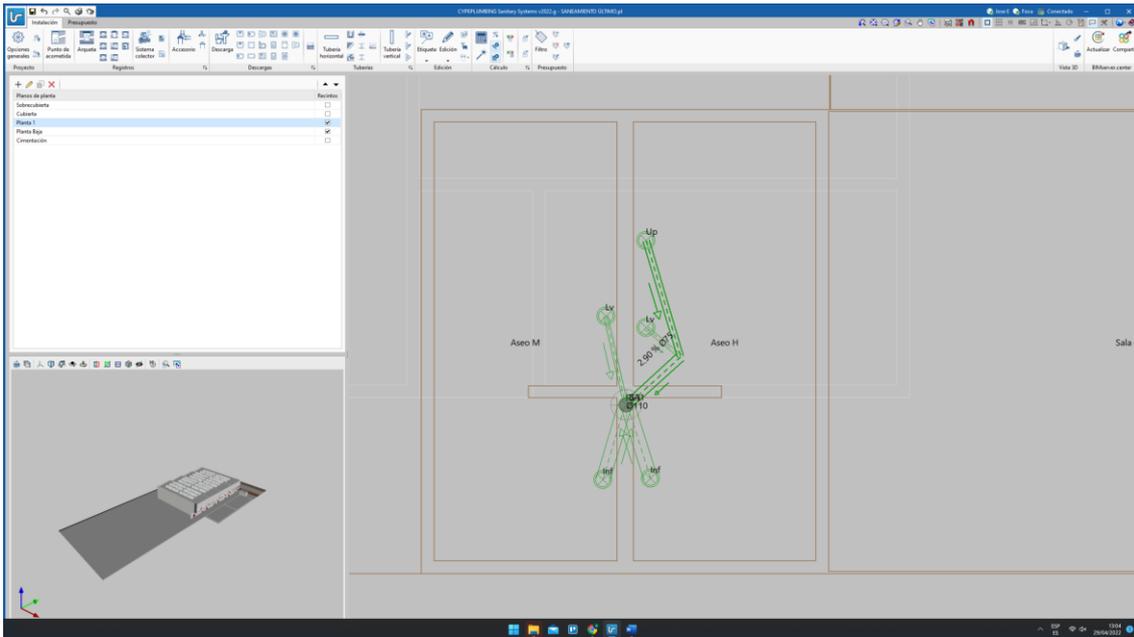


Ilustración 42. Instalación de saneamiento en CYPE (2).

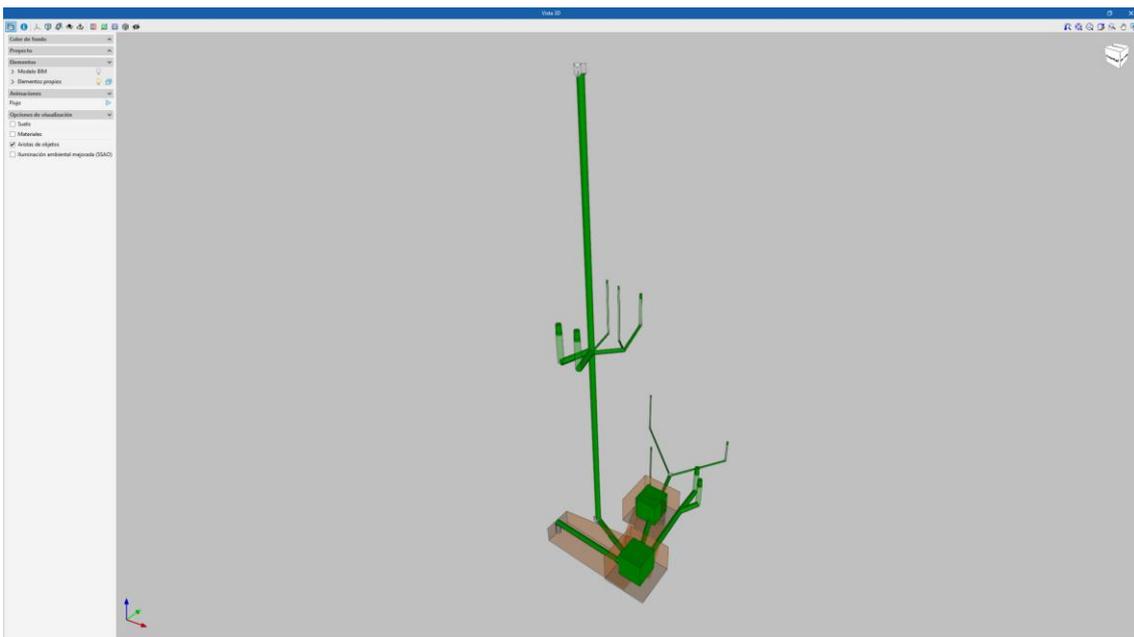


Ilustración 43. Instalación de saneamiento en CYPE (3).

Realizada la corrección de los errores que pudiesen ocurrir, se da por finalizada la instalación.

Para todas las instalaciones realizadas, Cype genera unos documentos con toda la información acerca de los cálculos, las comprobaciones de cada tubería y aparato, y los materiales utilizados para cada tubería. Además, permite cambiar los criterios de cálculo si así fuese requerido por el usuario.

Si alguna medida de dimensionamiento se quiere mantener, aunque no cumpla las comprobaciones, se puede bloquear de tal manera que al autodimensionar el aparato o la tubería para que cumpla con las comprobaciones, lo hace sin modificar la medida bloqueada, y en función de la misma.

## 7.2 TEKTON 3D

El siguiente programa de modelado y cálculo que se va a utilizar es Tekton 3D. El software se instala desde la página Imventa.

Es un programa cuya finalidad es similar a la de Cype, permitiendo realizar tanto el proceso de modelado como el de cálculo de las instalaciones.

Al descargar el programa, lo primero que se pide es abrir un modelo o realizar uno nuevo. Se abre el modelo arquitectónico en formato general .ifc, del que se entrará en profundidad posteriormente.

Al abrir el modelo se puede optar por una vista 2D del modelo o una vista 3D.

En la vista 2D del modelo, se trabaja desde la cota 0 de cada planta, pudiéndose definir la cota de cada tubería respecto de ella.

En el mismo programa están integrados los módulos/capítulos para el diseño de las instalaciones, nombre que reciben las diferentes instalaciones que se pueden añadir al modelo arquitectónico, los cuales se van añadiendo al modelo existente y permite ir intercambiando la vista actual entre ellos y su calidad de visualización.

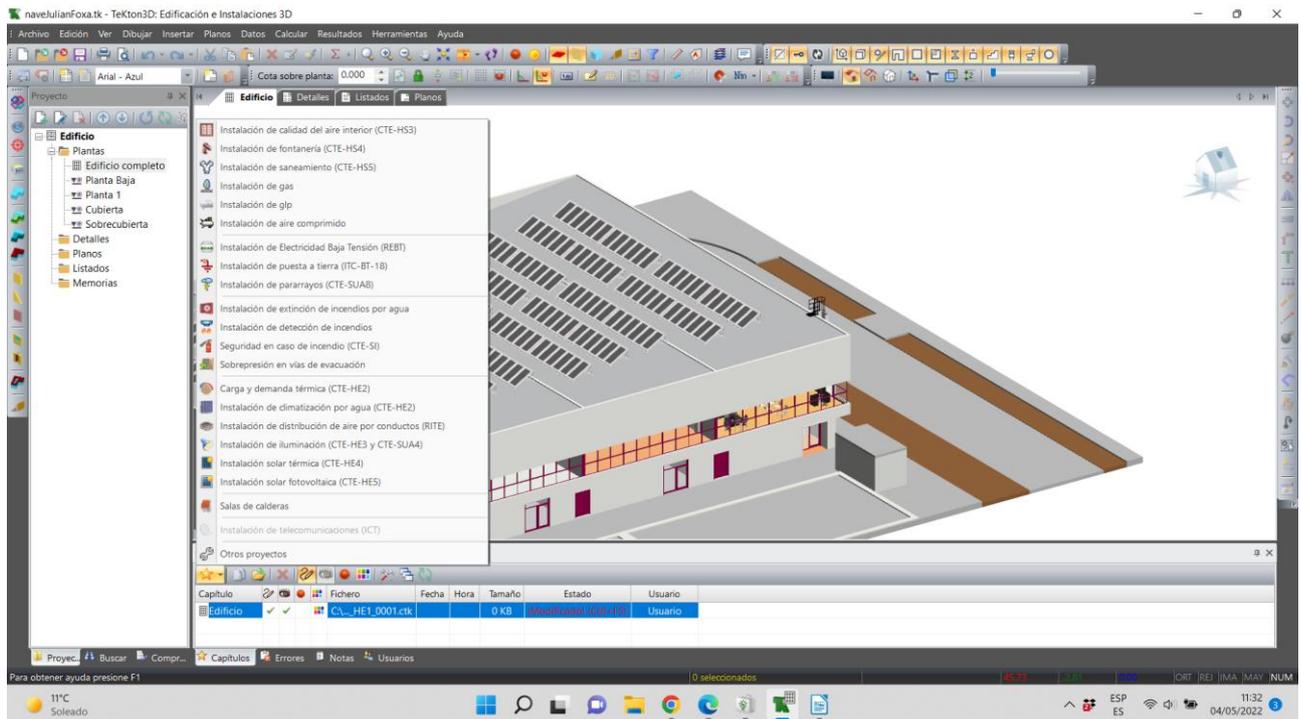


Ilustración 44. Capítulos disponibles para un proyecto en Tekton 3D.

## INSTALACIÓN DE FONTANERÍA

Una vez elegido el módulo de la instalación de fontanería, se observa que la principal norma de aplicación para su diseño vuelve a ser el Documento Básico HS4 del CTE, al igual que en los casos anteriores. Para el aislamiento térmico del ACS se utiliza el RITE.

En el submenú propiedades del capítulo, se pueden visualizar, y si fuese preciso, ajustar, los valores límite en función de los cuales se van a realizar las comprobaciones de cálculo, así como las normativas de aplicación en cada caso.

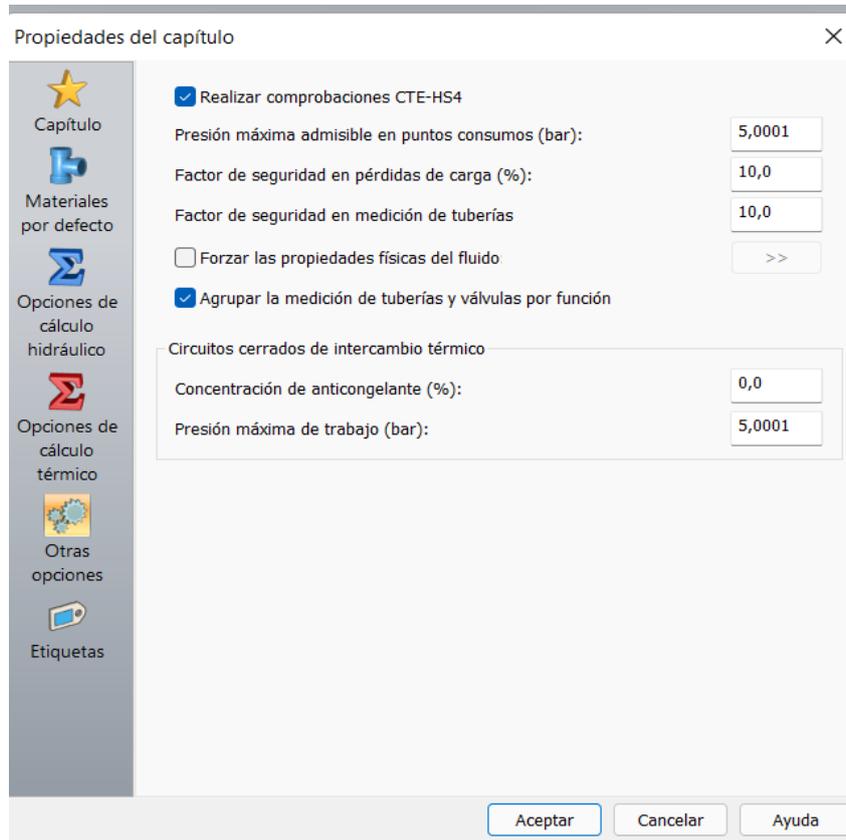


Ilustración 45. 'Propiedades del capítulo' fontanería Tekton 3D (1).

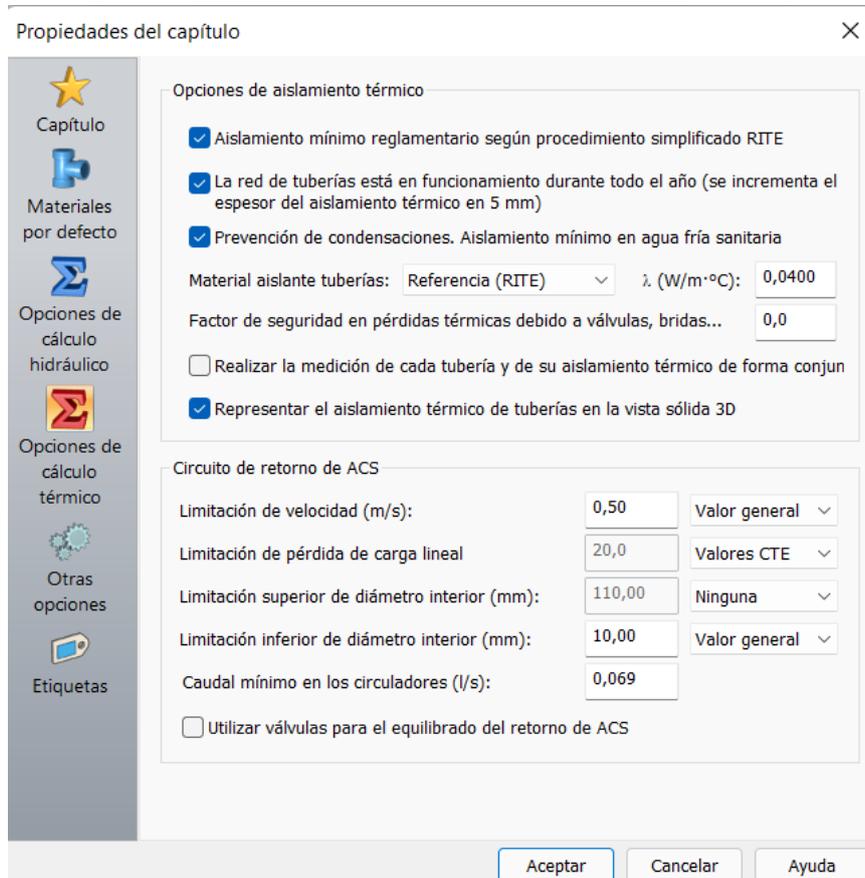


Ilustración 46. 'Propiedades del capítulo' fontanería Tekton 3D (2).

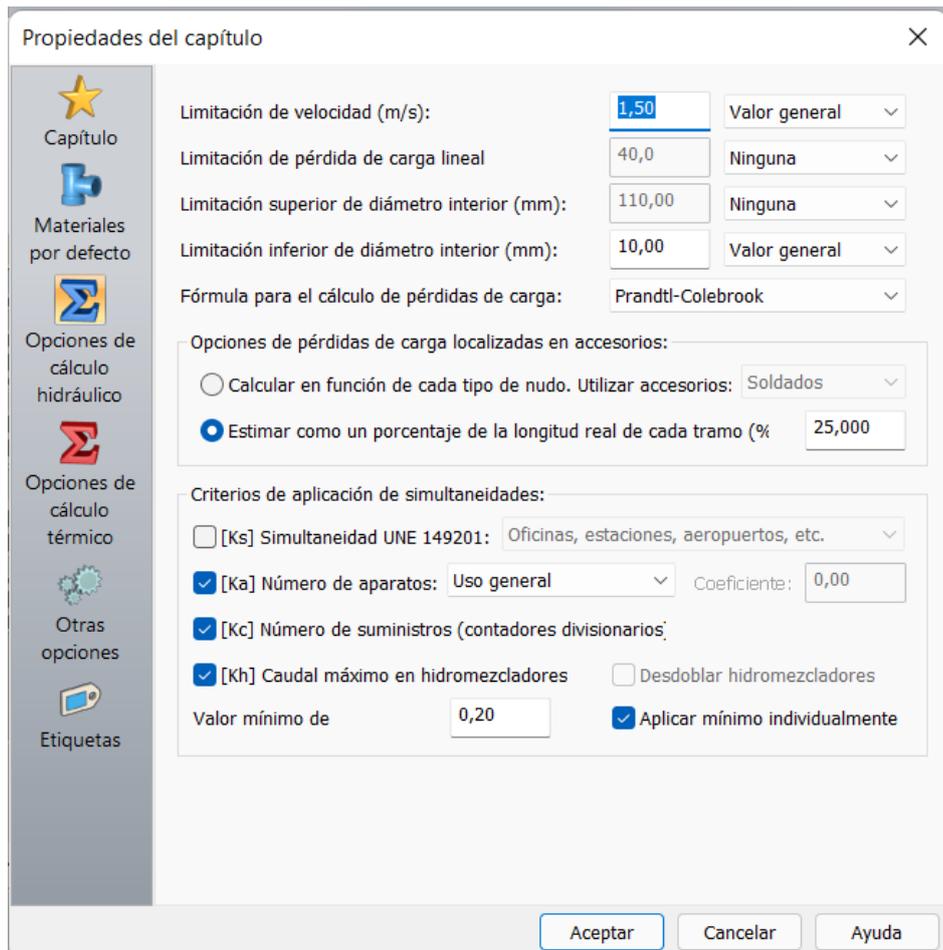


Ilustración 47. 'Propiedades del capítulo' fontanería Tekton 3D (3).

Realizados estos ajustes, se procede al diseño de la instalación de igual manera que en los demás programas.

Tekton 3D cuenta en su biblioteca para la instalación de fontanería con los siguientes elementos:

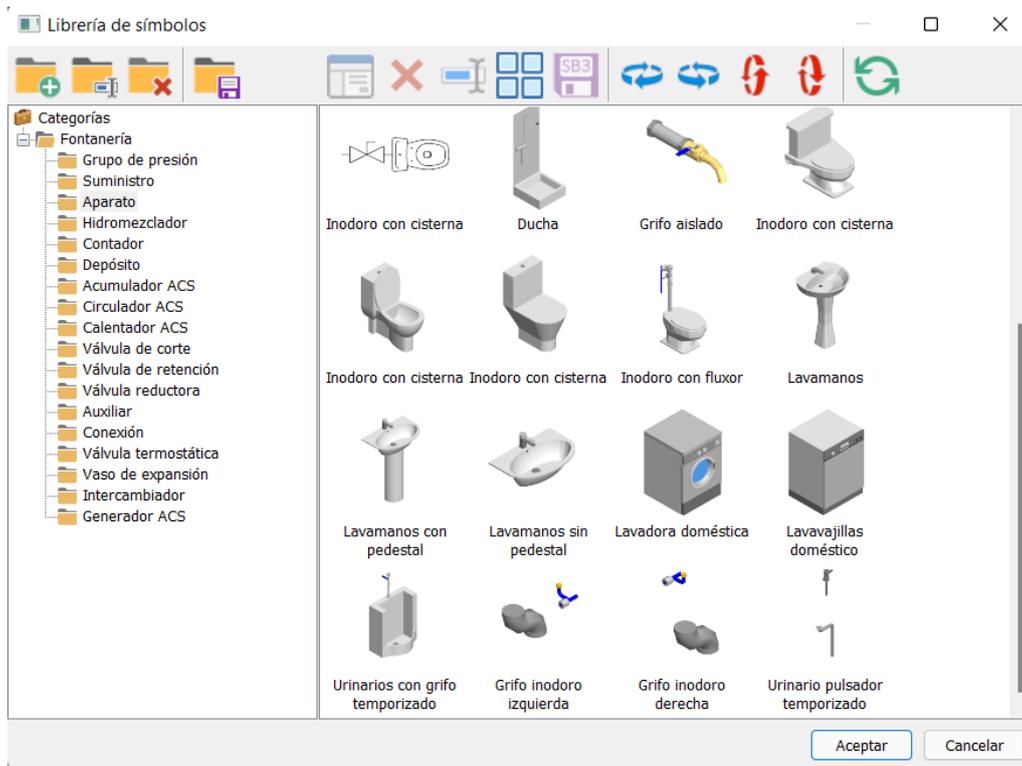


Ilustración 48. Librería de elementos disponibles instalación de fontanería en Tekton 3D.

Se cuenta también con tuberías por defecto para el diseño, que también pueden ser modificadas desde la pestaña *propiedades del capítulo*.

Las utilizadas para esta instalación son de polietileno reticulado (PEX) de la serie 5,0 tanto para el AFS como para ACS.

Para un mejor trazado de la instalación, está la opción de introducir un entramado en la visualización con una separación entre puntos de 0,1 metros, visible en cualquiera de las posibles vistas a elegir.

En este caso, todas las tuberías son por defecto de color azul.

Se realiza el modelo de la instalación, con unos diámetros que establece el propio programa por defecto, de manera similar a como se ha hecho en los demás programas. El resultado es el siguiente.

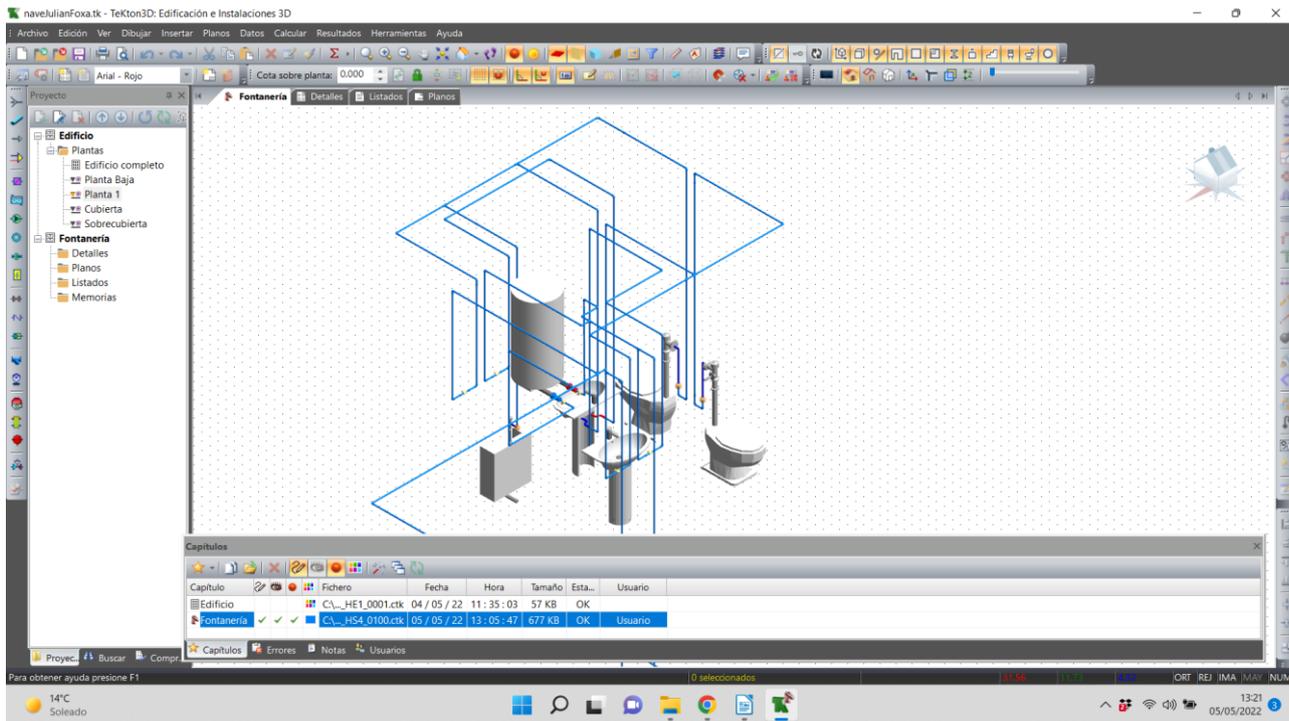


Ilustración 49. Instalación de fontanería en Tekton 3D (1).

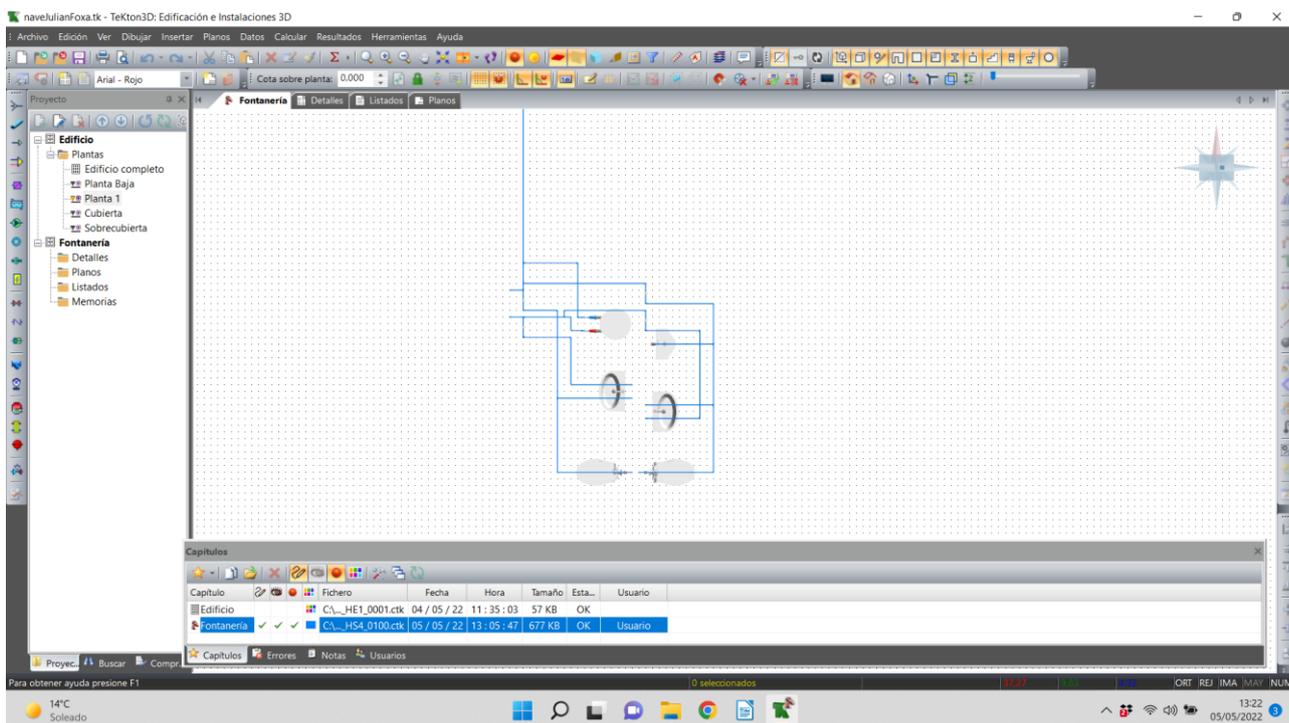


Ilustración 50. Instalación de fontanería en Tekton 3D (2).

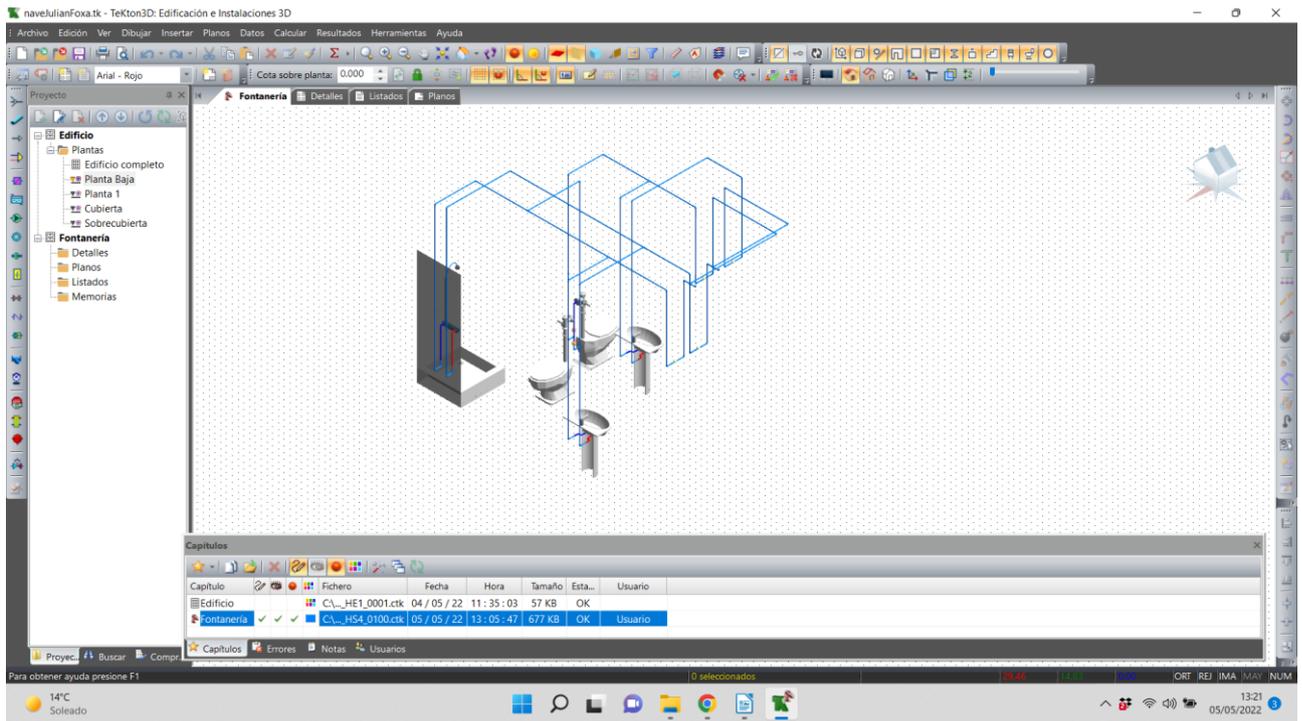


Ilustración 51. Instalación de fontanería Tekton 3D (3).

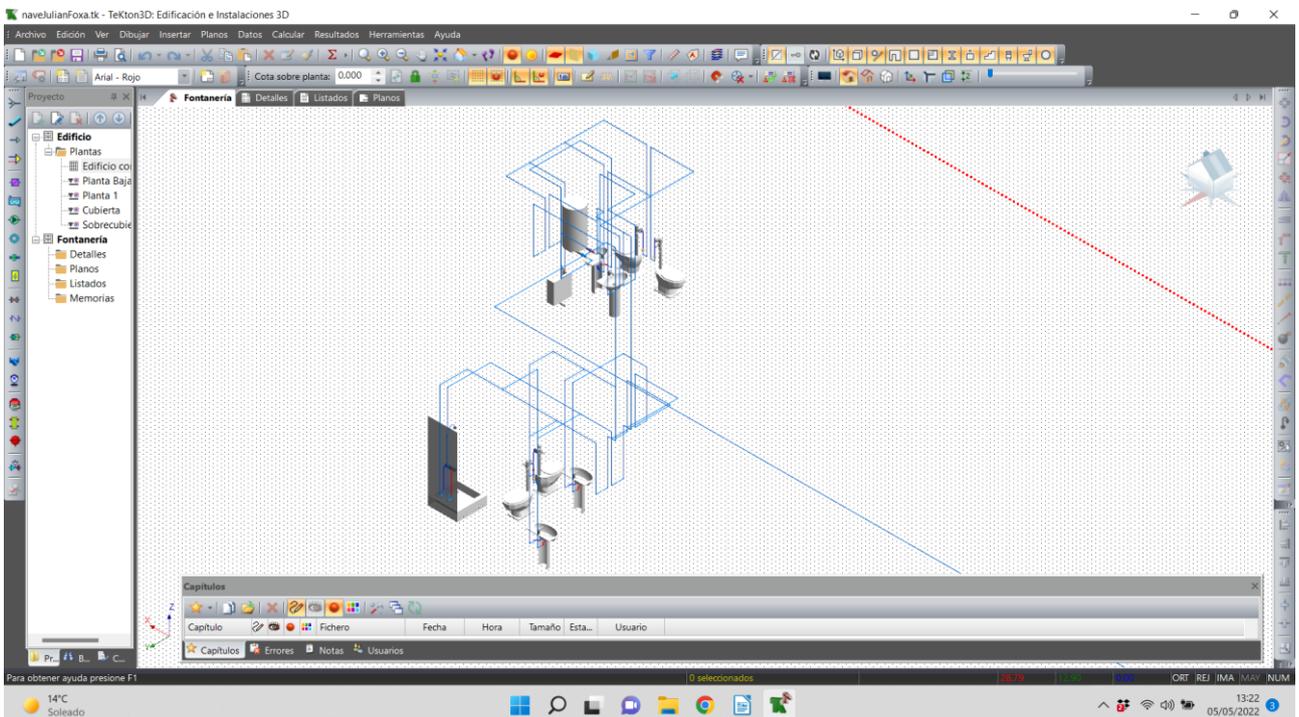


Ilustración 52. Instalación de fontanería Tekton 3D (4).

Una vez diseñada la instalación con los valores por defecto, se va a calcular y realizar las comprobaciones necesarias para ver si el diseño actual es válido o hay que realizar alguna modificación.

Tekton incluye dos opciones de cálculo para esta instalación, puesto que se puede realizar el cálculo y dimensionamiento de forma general o se puede realizar el cálculo “a grifos abiertos”, en el cual no se tienen en cuenta las redes de retorno de ACS, por lo que dimensiona todas las tuberías excepto las de retorno y todos los dispositivos excepto el recirculador de ACS. Es un proceso de cálculo parcial. En caso de elegir esta opción, el programa permite el cálculo del retorno de ACS de manera independiente.

En este caso se realiza el cálculo de forma general. Cabe destacar que contrario a Cype, en el que si un diámetro no es correcto sale un aviso para que sea modificado, aunque luego esto se haga de forma automática, Tekton directamente, al calcular la instalación, re-dimensiona las tuberías cuyo diámetro no era el mínimo requerido.

El resultado ha sido el siguiente:

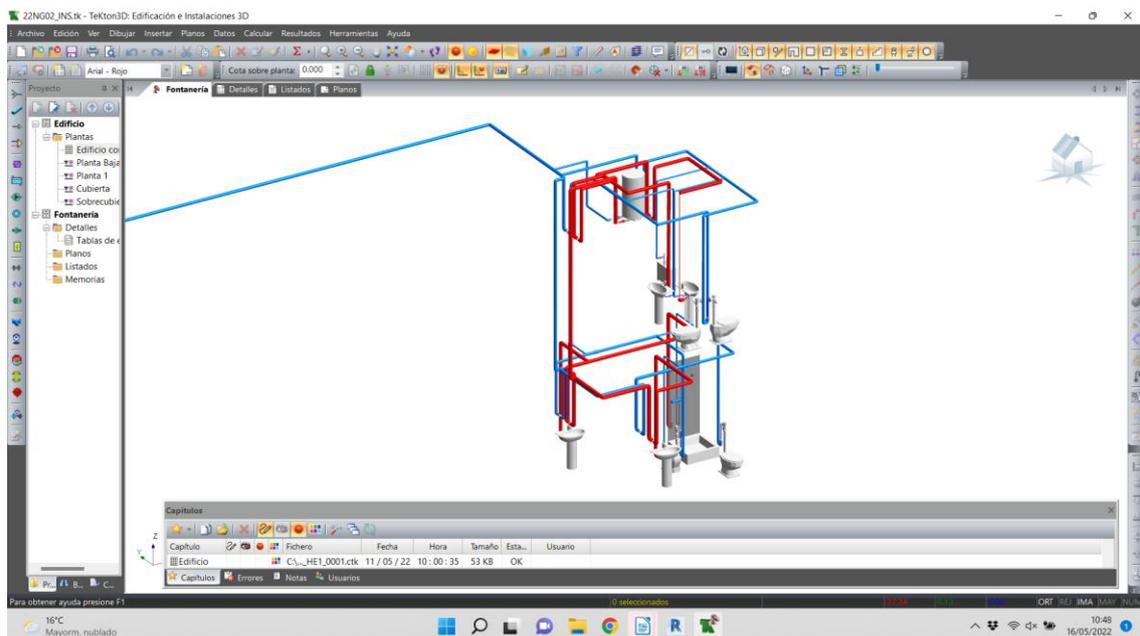


Ilustración 53. Instalación de fontanería Tekton 3D (5).

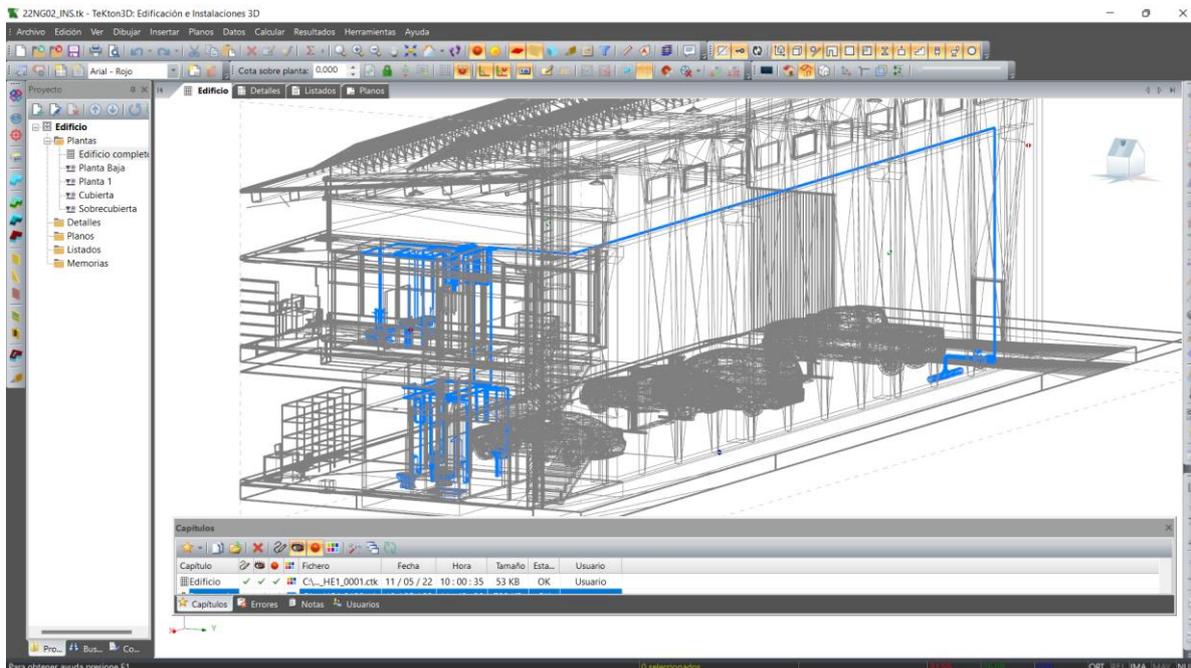


Ilustración 5431. Instalación de fontanería Tekton 3D (6).

Los avisos de errores en la realización de las comprobaciones o en el diseño de la instalación aparecen en la pestaña *errores* en la parte inferior de la pantalla.

Corregidos éstos, se tiene el proceso de diseño y cálculo de la instalación completado.

## INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO

Para la realización de esta instalación es necesario crear un nuevo capítulo. Basta con únicamente elegir el de Instalación de Saneamiento que viene ya definido en la pestaña de capítulos nuevos. Al igual que en el caso anterior, a la hora de realizar las comprobaciones, lo hace por defecto con el Documento Básico HS5 del CTE. Al igual que en el caso de la instalación de fontanería, se podrán hacer modificaciones de los parámetros de cálculo en la pestaña de *Propiedades del capítulo*.

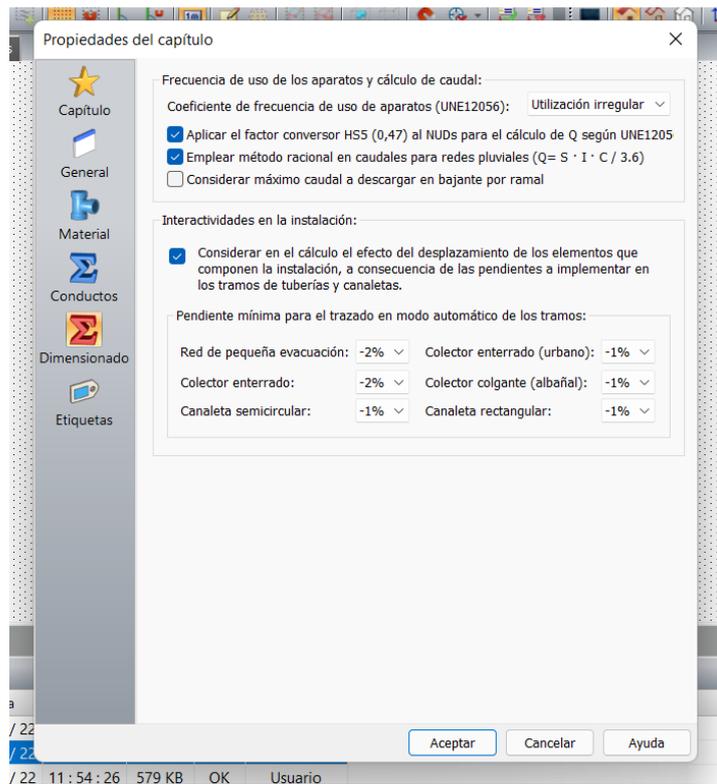


Ilustración 55. 'Propiedades del capítulo' saneamiento Tekton 3D.

En este caso, estos parámetros se dejan por defecto.

A pesar de que los capítulos se van generando de manera independiente, al generar uno nuevo, como en este caso, lo primero que pregunta el programa es si se quiere sincronizar con alguno de los existentes de instalaciones con el que tenga algún tipo de relación. En este caso, se ofrece la posibilidad de sincronización con el capítulo de fontanería, de tal manera que los aparatos sanitarios insertados para el anterior aparecen también en este nuevo capítulo, en este caso como unidades de descarga en vez de como punto de consumo de agua.

Al ser la primera vez que se utiliza este capítulo, el programa nos indica que asignemos los materiales de las diferentes tuberías que se pueden utilizar para esta instalación. Se asigna que todas sean de PVC.

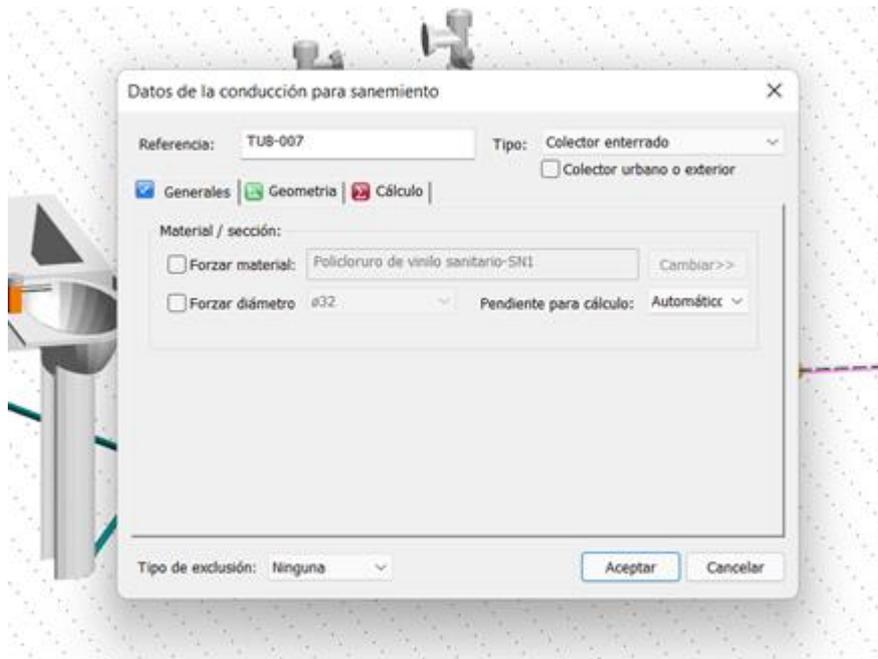


Ilustración 56. Datos de la conducción para saneamiento Tekton 3D.

Por defecto, el programa asigna un diámetro de 32mm, y la opción de que la pendiente de cada tubería se asigne automáticamente al realizar el cálculo. Para el trazado en 3D no hay que preocuparse, por tanto, de ello.

El emplazamiento también es irrelevante en este caso, puesto que no se va a realizar la evacuación de aguas pluviales.

Se realiza el modelado de la instalación de forma similar a los demás programas. De igual manera que en los anteriores casos, no hay que instalar botes sifónicos en los aseos, puesto que los lavabos y la ducha ya lo traen incluido. Al realizar las tuberías, conviene asignar de qué tipo de tubería se trata, si es un colector, una bajante, una red pequeña de evacuación, etc.

El resultado ha sido el siguiente:

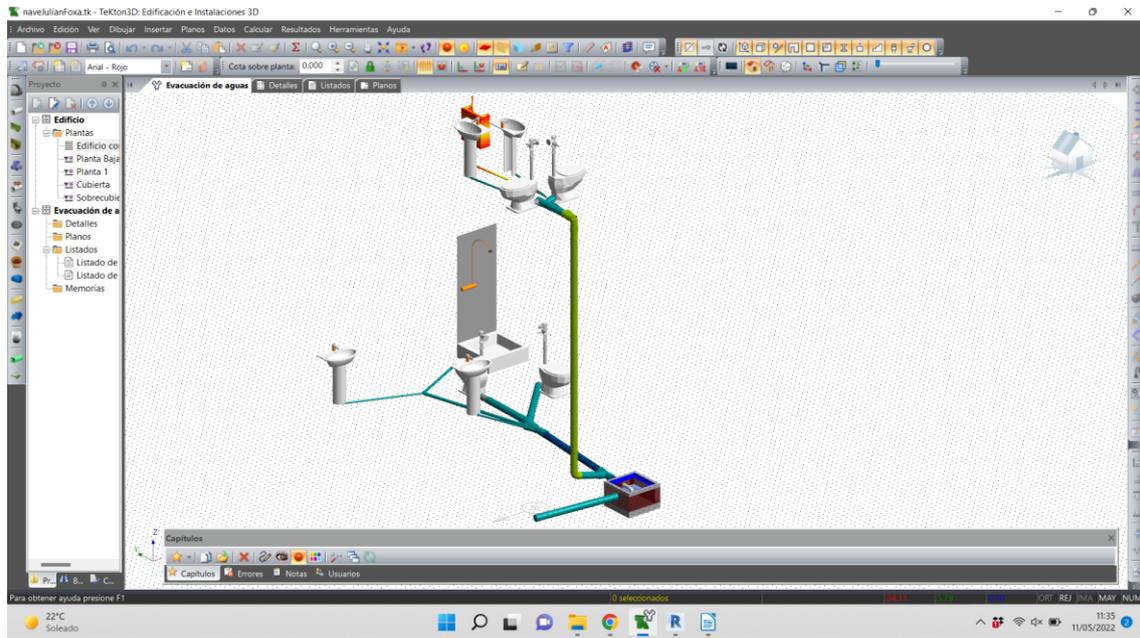


Ilustración 57. Instalación de saneamiento TekTon 3D. (1)

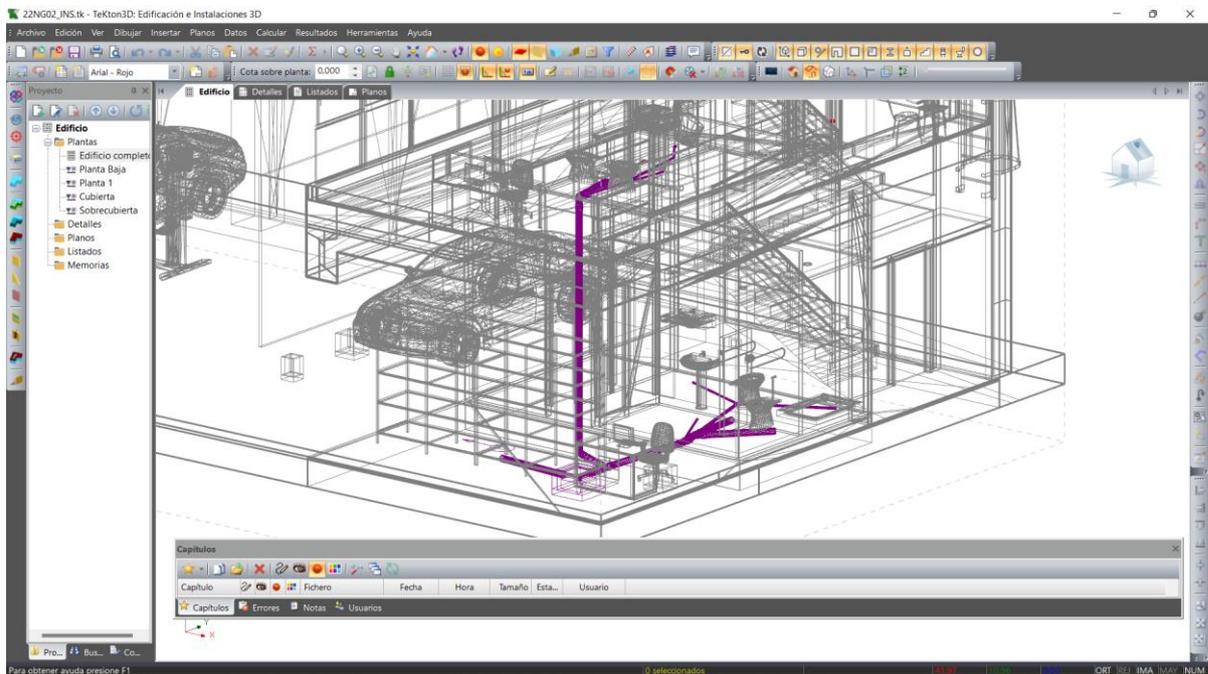


Ilustración 58. Instalación de saneamiento en TekTon 3D. (2)

Al igual que en el capítulo de fontanería, al presionar el botón de cálculo, TeKton genera el diseño 3D con los diámetros ya requeridos por cada tubería, como se puede observar en la captura anterior, de manera automática, sin necesidad de tener que modificarlos manualmente. Si hubiese algún error, aparece en la pestaña *errores* de la parte inferior. Corregidos éstos, si los hubiera, se tiene completado el diseño y cálculo de esta instalación.

El resultado conjunto del diseño de ambas instalaciones es el siguiente:

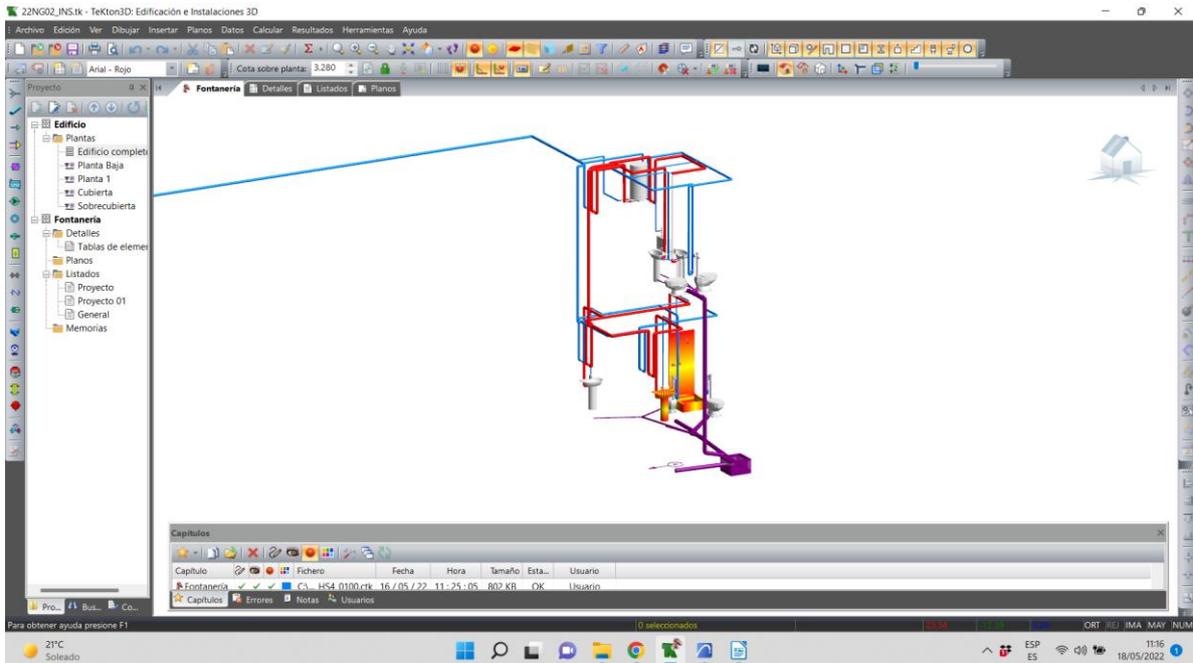


Ilustración 59. Instalación de fontanería e instalación de saneamiento TeKton 3D.

## INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN

En el caso del trabajo con el programa TeKton 3D, también se va a hacer un pequeño estudio aproximado de la instalación eléctrica de baja tensión de la nave.

El diseño de esta instalación se realiza de acuerdo con la normativa del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT), en el que aparecen tablas en función de las cuales, de los materiales utilizados, y de la ubicación de las líneas, entre otras cosas, se establecen las dimensiones de las mismas y se establecen las comprobaciones necesarias que hay que realizar para asegurar que los diámetros utilizados son correctos.

Para realizarlo, lo primero que se debe de hacer es crear un nuevo capítulo de la instalación, igual que se hizo con las demás. Una vez realizado esto, se deben analizar las propiedades del capítulo, donde se pueden ajustar los materiales de los elementos o los parámetros de comprobación de dimensiones y cálculos.

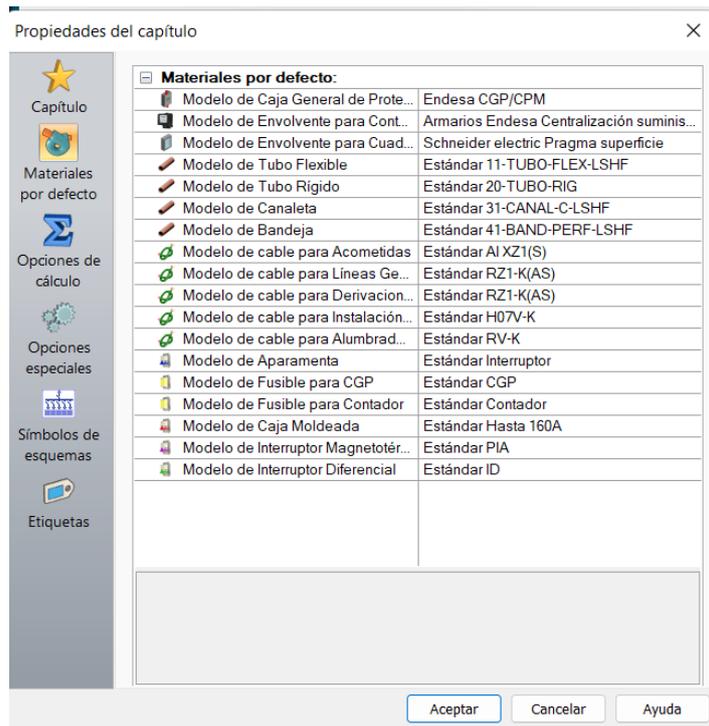


Ilustración 60. 'Propiedades del capítulo' instalación eléctrica Tekton 3D (1).

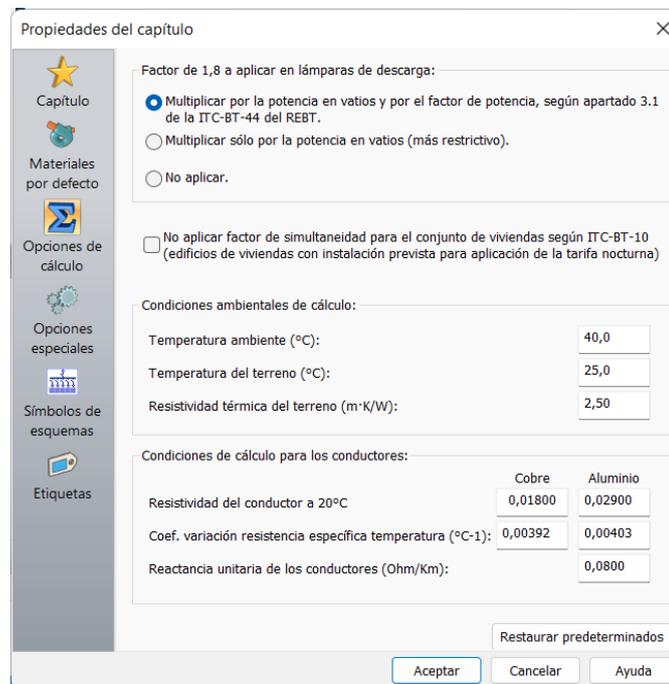


ILUSTRACIÓN 61. 'PROPIEDADES DEL CAPÍTULO' INSTALACIÓN ELÉCTRICA TEKTON 3D (2).

Los parámetros se dejan por defecto y, por tanto, se está en disposición de comenzar a realizar la instalación.

Se ubica la acometida, la caja de distribución, las luminarias y las tomas de corriente.

TeKton ofrece una librería para este capítulo, en la que ofrece una pequeña variedad de elementos de cada familia. Las familias son:

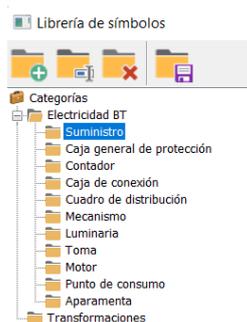


Ilustración 62. Elementos de biblioteca instalación eléctrica TeKton 3D.

Se parte de la ubicación de la acometida, el cuadro de distribución y las luminarias.

La acometida y el cuadro de distribución se ubican en la esquina noreste de la nave.

Se indica que el cuadro de distribución contenga tres circuitos, y se asigna que el primero sea para las luminarias de la parte asignada para el taller, el segundo para los elementos de la planta superior y el tercero para los de la planta inferior.

TeKton 3D no obliga a conectar todos los elementos de consumo mediante tubos a la red, sino que permite establecer cajas de conexión al final de un tramo de tubo y conectar de manera 'virtual' y automática los elementos que se quiera a esa caja de conexión, es decir, no es necesario poner cajas para cada grupo de elementos y, desde ellas, establecer líneas a cada punto de consumo, sino que automáticamente desde la caja de conexión se pueden crear grupos únicamente seleccionándolos, que quedan conectados a esa caja y el programa se encarga de su trazado, sin necesidad de que sean realizados por el usuario, por lo que la realización de dicha instalación no es muy compleja en este caso.

El resultado del modelado de la instalación es:

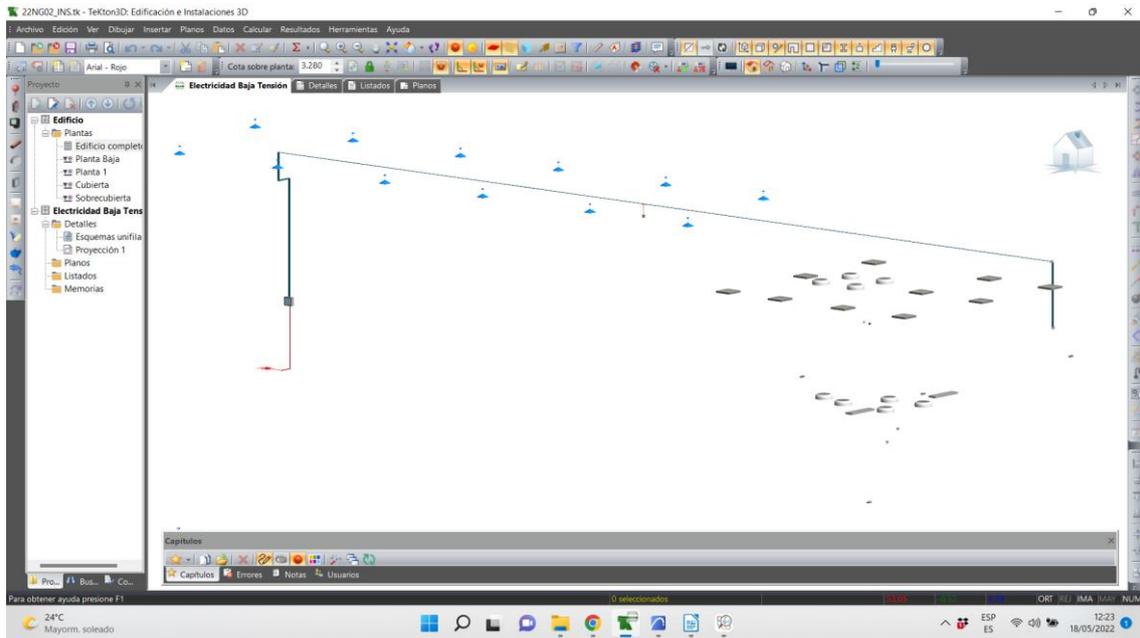


Ilustración 63. Instalación eléctrica en Tekton 3D. (1)

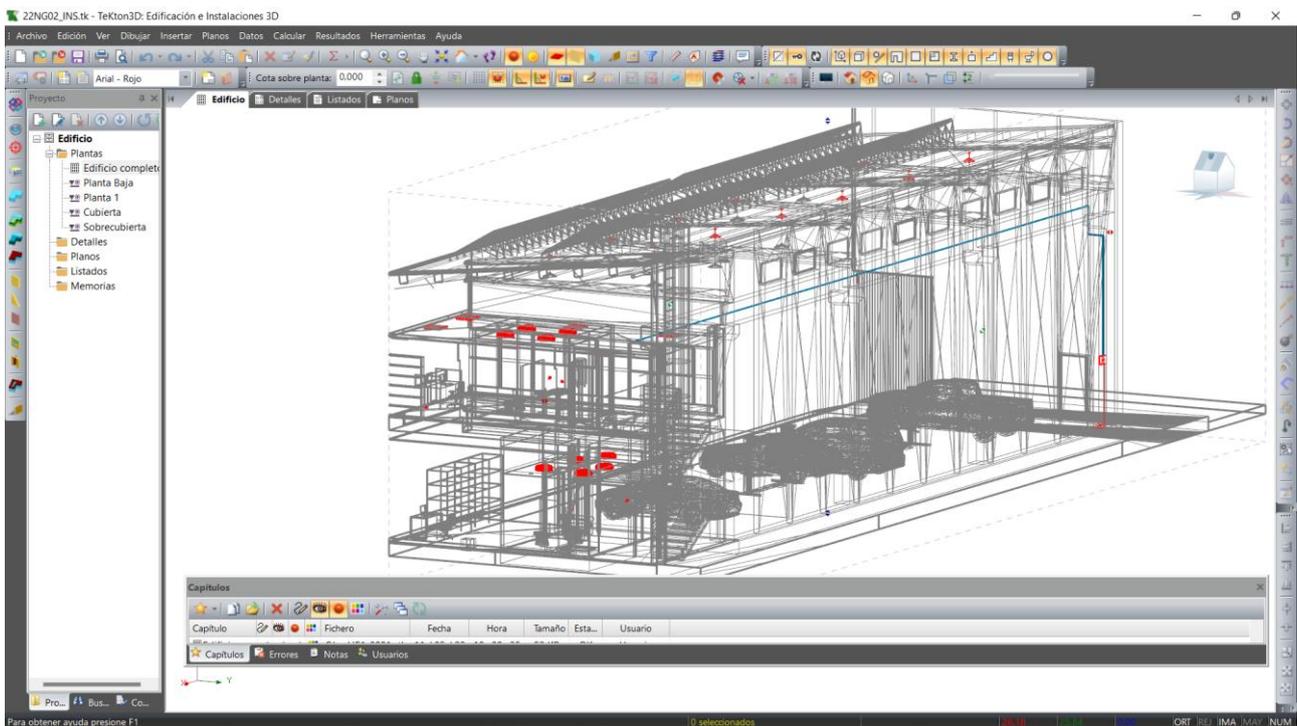


Ilustración 64. Instalación eléctrica en Tekton 3D. (2)

Cabe destacar la posibilidad de utilización del software DIALUX para el cálculo de las instalaciones eléctricas. Anteriormente, el trabajo con este programa era más tedioso puesto que no permitía el trabajo con archivos procedentes de otros programas, y era necesario el modelado completo del proyecto en este programa a partir de un archivo CAD (2D). Pese a encontrarse todavía en su versión BETA (en desarrollo), ya permite el trabajo con proyectos realizados en otros programas, lo que facilita enormemente la interoperabilidad y su uso. Dialux dispone, además, de una amplia biblioteca de elementos de diversos fabricantes lo que le aporta una enorme versatilidad para su uso. Es el programa más utilizado y extendido para el cálculo de instalaciones de iluminación.

## 8.- IMPORTACIÓN Y EXPORTACIÓN DE LOS MODELOS EN IFC

Una vez realizado el diseño de la instalación en el programa de modelado, está la posibilidad de exportarlo como archivo IFC (.ifc).

El IFC (Industry Foundation Classes) es un particular formato de datos que permite el intercambio de información entre diferentes programas sin pérdida o distorsión de datos. Se trata de un formato abierto, neutro, no controlado por los productores de software, nacido para facilitar la interoperabilidad entre varios operadores.

El IFC ha sido pensado para contener todas las informaciones del edificio a lo largo de todo su ciclo de vida, desde el anteproyecto hasta la ejecución y su mantenimiento, pasando por las distintas fases de diseño y planificación. (BibLus, 2017)

La arquitectura IFC basa su propia estructura sobre:

- Nomenclatura de los elementos que componen el modelo.
- Relaciones/conexiones entre los diferentes elementos que componen el modelo.
- Propiedades asignadas a los elementos que componen el modelo.

Los elementos están pensados para describir los componentes de los edificios, como por ejemplo las instalaciones, espacios, zonas, mobiliario, elementos estructurales (pilares, vigas, paredes, forjados etc.), incluyendo las propiedades específicas de cada objeto. Gracias a esta subdivisión es posible asociar a cada objeto parámetros como, por ejemplo:

- forma
- costes
- necesidad de mantenimiento
- posición
- prestación energética
- conexión con otros objetos
- seguridad

- características físicas y mecánicas

Todos estos datos están generalmente codificados con uno de los tres formatos disponibles:

- .ifc: formato de archivo predefinido basado sobre el estándar ISO-STEP.
- .ifcxml: codificación basada sobre lenguaje XML.
- .ifczip: archivo comprimido de uno de estos formatos, que pueden contener también material adjunto como PDF o imágenes.

Dentro de las posibilidades de exportación a IFC, existen los llamados traductores IFC, que son las diferentes configuraciones posibles que se pueden dar al archivo exportado. La base de estos traductores son los esquemas de traducción, los cuales son las posibles configuraciones de exportación que se le pueden dar al archivo y que definen propiedades, unidades de medida, materiales o geometrías. Es muy importante una correcta elección de los parámetros y una revisión de que los objetos elegidos para exportar tienen correcta su clasificación como elemento ifc, porque esto va a ser determinante para que el archivo se importe de forma correcta a otro programa y éste sea capaz de abrirlo sin problema importando todos los elementos elegidos. El tiempo de exportación del IFC y su tamaño de almacenamiento también van a depender de la configuración elegida. Cabe destacar que muchas aplicaciones BIM ofrecen traductores optimizados para sus programas de cara a facilitar la posterior importación.

Los esquemas IFC más destacados para los traductores son IFC 2x3 y, el más reciente y optimizado IFC 4 (el IFC 5 estaba programado para salir al mercado en 2020 pero aún no se ha producido su presentación), con sus múltiples configuraciones dentro de ellos. Hay que tener en cuenta que no todos los esquemas tienen que ser necesariamente compatibles con todas las aplicaciones.

A la hora de importar un IFC, la mayoría de los programas dejan elegir entre importar un modelo IFC o vincular un modelo IFC. La diferencia radica en que en el vínculo es sensible a modificaciones en otros programas o por parte de otros usuarios puesto que se va actualizando automáticamente, pero sólo permite modificaciones en el programa de origen. En cambio, si se importa el modelo IFC, éste sí que va a poder ser modificado en el programa que se esté utilizando, pero, por el contrario, no se va a actualizar antes posibles modificaciones simultáneas ajenas.

## COMPARATIVA ESQUEMAS IFC E INTEROPERABILIDAD

Para realizar la comparativa entre los diferentes esquemas IFC disponibles, se va a realizar un modelo arquitectónico básico, compuesto por cuatro muros, seis pilares, tres vigas, dos forjados, dos tabiques con diferentes alturas y una cubierta, y se va a realizar su exportación en tres formatos IFC diferentes desde ArchiCAD.

Una herramienta muy útil y versátil para el trabajo con IFCs es BIMCollab, un visualizador de modelos para abrir cualquier archivo IFC que incluye vías inteligentes para ayudar al usuario a encontrar y visualizar errores en la

información. Una de sus aplicaciones más destacadas es la posibilidad de trabajar de forma conjunta con otros miembros de forma online para analizar los resultados de la exportación, visualizar posibles incidencias en el modelo, agregar comentarios o asignar tareas a un integrante del equipo.

Éste es el programa que se va a utilizar para importar los archivos IFC creados. De esta manera, se observará cual es el formato que este visualizador interpreta de forma óptima.

Los tres esquemas de exportación utilizados son:

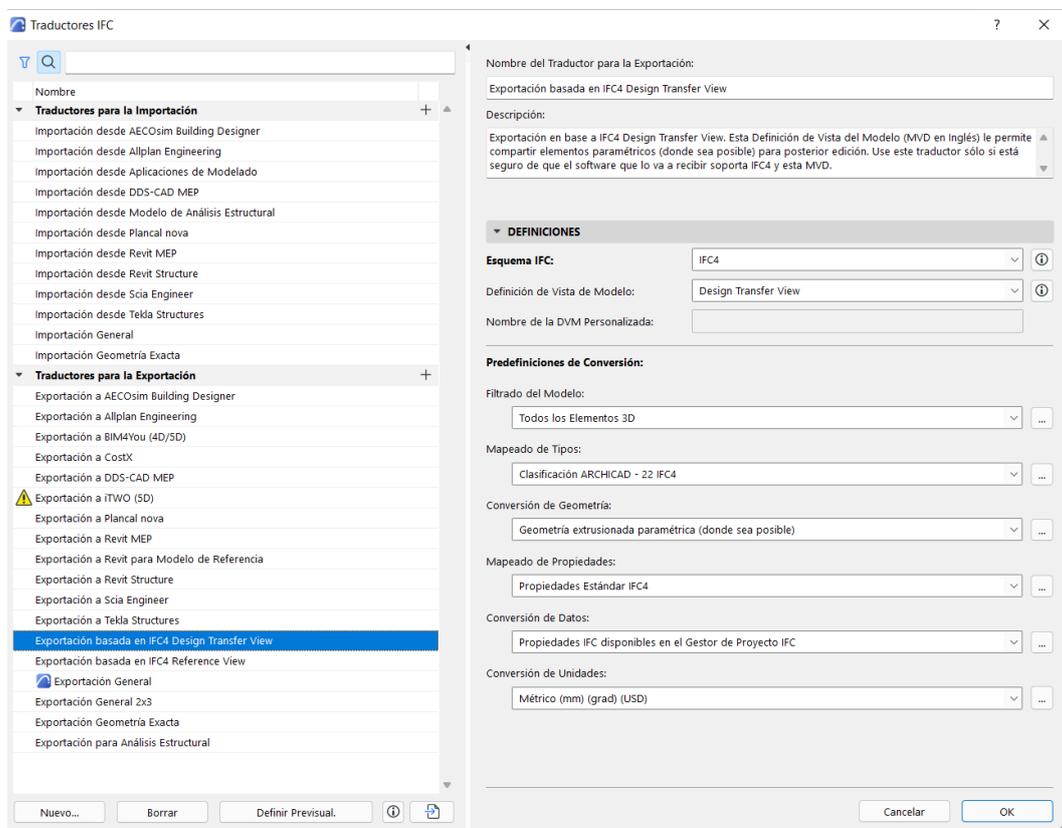


Ilustración 65. Traductor IFC. Esquema IFC 4 Design Transfer View.

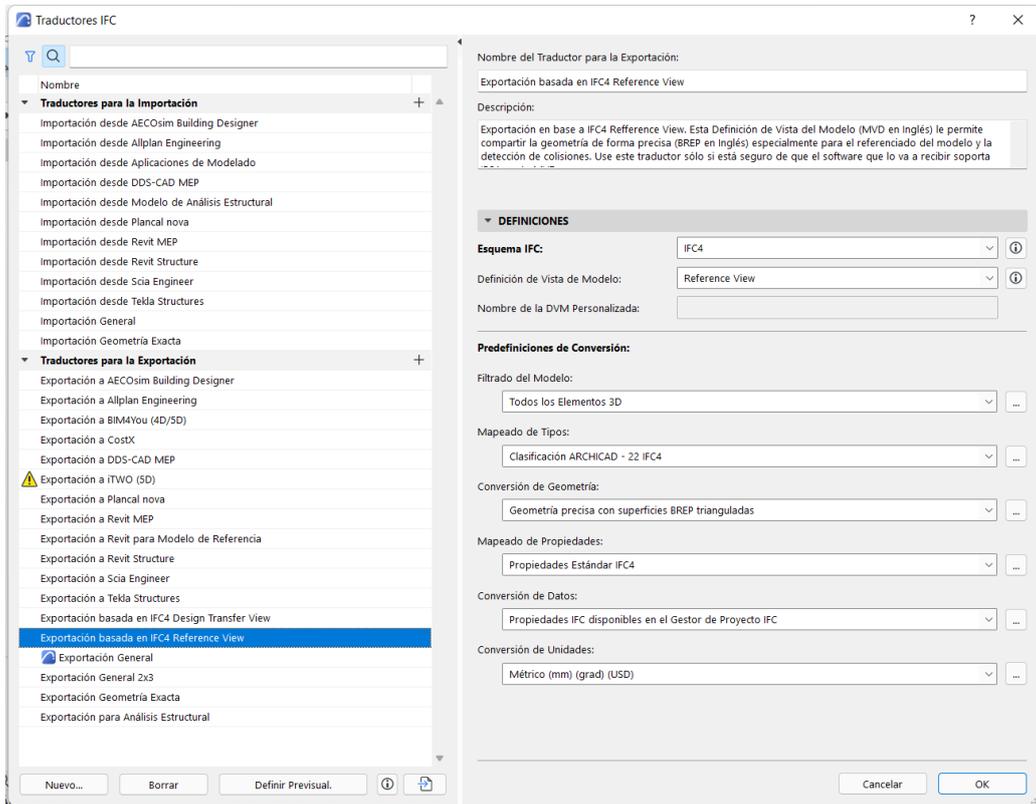


Ilustración 66. Traductor IFC. Esquema IFC 4 Reference View.

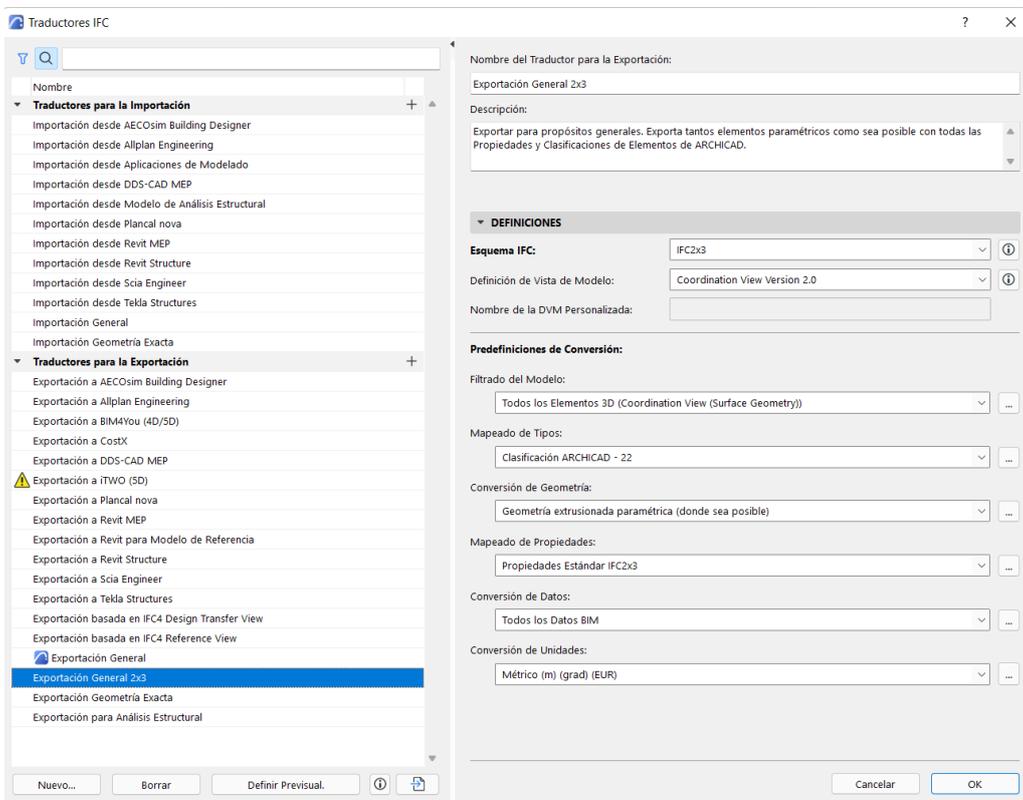


Ilustración 67. Traductor IFC. Esquema IFC 2x3 Coordination View Version 2.0.

Los tres traductores elegidos tienen las definiciones por defecto del programa.

El modelo realizado en ArchiCAD es:

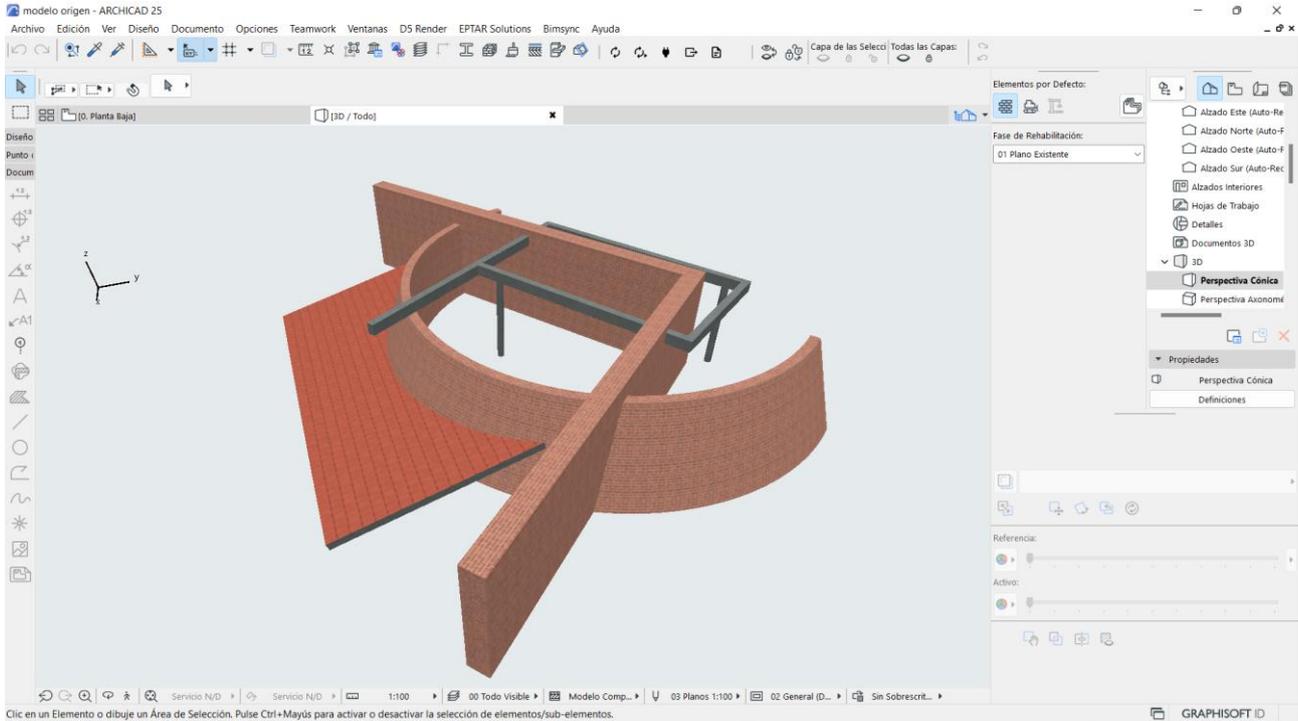


Ilustración 68. Modelo prueba interoperabilidad ArchiCAD.

Una vez realizado el modelo en ArchiCAD, se procede a su exportación en los diferentes traductores. Puesto que es un proyecto muy pequeño, el tiempo de exportación ha sido irrelevante, pero en el caso de proyectos más extensos, como es el caso de la nave objeto de estudio, el tiempo de exportación se ve reducido si el traductor utilizado es IFC 4.

En este caso, la primera diferencia se observa al analizar el espacio ocupado por los IFC creados:

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
2x3 Coordination view 2.ifc	23/05/2022 19:40	Archivo IFC	37 KB
2x3 Coordination view 2.ifc.log.html	23/05/2022 19:51	Chrome HTML Do...	4 KB
2x3 Coordination view 2.ifc.RVT	23/05/2022 19:51	Proyecto de Autod...	3.676 KB
2x3 Coordination view 2.ifc.sharedparam...	23/05/2022 19:51	Documento de tex...	3 KB
4 Design transfer BREP.ifc	23/05/2022 20:11	Archivo IFC	75 KB
4 Design transfer BREP.ifc.log.html	23/05/2022 20:16	Chrome HTML Do...	4 KB
4 Design transfer BREP.ifc.RVT	23/05/2022 20:16	Proyecto de Autod...	3.820 KB
4 Design transfer BREP.ifc.sharedparamet...	23/05/2022 20:15	Documento de tex...	4 KB
4 Design transfer.ifc	23/05/2022 19:40	Archivo IFC	30 KB
4 Design transfer.ifc.log.html	23/05/2022 20:16	Chrome HTML Do...	1 KB
4 Design transfer.ifc.RVT	23/05/2022 19:51	Proyecto de Autod...	3.644 KB
4 Design transfer.ifc.sharedparameters.txt	23/05/2022 19:51	Documento de tex...	5 KB
4 Reference view BREP.ifc	23/05/2022 20:11	Archivo IFC	74 KB
4 Reference view.ifc	23/05/2022 19:39	Archivo IFC	74 KB

Ilustración 69. Tamaño de almacenamiento del modelo de prueba en función del traductor utilizado.

Como se ve en la *Ilustración 69*, el tamaño ocupado por el archivo en IFC 4 Design Transfer View ocupa menos que el archivo en versión 2x3 Coordination View. En cambio, el archivo exportado en IFC 4 Reference View es el más pesado.

Antes de exportarlo, hay que tener en cuenta diversos aspectos del programa, puesto que sino la exportación no va a ser completa.

En primer lugar, hay que tener mucho cuidado de vigilar que la clasificación de los elementos que forman el proyecto en ArchiCAD sea la correcta, porque si no, BIMcollab no va a ser capaz de entender la información que se importa de forma correcta.

Una vez elegido el esquema, es preciso definir, entre otros, los elementos que se precisan convertir, las clasificaciones de los elementos, el tipo de geometría, las propiedades de los elementos o la conversión de datos y unidades.

ArchiCAD genera un número de identificación único para cada elemento denominado GUID (Global Unique Identifier), el cual se mantiene automáticamente al realizar la exportación y que es muy útil en caso de trabajos colaborativos para que no se mezclen elementos iguales creados por personas diferentes. También en el caso de exportaciones tiene un rol fundamental, puesto que, si un elemento genera un error en el proceso, este error vendrá definido por el GUID del elemento que lo ha generado, el cual hará posible reconocerle en el modelo a través de una búsqueda mediante el identificador. (ESPACIO BIM, 2017)

Cabe destacar que la mayoría de los programas traen asociada una biblioteca de elementos la cual es exclusiva del programa, por lo que, si fuese necesario exportar el archivo e importarlo en otro programa, es muy probable que los elementos no se generasen en este nuevo programa. Lo que se suele hacer en estos casos, es recurrir a una biblioteca de elementos de un fabricante en concreto que esté

disponible en ambos programas (o en los programas que se vayan a utilizar), lo que posibilitaría el trabajo con los mismos elementos desde diferentes programas.

Una vez tenidas en cuenta las consideraciones anteriores, se importan los tres archivos creados en BIMcollab.

El resultado es:

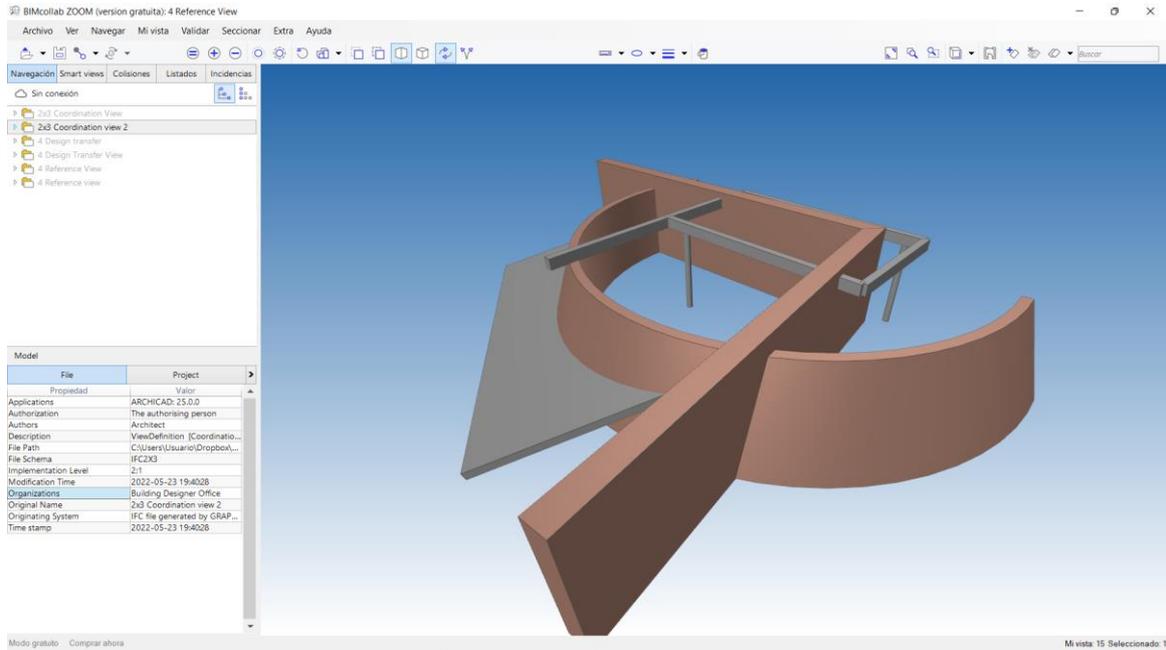


Ilustración 70. Exportación General 2x3 Coordination View Version 2.0 en BIMcollab.



En la visualización de los archivos se observa otra diferencia.

El esquema IFC 2x3 Coordination View es el más antiguo, y en su visualización se puede observar que el programa de exportación espera que las intersecciones sean generadas por el programa al que se va a importar el archivo, es decir, que no genera intersecciones entre objetos, aunque se corten.

El IFC generado con el esquema IFC4 Design Transfer View tiene una visualización muy similar al IFC generado en el esquema 2x3, con la misma característica de que no genera intersecciones puesto que espera que sean generadas por el programa en el que se va a importar el archivo. Ocupa menos por el motivo de que es un esquema más reciente y optimizado.

El IFC generado con el esquema IFC4 Reference View se observa que tiene una visualización más exacta, sacrificando para ello el tipo de elemento, es decir, por ejemplo, una viga no la guarda como viga sino como objeto genérico, a la hora de importarlo a un nuevo programa. El archivo ocupa un mayor espacio por el hecho de que proporciona una mejor visualización. En este caso sí que se generan las intersecciones entre elementos que se cortan.

#### COMPARATIVA INTEROPERABILIDAD IFC ENTRE CYPE Y TEKTON 3D

A continuación, se va a realizar una comparativa entre los IFCs generados por Cype y por Tekton 3D a partir de la instalación de fontanería creada en los dos programas.

Al importar el IFC de Tekton, el propio programa pregunta al usuario cuáles son los elementos para exportar, el formato o la localización, muy útil puesto que deja referenciar la instalación creada respecto de unas coordenadas a elegir por el usuario, o permite referenciarlo respecto de otro IFC que ya haya sido creado.

En cuanto a Cype, la generación del IFC ha generado problemas, puesto que se debería guardar una copia del IFC de forma automática a nivel local en el ordenador y otra en BIMserver.center al actualizar el archivo, pero al hacerlo únicamente se genera un archivo que está vacío. Se contacta con Atención al Cliente de Cype, los cuales no son capaces de resolver el problema, por lo que el archivo de Cype no se ha podido generar.

Se elabora una tabla en este caso, sólo del IFC generado por Tekton e importado en el visualizador BIMcollab, en la que se refleja la cantidad y la calidad de la información compartida en el archivo.

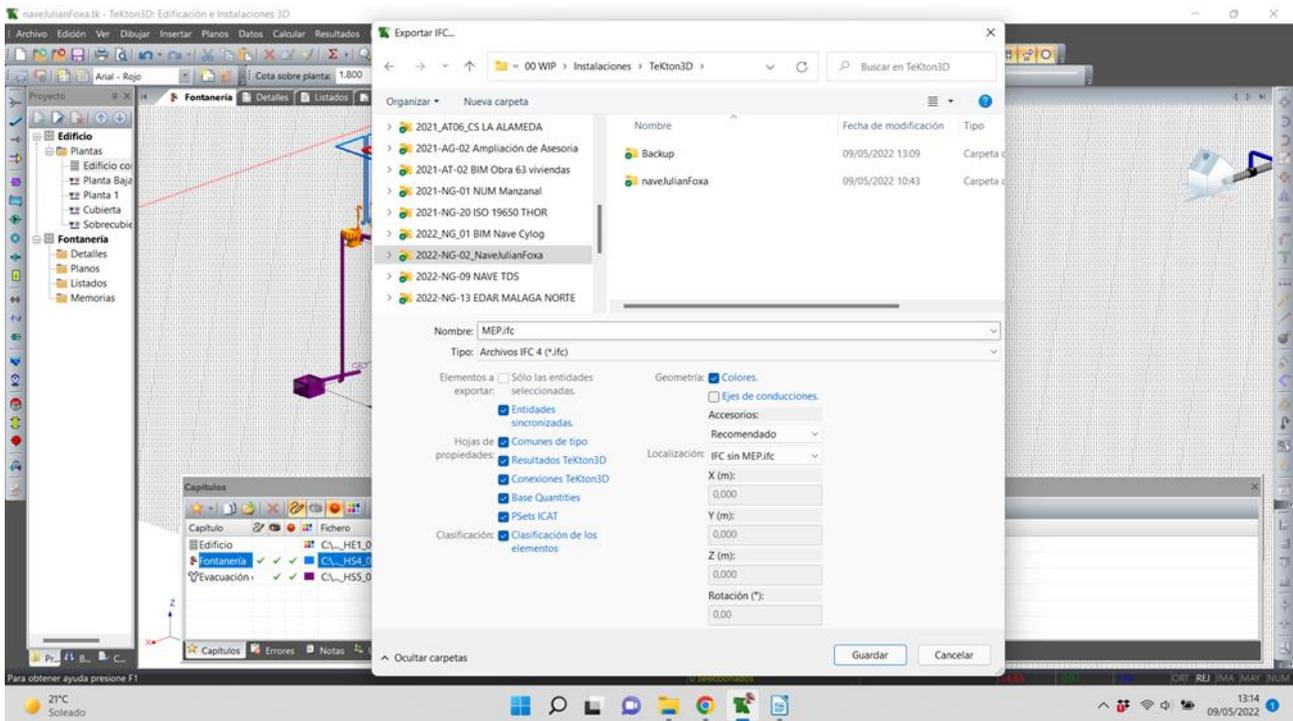


Ilustración 73. Opciones exportación IFC de un modelo creado en Tekton 3D.

La tabla es:

	MODELO	Tekton 3D
Generalidades:		
Integridad del fichero (se puede abrir y visualizar correctamente)		✓
Tamaño del fichero inferior al límite fijado en el BEP		-
Nombre del archivo nativo coincide con el protocolo de nomenclatura		✓
Nombre del archivo IFC coincide con el protocolo de nomenclatura		✓

Exportación en el formato establecido.		✓
Se ha incorporado la información de proyecto.		x
Se ha georreferenciado correctamente.		-
Los documentos 2D proceden del modelo.		✓
No existen elementos que no formen parte del modelo.		✓
Se han exportado las propiedades específicas solicitadas.		✓
Utilización del sistema de unidades establecido.		✓
Se han exportado los IfcSpace.		-
<b>Localización:</b>		
Los modelos contienen los objetos para coordinación.		-
El norte real del modelo corresponde al de la topografía georreferenciada.		✓
Se está utilizando el sistema de coordenadas establecido.		✓
<b>Niveles y ejes:</b>		
Los elementos de los modelos corresponderán al nivel correcto.		✓
Los ejes están debidamente coordinados.		✓
<b>Elementos:</b>		
Los elementos modelados cumplen con la nomenclatura acordada.		x
Los elementos están correctamente clasificados.		-
Los elementos tienen establecido el material.		✓
Los elementos están en su capa correspondiente		✓
Diferenciación entre elementos estructurales y no estructurales.		-
Existen espacios para todas las zonas delimitadas		-
Espacios bien clasificados		-
Los elementos contienen propiedades de cuantificación. Contienen el Pset de quantities o similar.		✓
Se han modelado los movimientos de tierras		-
Contenido de información suficiente según el LOD exigido.		✓
No existen interferencias o colisiones entre elementos del modelo.		x
<b>MEP:</b>		
Se han modelado las acometidas generales		✓
Los elementos del sistema se encuentran debidamente conectados.		✓
Cada elemento pertenece al sistema adecuado.		✓
Los equipos especiales, están modelados verificando su funcionalidad en cuanto a conexiones.		✓
La simbología en 2D debe recogerse en un cuadro con su significado.		x

COMPROBACIÓN DEL MODELO FEDERADO		
Con la periodicidad establecida previamente, se publicarán modelos IFC para su verificación en otros visores. Una vez federados todos los modelos se comprobará:		-
La correcta posición de todos los modelos		✓
Coincidencia del número de IFCProject		-
No existencia de elementos duplicados en varios modelos (p.e. Pilares o escaleras en arquitectura y estructura)		✓
No existen Interferencias o colisiones entre elementos de distintos modelos		✓

## 9.- COMPARATIVA DE LOS DIFERENTES PROGRAMAS

Los diferentes programas se van a comparar teniendo en cuenta los siguientes aspectos de cada uno:

### - Facilidad de implantación

En la facilidad de implantación es complejo establecer una escala, puesto que es algo muy subjetivo y dependerá de los ordenadores utilizados o de las instalaciones que se vayan a crear, entre otras cosas.

### - Facilidad de aprendizaje

En este caso se pueden tener en cuenta varios aspectos, puesto que por un lado se puede hablar de lo intuitivo que es el programa y, por otro, de los recursos disponibles en internet.

En cuanto a intuitividad de uso, ArchiCad puede ser el programa más intuitivo, puesto que se puede configurar de manera sencilla para que las herramientas más utilizadas aparezcan en el menú superior, las configuraciones iniciales para poder comenzar a modelar son rápidas y el trazado en 3D también es muy rápido e intuitivo.

ArchiCad y Revit son los que más recursos de aprendizaje online tienen, destacando sobre todo Revit, el cual compensa de esta manera su inferior facilidad de uso inicial respecto del primero.

Por otro lado, está TeKton 3D, el cual no tiene una interfaz tan clara al comenzar a usarle, pero gracias a los recursos disponibles online, la facilidad de aprendizaje y de modelado es extremadamente rápida.

## **- Trazado**

Revit y Tekton 3D están muy a la par en la comparativa de trazado, puesto que ambos permiten de manera muy simple un modelado rápido tanto en 3D como en 2D y en todas las direcciones y orientaciones. Tekton permite además establecer mallas en la visualización, ajustando el trazado a los puntos que la componen de forma muy precisa. Revit tiene el único problema de que a veces genera un llamado 'error de enrutamiento', que se produce cuando no encuentra una solución geométrica, con unos parámetros preestablecidos, para representar el trazado dibujado.

Mucho más atrás se queda Cype, el cual tiene un trazado en 3D de tuberías muy tedioso, puesto que hay que indicar la cota x, y y z de todos los puntos que componen la tubería (inicial, final, cambio de dirección, cambio de cota) ralentizando el proceso.

## **- Bibliotecas**

Los programas que más elementos de biblioteca tienen por defecto son ArchiCad y Revit. Cype tiene menos y Tekton todavía menos. En el caso de los tres primeros, es posible importar elementos de páginas externas y de fabricantes externos.

## **- Utilización/Manejo**

En este apartado, el cual tiene relación con el de facilidad de aprendizaje, destaca la facilidad de manejo de los menús de ArchiCad, y el muy logrado trazado en 3D por parte de Revit y Tekton 3D. De Tekton 3D también cabe destacar el intuitivo y rápido funcionamiento una vez aprendido un poco y tras haberse familiarizado con él. Cype no permite un diseño en 3D, sólo a modo de visualización.

## **- Interoperabilidad**

Aquí vuelven a destacar ArchiCad y Tekton 3D, por su rapidez tanto al generar como al abrir IFCs. En ArchiCad además se pueden elegir los distintos esquemas que se quiere que tenga el IFC, como bien se ha mencionado anteriormente.

Revit da más problemas puesto que hay algunas veces, sobre todo si el proyecto es muy grande, que tarda mucho en abrir el archivo, y Cype directamente ni ha sido capaz de exportar la instalación en IFC para la comparativa realizada en el apartado 8 de este proyecto.

## **- Grado de utilización**

Revit es, junto a ArchiCad que se sitúa un poco por detrás, el programa BIM más utilizado a nivel global con mucha diferencia respecto de Cype y de Tekton 3D.

## **-Precio**

ArchiCad y Tekton 3D ofrecen licencias permanentes con precios de 4850€ y 3500€ respectivamente. Revit y Cype, en cambio, ofrecen licencias anuales con precios de 3358€ y 3896€. Los valores de la tabla harían referencia a un supuesto uso de licencias de más de un año.

**-Capacidad de cálculo**

ArchiCad no realiza cálculos, así que queda excluido de este punto, el resto sí. Tekton, además, auto dimensiona las tuberías. Cype al principio sólo te indica el rango de valores correcto para que el valor sea modificado de forma manual. En caso de algún error de geometría, al pulsar el botón de calcular, te echa del programa, provocando que, si no se han ido guardando los progresos, se pierdan los cambios no guardados. Revit también calcula.

	ARCHICAD	REVIT	CYPE	TEKTON 3D
Facilidad de aprendizaje	8	8	4(no hay tanta información)	9
Trazado	7	10	3(tedioso)	9
Bibliotecas	9	9	7	5
Utilización/manejo	7	8	2(no intuitivo)	6
Interoperabilidad	9	6 (lento)	2(da problemas)	9
Grado de utilización	9	10	6	3 (no tan extendido)
Precio	7	6	5	8
Capacidad de cálculo	NO	SÍ	SÍ	SÍ
Total (suma)	56	57	29	49

Leyenda: 0-4 malo; 4-6 regular; 7-9 bueno; 10 muy bueno



## 10.- CONCLUSIONES

El BIM es una metodología de trabajo en auge, que aporta una gran cantidad de ventajas en la fase de concepción del proyecto, previa a su evaluación y construcción, y que además es de obligatorio uso en España en todos los proyectos públicos, por lo que su uso se va a ver aumentado de forma general en los próximos años debido a su gran versatilidad y mejora de la eficiencia en el trabajo, apartando poco a poco a los modelados en 2D.

Cabe destacar que ningún programa es mejor que otro de forma general ni hay una solución perfecta en todos los sentidos para el trazado de las instalaciones de un proyecto, sino que todo depende del contexto.

Los proyectos de realización de instalaciones se pueden dividir, según su tamaño, en pequeños (viviendas, locales comerciales o naves industriales), medianos (áreas residenciales) o grandes (centros comerciales o hospitales).

En función del tamaño del proyecto, algunos programas van a ser más aptos que otros.

Para proyectos pequeños, vale casi cualquiera de los cuatro programas utilizados (ArchiCAD, Revit, CYPE, TeKton 3D), puesto que el volumen de información no es muy grande, no hay muchas posibilidades de error en el diseño y el tiempo empleado no es muy elevado. El más eficaz puede ser TeKton 3D, puesto que, con el diseño, el programa directamente realiza los cálculos, corrige los posibles errores que surja y su uso no es excesivamente complejo.

En proyectos medianos, no hay una única solución, puesto que, por ejemplo, TeKton 3D (correcto para proyectos pequeños) puede generar un alto volumen de errores debido a la gran cantidad de información que se introduce en el programa, que haga que su trabajo sea muy tedioso, aunque, aun así, y si no fuese este caso, podría ser aún más eficaz que ArchiCAD. Por lo que para este tipo de proyectos lo más eficaz puede ser utilizar el programa en el que trabajen la mayoría de los integrantes del proyecto, con intención de unificar la forma de proceder, y favorecer la interoperabilidad entre los archivos generados por cada uno.

Para proyectos grandes, el programa más eficaz probablemente sea ArchiCAD, puesto que, aunque no realiza los cálculos y el trazado de tuberías una vez calculadas puede ser algo más tedioso que con Revit, su interfaz es más intuitiva y su trabajo tanto con los archivos propios como con los IFCs también es más sencillo y rápido. Respecto a los programas de cálculo, y puesto que éstos generan avisos de los errores en geometría y dimensionamiento, para proyectos grandes, la posibilidad de generación de un alto volumen de errores puede hacer que su trabajo con ellos sea muy largo.

	PROGRAMAS DE DISEÑO		PROGRAMAS DE CÁLCULO		OBSERVACIONES
	ARCHICAD	REVIT	CYPE	TEKTON 3D	
PROYECTOS PEQUEÑOS	✓	✓	✓	✓	Viviendas Locales Naves industriales
PROYECTOS MEDIANOS	✓	✓	✓	✓	Áreas residenciales
PROYECTOS GRANDES	✓	✓	X	X	Centros comerciales Hospitales

Además de esta primera clasificación en función del tipo de proyecto y, atendiendo a la comparativa realizada en el punto 9, se puede observar que los programas más completos son ArchiCad y Revit, los cuales, a pesar de que, por ejemplo, el primero no es capaz de calcular, compensa ese hecho con su buen trabajo con los IFC y su facilidad de uso. Revit destaca sobre todo por su facilidad con el trazado y su gran uso a nivel global, lo que provoca que haya infinidad de recursos online para aprender a trabajar con él. Además, es capaz de calcular. El uso de cualquiera de los dos siempre va a ser una buena opción.

Como se ha visto anteriormente, Revit también ofrece la posibilidad de introducir plugins, los cuales se ha visto que optimizan su rendimiento. Aunque su comparativa no es concluyente al cien por cien puesto que no todos realizan la misma función, se podría decir que con respecto a la utilidad/rentabilidad que se podría obtener de ellos y su relación calidad-precio, la más útil puede ser Color Splasher, puesto que es la más versátil para el trabajo en BIM. A continuación, se situaría Avoid MEP Clashes, puesto que su relación calidad-precio es muy buena y puede ayudar a modelar de forma eficaz. Design Master RT Electrical se situaría en tercer lugar, debido a que su diseño del esquema en AutoCAD hace que su uso sea más tedioso. En último lugar se situaría MEP Easy Section, puesto que no permite su uso de cara a la conformación de planos.

En un escalón inferior se situarían Cype y TeKton 3D. Cype a veces genera problemas con los IFC, además de no permitir el modelado en 3D. También el hecho de que te eche del programa a la hora de calcular si hay errores geométricos le deja en mal lugar. TeKton, en cambio, es un programa muy versátil el cual es sencillo de aprender y ofrece muchas soluciones con un rápido y sencillo proceso de modelado. Le lastra el hecho de que está muy poco extendido y su uso es todavía muy minoritario, pero respecto a Cype, le saca una clara ventaja.

Como posibles líneas futuras de trabajo, se podría realizar la comparativa utilizando más programas BIM, como SketchUP o AllPlan y observar su forma de trabajo.

## 11.- BIBLIOGRAFÍA Y NORMATIVA CONSULTADA

- 3D natives*. (12 de Febrero de 2020). Obtenido de ¿Cuáles son las características del software SketchUp?: <https://www.3dnatives.com/es/caracteristicas-del-software-sketchup-120220202/#!>
- ALLPLAN*. (s.f.). Obtenido de ¿Qué es BIM?: <https://www.allplan.com/es/bim/building-information-modeling-con-allplan/>
- arquIPARADOS*. (s.f.). Obtenido de ¿Qué son los BIM Levels?: <https://www.arquiparados.com/t834-que-son-los-niveles-bim-bim-levels>
- ASIDEK*. (s.f.). Obtenido de Utilizan BIM para la construcción del aeropuerto más grande del mundo: <https://www.asidek.es/bim-para-el-aeropuerto-mas-grande-del-mundo/>
- BibLus*. (20 de Marzo de 2017). Obtenido de Modelo IFC: qué es y cuál es la relación BIM-IFC.: <https://biblus.accasoftware.com/es/modelo-ifc-que-es-y-cual-es-la-relacion-bim-ifc/>
- BIMnD*. (s.f.). Obtenido de ¿Qué es el LOD en metodología BIM?: <https://www.bimnd.es/lod-la-metodologia-bim/>
- BIMnD*. (12 de Febrero de 2019). Obtenido de BIM versus CAD: Workflow, Aplicaciones y Beneficios.: <https://www.bimnd.es/bim-versus-cad-workflow-aplicaciones-beneficios/>
- BIMtechla*. (s.f.). Obtenido de MEP ArchiCAD: <https://bimtechla.com/productos/mep-archicad/#1622576394257-046d5c94-ee2c>
- Blocks*. (15 de Noviembre de 2021). Obtenido de REVIT, ¿QUÉ ES?: <https://www.blocksrvt.com/blog-posts-spanish/revit-que-es>
- BUILDING SMART*. (s.f.). Obtenido de Implantación BIM en España.: <https://www.buildingsmart.es/bim/>
- BUILDING SMART*. (31 de Mayo de 2021). Obtenido de Grado de implantación de BIM en la empresa española.: <https://www.buildingsmart.es/2021/05/31/grado-de-la-implantaci%C3%B3n-bim-en-la-empresa-espa%C3%B1ola/>
- Curso Autocad*. (s.f.). Obtenido de ArchiCAD: lo que necesitas saber.: <https://curso-autocad.es/archicad/>
- CYPE*. (s.f.). Obtenido de ¿Qué es CYPE?: <http://www.cype.es/cypeingenieros/>
- ESDIMA*. (s.f.). Obtenido de Ventajas del BIM: <https://esdima.com/ventajas-del-bim/>

*ESPACIO BIM*. (25 de Octubre de 2016). Obtenido de ¿Qué significa LOD?: <https://www.espaciobim.com/lod>

*ESPACIO BIM*. (9 de Marzo de 2017). Obtenido de GUID, ¿qué es GUID o Global Unique Identifier?: <https://www.espaciobim.com/guid>

*ESPACIO BIM*. (08 de Febrero de 2018). Obtenido de Software BIM más utilizado: AUTODESK REVIT: <https://www.espaciobim.com/software-bim-mas-utilizado-revit>

*iMventa ingenieros*. (s.f.). Obtenido de TeKton 3D: <https://www.imventa.com/tekton3d#:~:text=TeKton3D%20es%20una%20aplicaci%C3%B3n%20modular,%2C%20aire%20 comprimido%2C%20etc>

J., A. (s.f.). *ARCUX*. Obtenido de ¿Qué es Revit MEP y cuáles son sus principales funciones?: <https://arcux.net/blog/que-es-revit-mep-y-cuales-son-sus-principales-funciones/>

*MundoBIM*. (26 de Junio de 2016). Obtenido de Uso de BIM en el Canal de Panamá, una tarea monstruosa.: <https://mundobim.com/2016/06/bim-en-el-canal-de-panama-una-tarea-monstruosa/#:~:text=La%20ampliaci%C3%B3n%20del%20Canal%20de,hac en%20proyectos%20grandes%20de%20concreto>

*Redshift by AUTODESK*. (21 de Abril de 2020). Obtenido de ¿Qué es BIM?: <https://redshift.autodesk.es/bim/#:~:text=En%201984%2C%20estos%20pr ecursores%20de,terminal%20del%20aeropuerto%20de%20Heathrow.>

*SEYSTIC*. (2018). Obtenido de Historia del BIM: <https://seystic.com/bim-la-historia-del-building-information-modelling/>

*Software selección*. (s.f.). Obtenido de AllPlan Instalaciones: <https://www.softwareseleccion.com/allplan+instalaciones-p-156>

*SOLERPALAU*. (s.f.). Obtenido de ¿Qué es BIM?: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/que-es-bim/>

*Structuralia*. (9 de Marzo de 2019). Obtenido de 3 proyectos en España en los que se aplicó la metodología BIM.: <https://blog.structuralia.com/3-proyectos-en-espana-en-los-que-se-aplico-la-metodologia-bim>

*Wikipedia*. (s.f.). Obtenido de ArchiCAD: <https://es.wikipedia.org/wiki/ArchiCAD>

*Wikipedia*. (s.f.). Obtenido de Revit: <https://es.wikipedia.org/wiki/Revit>

*Wikipedia*. (s.f.). Obtenido de SketchUp: <https://es.wikipedia.org/wiki/SketchUp>

*Wikipedia*. (s.f.). Obtenido de AllPlan: <https://es.wikipedia.org/wiki/Allplan>

Normativa consultada:

- Código Técnico de la Edificación (CTE). Documento Básico de Salubridad y Salud. HS4 – Suministro de Agua.
- Código Técnico de la Edificación (CTE). Documento Básico HS - Salubridad. HS5 - Evacuación de Aguas.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE). Real Decreto 1027/2007 de 20 de julio. Versión consolidada septiembre de 2013.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e ITC (REBT). BOE. 16 de marzo de 2022.