

Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

Diseño y cálculo de instalaciones con metodología BIM. Aplicación a un Templo.

Autor:

Elena Galindo Ortega

Tutores:

Miguel Ángel López López y
María Gloria del Río Cidoncha

Dpto. de Ingeniería Gráfica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, 2021

Agradecimiento

Comenzar agradeciendo a mis tutores Miguel Ángel López y María Gloria del Río por el tiempo de dedicación invertido, por todo lo que me han enseñado y la amabilidad con la que lo han hecho a lo largo de toda la realización de este trabajo de fin de grado.

También a todos mis profesores durante toda la carrera, ha sido un honor formar parte de esta escuela.

A mis amigos y compañeros. Gracias por haber compartido conmigo esta etapa.

Y principalmente a mi familia, especialmente a mis padres y mi hermana. Gracias por vuestra paciencia, por apoyarme en todo y confiar en mí.

Resumen

Este Trabajo de Fin de Grado tiene como objetivo principal el acercamiento a la metodología BIM, cuya implementación supondrá el conocimiento de la gestión y modelado de las instalaciones sanitarias, eléctricas y de protección contra incendios correspondientes a un edificio en cuestión. Con esto, se pretende demostrar la eficiencia que presenta dicha metodología frente a los métodos de modelado en 2D que se han venido utilizando hasta ahora en las fases de un proyecto.

Para desarrollo de este trabajo, se partirá explicando en que consiste la metodología BIM, sus antecedentes y cuál es la posición que ocupa hoy en día. Se pondrá interés en saber cuáles son sus características principales y se destacarán las diferencias que presenta frente a la metodología tradicional en las distintas fases de diseño de un proyecto. Junto con esto, se conocerán los distintos softwares que ofrece el mercado para la implementación de este sistema y se justificará la opción escogida entre ellos para el desarrollo del modelo en el presente TFG.

Seguidamente se hará una breve descripción del modelo arquitectónico proporcionado en el cual se basa todo el proyecto, con el fin de ubicar las diferentes instalaciones mencionadas que posteriormente se van a diseñar.

Los últimos apartados consistirán en la explicación de cómo se ha llevado a cabo el diseño, modelado y cálculo de las instalaciones, haciendo uso de diferentes herramientas y adaptándonos en todo momento a la normativa vigente

Índice

Agradecimiento	9
Resumen	10
Abstract	i
Índice de Tablas	iv
Índice de Figuras	vi
Notación	x
1 Introducción	11
2 Justificación del tema escogido	12
3 Metodología de trabajo a seguir	13
3.1. <i>¿Qué es BIM?</i>	13
3.2. <i>Contexto actual</i>	13
3.3. <i>Antecedentes del BIM</i>	15
3.4. <i>BIM y la Industria de la Construcción</i>	15
3.5. <i>Implantación de BIM en la actualidad</i>	16
3.6. <i>Beneficios y limitaciones de BIM</i>	17
3.6.1 Beneficios	17
3.6.2 Limitaciones	18
3.7. <i>Los niveles en BIM</i>	19
3.7.1 Niveles de desarrollo (LOD)	19
3.7.2 Niveles de madurez en BIM	19
3.8. <i>Alternativas de Software</i>	21
4 Modelo Arquitectónico	24
4.1. <i>Ubicación y descripción del edificio</i>	24
4.2. <i>Requisitos del edificio</i>	26
5 Inicio de un Proyecto MEP	27
5.1. <i>Introducción de las instalaciones en un edificio</i>	27
5.2. <i>Interfaz en Revit</i>	28
5.3. <i>Relación entre Arquitectura e Instalaciones. Vinculación de proyectos</i>	30
5.4. <i>Documentación y obtención de datos del modelo</i>	35
5.4.1 Jerarquía de elementos en Revit	35
5.4.2 Clasificación de parámetros	36
5.4.3 Configuración de vistas	38
5.4.4 Filtros de vista	38
5.4.5 Sistemas en Revit	39
5.4.6 Creación de planos	39
6 Instalaciones Sanitarias	41
6.1. <i>Introducción</i>	41
6.2. <i>Descripción de las instalaciones</i>	41
6.2.1 Instalación de red de evacuación de aguas residuales	41
6.2.2 Instalación de abastecimiento de agua	43
6.3. <i>Diseño y modelado de instalación sanitaria con Revit</i>	48
6.3.1 Configuración plantilla mecánica	48
6.3.2 Aparatos Sanitarios	51
6.3.3 Cálculo y trazado de tuberías	57
6.3.4 Documentación del proyecto	62
7 Instalación eléctrica	70

7.1. <i>Introducción</i>	70
7.2. <i>Iluminación</i>	70
7.2.1 Características luminotécnicas generales	71
7.2.2 Tipos de lámparas	71
7.2.3 Selección de luminarias	72
7.2.4 Iluminación interior. Estudio luminotécnico	76
7.2.5 Iluminación de emergencia (ITC-BT-28)	81
7.2.6 Receptores de alumbrado (ITC-BT-44)	82
7.3. <i>Previsión de potencia</i>	82
7.4. <i>Características generales de la instalación eléctrica</i>	86
7.4.1 Acometida	86
7.4.2 Instalación de enlace	87
7.4.3 Instalaciones interiores	90
7.4.4 Prescripciones generales para locales de reunión (ITC-BT-28)	91
7.4.5 Protección contra sobrintensidades (ITC-BT-22)	92
7.4.6 Protección contra sobretensiones (ITC-BT-23)	93
7.5. <i>Distribución de la instalación eléctrica</i>	94
7.5.1 Cuadros eléctricos	94
7.5.2 Circuitos	94
7.5.3 Protecciones en la instalación	95
7.6. <i>Diseño y modelado de la instalación con Revit</i>	96
7.6.1 Configuración plantilla eléctrica	96
7.6.2 Colocación y configuración de elementos eléctricos	100
7.6.3 Creación de circuitos y cableado	107
7.6.4 Renderizaciones con Revit	112
7.6.5 Obtención de planos	115
8 Instalación de Protección Contra Incendios	117
8.1. <i>Introducción</i>	117
8.2. <i>Cumplimiento con la normativa</i>	117
8.2.1 Evacuación de ocupantes	117
8.2.2 Dotación de instalaciones de protección	120
8.3. <i>Distribución de extintores portátiles</i>	121
8.4. <i>Selección e instalación de bocas de incendio equipadas</i>	121
8.4.1 Introducción	121
8.4.2 Tipos de B.I.E.	121
8.4.3 Emplazamiento y distribución	122
8.4.4 Presiones y caudales	123
8.4.5 Red abastecimiento BIES	125
8.5. <i>Modelado de la instalación en Revit</i>	126
8.5.1 Definición de espacios y tablas de planificación	126
8.5.2 Configuración de la plantilla mecánica	127
8.5.3 Colocación y configuración de elementos contra incendio	128
8.5.4 Representación de elementos de evacuación	134
8.5.5 Señalización	137
8.5.6 Obtención de planos	139
9 Conclusiones	141
Referencias	142
ANEXO PLANOS	144

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Diferencias entre metodología CAD y BIM. [4].....	14
Tabla 4.1. Tabla planificación de áreas.....	24
Tabla 5.1. Tipos de parámetros [19].....	38
Tabla 6.1. Uds. Correspondientes a los distintos aparatos sanitarios [21].....	42
Tabla 6.2. Uds. De aparatos consideradas para el proyecto.....	42
Tabla 6.3. Diámetros de ramales colectores entre aparatos sanitarios y bajante [21].....	42
Tabla 6.4. Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato [21].....	44
Tabla 6.5. Rango velocidades en función del tramo [21].....	45
Tabla 6.6. Caudales mínimos.....	47
Tabla 6.7. Obtención caudal de cálculo.....	47
Tabla 6.8. Diámetros mínimos de alimentación bajante [21].....	47
Tabla 6.9. Diámetros mínimos derivaciones de los aparatos [21].....	54
Tabla 6.10. Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato [21].....	54
Tabla 6.11. Tabla planificación tuberías sistema agua fría sanitaria.....	66
Tabla 6.12. Tabla planificación tuberías sistema sanitario.....	66
Tabla 7.1. Definición de espacios.....	70
Tabla 7.2. Propiedades luminaria Pop Core Round 48 LED [26].....	73
Tabla 7.3. Propiedades luminaria Fortex2 LED [26].....	74
Tabla 7.4. Propiedades luminaria Primo2x2 LED [26].....	75
Tabla 7.5. Propiedades luminaria Shell Round Surface [26].....	75
Tabla 7.6. Cantidad de Lux según normativa.....	76
Tabla 7.7. Tipos y cantidad de luminarias en cada una de las zonas.....	81
Tabla 7.8. Previsión de potencia total fuerza instalada.....	83
Tabla 7.9. Previsión de potencia total iluminación instalada.....	83
Tabla 7.10. Total potencia instalada.....	84
Tabla 7.11. Estimación de potencia total fuerza necesaria.....	85
Tabla 7.12. Estimación de potencia total iluminación necesaria.....	85
Tabla 7.13. Potencia de cálculo.....	85
Tabla 7.14. Tipos acometidas.....	86
Tabla 7.15. Sección mínima del conductor neutro [27].....	87
Tabla 7.16. CGP homologadas [27].....	89
Tabla 7.17. Sección mínima conductores [27].....	91
Tabla 7.18. Resumen tipos de locales pública concurrencia [27].....	92
Tabla 7.19. Tensión nominal de la instalación [27].....	93
Tabla 7.20. Tipos de aislantes.....	97

Tabla 7.21. Equivalencias secciones de cable sistema americano[29]	98
Tabla 7.22. Secciones e intensidades máximas instalaciones interiores [27].....	99
Tabla 7.23. Voltajes para el proyecto en Revit	100
Tabla 7.24. Sistemas de distribución para el proyecto en Revit.....	100
Tabla 7.25. Intensidades nominales interruptores magnetotérmicos	111
Tabla 7.26. Características cableado agrupaciones	112
Tabla 8.1. Cálculo ocupación en cada una de las zonas	118
Tabla 8.2. Dimensionamiento medios de evacuación [21]	119
Tabla 8.3. Dotación de instalaciones de protección en general [21].....	120
Tabla 8.4. Dotación de instalaciones de protección en locales de pública concurrencia [21]	120
Tabla 8.5. Dotación de instalaciones contra incendio para este proyecto	120
Tabla 8.6. Caudal y coeficiente K mínimo en función de la presión [32].....	123
Tabla 8.7. Propiedades tipo de BIE seleccionada para el proyecto	124
Tabla 8.8. Diámetros mínimos tuberías.....	125
Tabla 8.9. Tabla planificación cálculo de ocupación en Revit	127
Tabla 8.10. Tamaños tuberías de acero según norma DIN 2440 [34].....	128
Tabla 8.11. Tabla planificación pérdidas de carga en tuberías.....	130
Tabla 8.12. Pérdidas totales en cada BIE	130
Tabla 8.13. Cálculo presión de grupo	131
Tabla 8.14. Catálogo selección grupo de presión [33]	131
Tabla 8.15. Características grupo de presión serie AF 3M [33]	133

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Comparación implementación BIM en empresas 2013 frente a 2015 [6]	16
Figura 3.2. Implementación del BIM en el mundo [7]	17
Figura 3.3. Gráfico comparación BIM con metodologías tradicionales [8]	17
Figura 3.4. Comparación BIM vs. CAD [9]	18
Figura 3.5. El modelo de niveles de madurez BIM de Bew y Richards (2008) [11]	20
Figura 3.6. Dimensiones en BIM [11]	21
Figura 3.7. Logo corporativo Revit [12]	22
Figura 3.8. Logo corporativo ArchiCad [13]	22
Figura 3.9. Logo corporativo AllPlan[14]	23
Figura 4.1. Imagen de Revit modelo arquitectónico	24
Figura 4.2. Imagen Revit distribución de espacios en planta nivel ACCESO	25
Figura 4.3. Imagen Revit distribución de espacios en planta nivel CORO	25
Figura 4.4. Alzado edificio Revit	26
Figura 5.1. Coste ciclo de vida de un edificio. [6]	27
Figura 5.2. Interfaz Revit 2019	28
Figura 5.3. Panel de propiedades Revit	29
Figura 5.4. Barra herramientas sistemas Revit	30
Figura 5.5. Esquema coordinación entre disciplinas [16]	30
Figura 5.6. Siglas MEP	30
Figura 5.7. Ventana inicio proyecto	31
Figura 5.8. Coordinación de proyectos Revit	32
Figura 5.9. Herramienta Copiar/Supervisar	32
Figura 5.10. Vinculación de proyecto arquitectónico a una plantilla	33
Figura 5.11. Niveles del proyecto	33
Figura 5.12. Creación de vistas de planta	34
Figura 5.13. Visualización planos de planta en el navegador de proyectos	34
Figura 5.14. Jerarquía en Revit [17]	36
Figura 5.15. Parámetros de proyecto	37
Figura 5.16. Creación parámetro de proyecto	37
Figura 5.17. Plantillas de vista	38
Figura 5.18. Panel modificaciones de visibilidad/gráficos para una vista	39
Figura 5.19. Creación nuevo plano	40
Figura 5.20. Familia de plano	40
Figura 6.1. Cierres hidráulicos [22]	43
Figura 6.2. Configuración mecánica	48

Figura 6.3. Configuración mecánica. Conversión agua fría sanitaria	49
Figura 6.4. . Configuración mecánica. Conversión sanitarios	49
Figura 6.5. Configuración mecánica. Segmentos y tamaños	50
Figura 6.6. Editor de familias. Colocación de conectores.	51
Figura 6.7. Editor de familia. Configuración de conectores sanitarios WC	53
Figura 6.8. Editor de familia. Configuración de conectores sanitarios lavamanos.	53
Figura 6.9. Editor de familia. Configuración de conectores abastecimiento WC	55
Figura 6.10. Editor de familia. Configuración de conectores abastecimiento lavamanos	55
Figura 6.11. Navegador de sistemas	56
Figura 6.12. Visualización sistemas navegador de sistemas	57
Figura 6.13. Herramienta generación de diseño de tuberías automático	57
Figura 6.14. Trazado tuberías sistema agua fría sanitaria	58
Figura 6.15. Accesorios sistema agua fría sanitaria (1)	58
Figura 6.16. Accesorios sistema agua fría sanitaria (2)	59
Figura 6.17. Inspeccionador de sistemas. Sistema agua fría sanitaria	59
Figura 6.18. Cálculo tamaño tuberías sistema agua fría sanitaria	60
Figura 6.19. Condición velocidad. Cambio de tamaño tubería	60
Figura 6.20. Trazado tuberías sistema sanitario	61
Figura 6.21. Visualización pendiente tuberías de saneamiento	62
Figura 6.22. Inspeccionador de sistemas. Sistema sanitario	62
Figura 6.23. Creación tabla de planificación	63
Figura 6.24. Ventana propiedades tabla de planificación	64
Figura 6.25. Creación parámetros compartidos	64
Figura 6.26. Configuración parámetros compartidos	65
Figura 6.27. Asignación valores tramos de tubería	65
Figura 6.28. Asignación valores accesorios de tubería	66
Figura 6.29. Vista isométrico instalación sanitaria	67
Figura 6.30. Vistas de plano. Navegador de proyectos	68
Figura 6.31. Filtros de visibilidad	68
Figura 6.32. Recorte de vista	69
Figura 6.33. Visualización contenido de planos. Navegador de proyectos	69
Figura 7.1. Luminaria Pop Core Round 48 LED [26]	73
Figura 7.2. Luminaria Fortex2 LED [26]	74
Figura 7.3. Luminaria Primo2x2 LED [26]	74
Figura 7.4. Luminaria Shell Round Surface [26]	75
Figura 7.5. Construcción modelo en Dialux	77
Figura 7.6. Asignación de materiales al modelo en Dialux	77

Figura 7.7. Visualización propiedades luminaria en Dialux	78
Figura 7.8. Estudio lumínico en Dialux (1)	78
Figura 7.9. Cálculo estimativo de lux en Dialux	79
Figura 7.10. Estudio lumínico en Dialux (2)	79
Figura 7.11. Estudio lumínico en Dialux (3)	80
Figura 7.12. Resultado estudio lumínico en Dialux	80
Figura 7.13. Esquema puesta a tierra TT [27]	88
Figura 7.14. Esquema instalación de enlace usuario único [27]	89
Figura 7.15. Interruptor magnetotérmico [28]	95
Figura 7.16. Interruptor diferencial [28]	95
Figura 7.17. Configuración eléctrica Revit	96
Figura 7.18. Tamaños de cable. Configuración eléctrica Revit	98
Figura 7.19. Esquema red de distribución pública [27]	100
Figura 7.20. Visualización planos de techo. Navegador de proyectos	101
Figura 7.21. Configuración conector equipos eléctricos (1). Editor de familias	102
Figura 7.22. Asignación sistema de distribución a la CGP	103
Figura 7.23. Configuración conector equipos eléctricos (2). Editor de familias	103
Figura 7.24. Asignación sistema de distribución al cuadro general	104
Figura 7.25. Configuración dispositivos eléctricos. Editor de familias	105
Figura 7.26. Colocación luminarias sobre plano de trabajo definido	106
Figura 7.27. Creación de sistemas de interruptores	106
Figura 7.28. Edición de sistemas de interruptores	106
Figura 7.29. Configuración MEP	107
Figura 7.30. Visualización de circuitos. Navegador de sistemas	108
Figura 7.31. Edición de parámetros compartidos	109
Figura 7.32. Creación de tablas de planificación eléctrica	110
Figura 7.33. Esquema para un único usuario [27]	111
Figura 7.34. Renderización en Revit	112
Figura 7.35. Propiedades tipos de familia luminarias	113
Figura 7.36. Configuración intensidad inicial luminarias	113
Figura 7.37. Renderización planta principal de acceso con iluminación natural (1)	114
Figura 7.38. Renderización planta principal de acceso con iluminación artificial (1)	114
Figura 7.39. Renderización planta principal de acceso con iluminación natural (2)	115
Figura 7.40. Renderización planta principal de acceso con iluminación artificial (2)	115
Figura 7.41. Visualización de planos de electricidad. Navegador de proyectos	116
Figura 8.1. Esquema BIE 45 mm [31]	122
Figura 8.2. Esquema BIE 25 mm [31]	122

Figura 8.3. Esquema método de ensayo [31]	124
Figura 8.4. Esquema general grupo presión [33]	126
Figura 8.5. Introducción diámetros tuberías. Configuración mecánica	128
Figura 8.6. Configuración de los conectores. Editor de familias	129
Figura 8.7. Condición velocidad. Dimensionamiento tuberías	129
Figura 8.8. Sistema contra incendios	130
Figura 8.9. Curva característica – 3M/3P 32-200/5.5 [33]	132
Figura 8.10. Grupo de presión AF 3M [33]	132
Figura 8.11. Anotaciones para comprobación radio de acción extintores (1)	133
Figura 8.12. Anotaciones para comprobación radio de acción extintores (2)	134
Figura 8.13. Colocación de extintores	134
Figura 8.14. Anotaciones para medición de los recorridos de evacuación	135
Figura 8.15. Recorridos de evacuación nivel ACCESO	135
Figura 8.16. Recorridos de evacuación nivel CORO	136
Figura 8.17. Comprobación dimensiones puertas, pasos y pasillos nivel ACCESO	136
Figura 8.18. Comprobación dimensiones puertas, pasos y pasillos nivel CORO	137
Figura 8.19. Señal ubicación extintor de incendios [35]	137
Figura 8.20. Señal ubicación BIE [35]	138
Figura 8.21. Señal salida (1) [35]	138
Figura 8.22. Señal salida (2) [35]	138
Figura 8.23. Señal salida (3) [35]	138
Figura 8.24. Alzado colocación señales (1)	139
Figura 8.25. Alzado colocación señales (2)	139
Figura 8.26. Visualización de planos sistema contra incendios. Navegador de proyectos	140

NOTACIÓN

A^*	Conjugado
c.t.p.	En casi todos los puntos
c.q.d.	Como queríamos demostrar
■	Como queríamos demostrar
e.o.c.	En cualquier otro caso
e	número e
Re	Parte real
Im	Parte imaginaria
sen	Función seno
tg	Función tangente
arctg	Función arco tangente
sen	Función seno
$\sin^x y$	Función seno de x elevado a y
$\cos^x y$	Función coseno de x elevado a y
Sa	Función sampling
sgn	Función signo
rect	Función rectángulo
Sinc	Función sinc
$\partial y \partial x$	Derivada parcial de y respecto
x°	Notación de grado, x grados.
$\Pr(A)$	Probabilidad del suceso A
SNR	Signal-to-noise ratio
MSE	Minimum square error
:	Tal que
<	Menor o igual
>	Mayor o igual
\	Backslash
\Leftrightarrow	Si y sólo si

1 INTRODUCCIÓN

La forma de trabajo y presentación de proyectos en la actualidad está cambiando, adaptándose y evolucionando a nuevas tecnologías con las que se logra una mayor eficiencia de trabajo y mejores resultados finales. BIM ha irrumpido en el mundo de la construcción, arquitectura e ingeniería como una metodología de trabajo que deja obsoletas a las formas de trabajo tradicionales. Existen diferentes Softwares en el mercado que permiten la implementación de BIM en un proyecto. Para este trabajo se hará uso del Software Autodesk Revit.

Este Trabajo de Fin de Grado tiene como objetivo el diseño y dimensionamiento en 3D de las instalaciones de un edificio mediante metodología BIM. Se podrán comprobar todas las ventajas que dicha metodología presenta y todo el procedimiento que es necesario llevar a cabo para obtener un resultado final óptimo.

El edificio en cuestión será un templo, el cual se deberá dotar de instalaciones sanitarias, instalación eléctrica e instalación contra incendios. El diseño de cada una de estas instalaciones deberá ser acorde a las normativas vigentes:

- Código Técnico de la Edificación (CTE)
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT)

Una vez quedan establecidos a través de estas normas los requisitos necesarios para el diseño, tendrá lugar el modelado y cálculo mediante Revit. Para cada una de las instalaciones, se tratará de mostrar todo el desarrollo seguido con el programa, especificando todos los elementos que las componen y la configuración de los mismos, viendo cómo va tomando forma la instalación dentro del modelo. A su vez, se mostrarán los cálculos realizados comprobando que está teniendo lugar el cumplimiento de la normativa española aplicable. Para esto último también será importante, una vez se da por finalizado el modelado, realizar una correcta extracción de información del modelo. Revit permite una representación de la información a través de diferentes vías como tablas de planificación, planos, diagramas o renderizados, complementando la visión en 3D del modelo. Todo ello va a permitir una mejor comprensión del proyecto.

Dado que hasta ahora no había tenido ningún contacto con este Software, para ser posible la realización de este trabajo ha sido necesaria la asistencia a varios cursos básicos de formación BIM con Revit, además de la realización de numerosas consultas bibliográficas a diferentes manuales.

2 JUSTIFICACIÓN DEL TEMA ESCOGIDO

Tal y como se va a explicar en los siguientes apartados, BIM supone una revolución en cuanto metodología de trabajo en todos los ámbitos de la construcción.

Hace un año aproximadamente tuve mi primer contacto con el mundo de la construcción durante la realización mis prácticas en la carrera, la cuales tuvieron lugar en un estudio de arquitectura. En ellas obtuve el conocimiento de todo lo que supone la elaboración y presentación de proyectos desde un punto de vista tradicional. Fue allí donde comencé a tener constancia de la existencia de la metodología BIM.

Mis compañeros de trabajo habían realizado ya varios cursos buscando poder adaptar su forma de trabajar a esta nueva metodología. Al ser personas con bastantes años de experiencia, el cambio no les resulta fácil y no se llegó a conseguir una implantación total. Fueron ellos quienes me aconsejaron que si finalmente me decidía por el ámbito de la construcción apostara desde el principio por la metodología BIM, por el progreso que ello supone de cara al futuro.

A ello también podría añadirse que personalmente me ha gustado tratar con softwares a la largo de toda la carrera, siendo consciente de lo necesario que es estar adaptados a las nuevas tecnologías. Por supuesto siempre sin perder la noción de que un para usar un programa hay que saber toda la base teórica que hay detrás.

3 METODOLOGÍA DE TRABAJO A SEGUIR

Tal y como se ha introducido, se llevará a cabo el diseño y modelado de las instalaciones mediante metodología BIM y para ello se deberá hacer uso de un software propio de esta metodología.

En este apartado se pretende realizar una introducción al mundo de BIM, tratando de sintetizar los aspectos más característicos y fundamentales de esta metodología de trabajo. Se presentarán además las diferentes alternativas de software que se encuentran actualmente en el mercado.

3.1. ¿Qué es BIM?

Aplicado al sector de la construcción, BIM puede definirse como una gran base de datos gráfica que abarca toda la información necesaria para la construcción de un proyecto. Es un modelo de información pensado para una metodología de trabajo colaborativa, capaz de gestionar proyectos de edificación u obra civil.

Cuando se habla de modelado de información en construcción, hablamos de una tecnología de software con vista hacia el futuro, cada vez más implantada en la industria de la arquitectura, la ingeniería y la construcción. BIM es capaz de proporcionar una representación digital tridimensional visual y dimensionalmente precisa de una edificación. A su vez, constituye una gran base de datos, ofreciendo la capacidad de realizar un seguimiento de los atributos de los datos asociados a componentes que constituyen el modelo de construcción.

Esto quiere decir que esta aplicación consigue afiliar campos de datos con los objetos que componen el modelo, facilitando con ello una amplia gama de capacidades como despliegues de cantidad, estimación de costes, gestión de espacios, análisis energéticos entre otras aplicaciones.

Además de todos estos aspectos que se acaban de comentar en cuanto a la potencia de BIM como base de datos, esta tecnología da lugar a un cambio fundamental a la forma en la que hasta ahora tenía lugar la entrega de proyectos. BIM promete un proceso mucho más eficiente e integrado, creando un entorno altamente colaborativo. Esto supone a la hora de acometer un proyecto una notoria reducción de costes y alta eficiencia.[1],[2],[3].

3.2. Contexto actual

En la actualidad, las herramientas CAD se encuentran implantadas de forma generalizada en el ámbito de la arquitectura y construcción. Aun siendo un gran avance, ya que supuso la sustitución del papel por la pantalla, el diseño arquitectónico mediante esta herramienta hace que se siga dependiendo de representaciones de modelos independientes. Resulta interesante distinguir entre modelo y representación:

- Modelo: Puede definirse modelo como “objeto, concepto o conjunto de relaciones que se utiliza para el estudio de forma simple y comprensible una porción de la realidad” o posible realidad.
- Representación: Las representaciones hacen posible evocar la información contenida en el modelo.

Los profesionales de los ámbitos de la arquitectura y construcción trabajan sobre los modelos mediante representaciones bidimensionales, tridimensionales, físicas o digitales entre otras, en función de los aspectos a estudiar o simular, y pueden generar tantas representaciones como se necesiten. El problema de esto radica en que estas representaciones no están necesariamente coordinadas o conectadas entre sí. Puede darse el caso de tener una representación en planta que sea incoherente con una representación en alzado. Esto da lugar a que se estén generando representaciones que hacen referencia a modelos distintos.

Estas representaciones, además, únicamente contienen información aparente. Así por ejemplo, una vista en planta únicamente puede contener información acerca de cerramientos o mobiliario a un nivel concreto, no teniendo información acerca de los materiales usados.

Si se atiende al curso que sigue el diseño y ejecución de un proyecto, podrá contemplarse como estas cuestiones suponen un problema.

Un proyecto comienza con la recopilación de toda la información necesaria para la redacción del anteproyecto. Este documento reúne todas las concepciones y características principales del proyecto en cuestión. Para la obtención de esta información, tendrán lugar reuniones entre el equipo redactor y el cliente. Seguidamente, se procede al planteamiento de diferentes propuestas y estudio de las mismas por parte del proyectista, que tiene como finalidad escoger algunas de las alternativas que se estén contemplando. Las propuestas vienen representadas en planos, generalmente haciendo uso de alzados y vistas en planta.

Una vez queda escogida alguna de las alternativas, se inicia la definición de la misma, sin llegar a grandes niveles de detalle. Esta fase se corresponde con el comienzo de redacción del Proyecto Básico, en el que el proyectista llegará a un momento en el que necesitará colaboración de otros equipos de trabajo para: cálculo de estructuras, definición de instalaciones o aplicación de normativas. Es aquí donde pueden comenzar a surgir los problemas.

Los diferentes equipos son capaces de trabajar de manera paralela, realizando de forma periódica reuniones para asegurar la coordinación entre el diseño y el equipo redactor. Sin embargo, en la realidad siempre surgen imprevistos y un proyecto durante su curso inevitablemente debe realizar modificaciones casi de manera constante. Esto supone el deber de la comunicación entre las distintas partes para realizar correctamente las modificaciones sobre toda aquella documentación ya realizada. Cada modificación supone un enorme esfuerzo por la mayoría de las partes. Deben quedar actualizados planos, presupuestos, en definitiva todo tipo de documento que se viera implicado.

Se ve claramente como el volumen de trabajo ante eso es más complicado de gestionar que si se comparase con estar trabajando únicamente sobre un único modelo. Se acaban dedicando grandes esfuerzos por la mayoría de las partes para estar actualizando constantemente la información, dando lugar a llevar a cabo seguimientos muy controlados durante toda la fase de ejecución.

Conocida esta problemática, se puede entender BIM como una solución para representación de la información y además una forma de coordinación y gestión del proyecto.

Concepto	CAD	BIM
Dibujo	Entidades geométricas: <ul style="list-style-type: none"> • Líneas • Círculos • Polígonos • Sólidos • Superficies • ... 	Elementos constructivos con propiedades <ul style="list-style-type: none"> • Muros • Puertas/ventanas • Pilares • Cubiertas • Terrenos • ...
Relación plantas-secciones-alzados-modelo 3D	Son entidades independientes. → hay que aplicar cambios por separado <ul style="list-style-type: none"> • En el mismo archivo • Distintos archivos (con o sin referencias) 	Existe un único modelo del que se extraen representaciones → cualquier cambio en el modelo, cambia las representaciones
Datos asociados	Bloques con atributos (poco utilizados, tienen limitaciones)	<ul style="list-style-type: none"> • Propiedades de los elementos (Precios unitarios, Materiales, gravedad...) • Calculados (superficies) • Propiedades de los planos
Informes	Calcular datos y exportarlos a otros software (Excel)	Generados automáticamente y vinculados (pueden cambiarse datos en informe o en modelo)
Trabajo en grupo	No hay. Soluciones improvisadas: un archivo, una persona y relacionar archivos con xRef.	Métodos cambian según la aplicación: <ul style="list-style-type: none"> • Posibilidad de trabajar en zonas/capas concretas • permisos/usuarios

Tabla 3.1. Diferencias entre metodología CAD y BIM. [4]

3.3. Antecedentes del BIM

El mundo cambia a lo largo de los años y con el nuestras necesidades. Podemos concebir esta misma idea dentro de los ámbitos de la arquitectura, construcción o ingeniería. Las personas envueltas en esta industria han cambiado a lo largo del tiempo de una manera muy progresista, respondiendo en función de las necesidades del entorno. El desarrollo de la tecnología en los últimos años ha tenido fuertes impactos en los métodos tradicionales de diseño y construcción, obligando a las empresas a perseguir una adaptación de sus medios a las necesidades presentes a día de hoy. En general, la construcción debe buscar y aprender a trabajar de un modo diferente.

A partir de la década de 1980 los profesionales de la industria de la construcción comenzaron a desempeñar sus labores haciendo uso de herramientas como software CAD o programas de gestión de proyectos, adoptando con esto nuevos avances tecnológicos que poco a poco se fueron implantando en la industria a nivel general.

A comienzos del 2000, empezó a hablarse del término proyectar. Dicho término engloba la información necesaria para gestionar un proyecto y los datos gráficos que ayudan a entender un proyecto constructivo, creándose un enlace entre ambos aspectos. Este sistema a día de hoy es conocido como BIM (Building Information Modeling) o “Modelado de información para la Construcción”. Comenzó a popularizarse como término común para la representación digital de procesos de construcción, cuyo objetivo es intercambiar e interoperacionalizar información en formato digital.

La empresa pionera en la aplicación de este concepto fue Graphisoft (Hungría), la cual lo implementó con el nombre Virtual Building (Edificio Virtual) en su programa ArchiCad. Este programa se reconoce como el primer software de CAD capaz de crear tanto dibujos en 2D como 3D.

Más tarde fue Autodesk quien comenzó a utilizar el concepto de BIM en 2002 comprando la compañía Revit Technology Corporation.

A día de hoy, son diversos proveedores tecnológicos los que ofrecen esta metodología de trabajo: Bocad, Tekla, Nemetschek, Sigma Desing, Autodesk, StruCad de AceCad Software, entre otros muchos. [5]

3.4. BIM y la Industria de la Construcción

A día de hoy, la industria de la construcción es un sector que cuenta con una gran variedad de recursos en cuanto a herramientas de trabajo a la hora de acometer un proyecto. A su vez, requiere la participación de distintos equipos multidisciplinares de personas para la gestión de un proyecto completo. Todo ello implica importantes partidas económicas.

No llevar un flujo de trabajo adecuado y coordinado genera la posibilidad de cometer un alto porcentaje de errores que den lugar a retrasos en los plazos o generación de costes. Por ello es importante la eficaz y eficiente comunicación de la información durante todo el desarrollo del proyecto en sus distintas fases.

Puede demostrarse como los flujos de información tradicionales suponen un problema, ya que acarrear una gran pérdida de información entre los distintos equipos participantes en el proyecto, haciendo que estos métodos sean cada vez menos sostenibles.

El valor de BIM en la construcción se presenta por tanto en muchas formas y tamaños. La capacidad de ahorrar tiempo y reducir costes debido a una mejor accesibilidad de la información disponible para tomar decisiones, se traduce en buenos resultados.

Durante los últimos 50 años, la industria de la construcción ha tenido solo un puñado de notables innovaciones en comparación con otras industrias. Pueden destacarse avances en la investigación de materiales o eficiencia energética, pero en lo que se refiere a las tecnologías utilizadas por los equipos de proyecto para la gestión del proceso constructivo, siguieron siendo las mismas. Ahora, la innovación está teniendo como resultado nuevas metodologías de trabajo. La figura 1 representa la comparativa entre el nivel de uso por parte de contratista de la metodología BIM en 2013 y los valores esperados para 2015. [6]

Contractors' Current and Future Expected BIM Implementation Levels

Source: McGraw-Hill Construction 2013

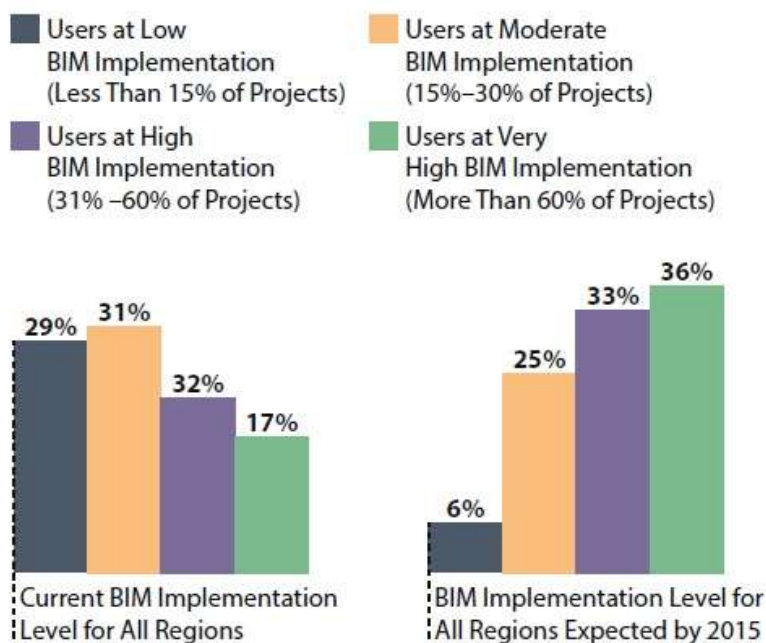


Figura 3.1. Comparación implementación BIM en empresas 2013 frente a 2015 [6]

Para esta industria, BIM ha quedado concebido como la forma en que la construcción construye y trabaja en conjunto, teniendo como valor fundamental la capacidad de toma de información de un modelo y extender su uso. Se consigue con esto dar un significado a flujos de trabajo y procesos, teniendo un impacto directo sobre funcionalidades básicas como estimación, programación, logística o seguridad. [2]

3.5. Implantación de BIM en la actualidad

En la última década, la metodología BIM ha ido siendo implantada progresivamente en diferentes países a lo largo de todo el mundo. Para algunos países europeos existen ya hojas de ruta gubernamentales formalizadas con el fin de que el uso de BIM quede implantado en la redacción de proyectos, ejecución material y posterior mantenimiento.

Aquellos países con mayor recorrido en la implantación de BIM, ya se está alcanzado la imposición o valoración del uso de esta metodología para la obra pública de forma generalizada, con el fin de conseguir una mayor optimización.

En España ya contamos desde hace tiempo con esta metodología, principalmente en el ámbito de la edificación. [7]

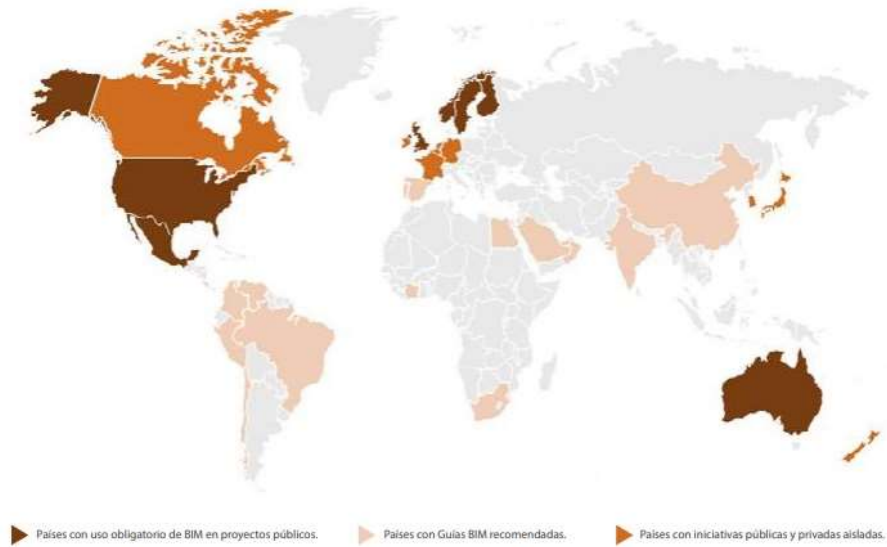


Figura 3.2. Implementación del BIM en el mundo [7]

3.6. Beneficios y limitaciones de BIM

3.6.1. Beneficios

- Rapidez en la toma de decisiones

BIM permite una toma de decisiones temprana, mejorando el rendimiento del proceso constructivo en cuestión. Esto se traduce en una reducción en tiempo y costos tal como se muestra en la figura 1.

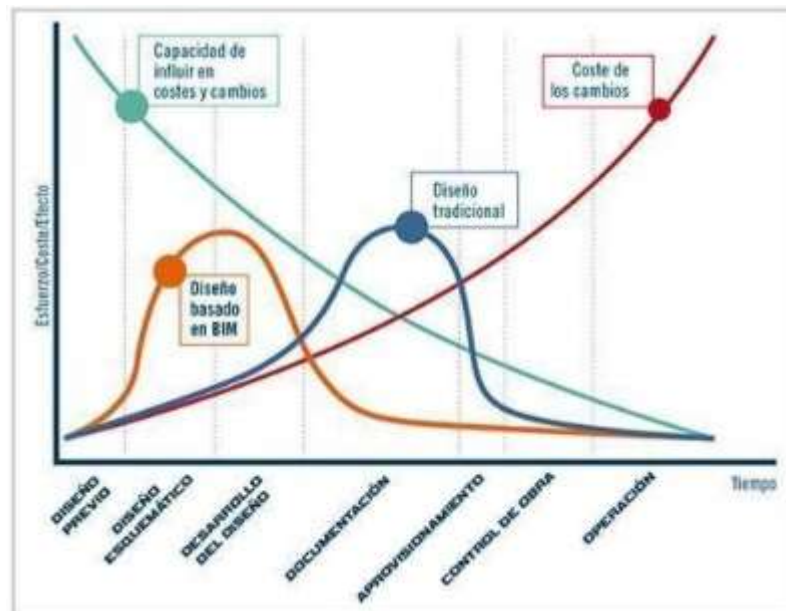


Figura 3.3. Gráfico comparación BIM con metodologías tradicionales [8]

- Mayor precisión

Una precisión en el modelo facilita una eficaz comunicación entre las diversas partes involucradas en un proyecto, reforzando la comprensión entre las mismas. Con ello se consigue la reducción de errores y cambios a lo largo del proceso de diseño y construcción.

- Rápida cuantificación

El modelo es capaz de generar de forma automática cantidades y proporcionar información acerca de los datos,

realizando estimaciones y flujos de trabajo con una mayor eficiencia y rapidez que los métodos convencionales.

- BIM es capaz de resolver análisis complejos

Incluyendo tareas como detección de conflictos, programación, secuenciación o análisis energético. De esta forma se logra agilizar los procesos del proyecto.

- Proporciona una mejor coordinación

Es uno de los grandes puntos fuertes de BIM. Permite a al contratista y a los múltiples subcontratistas involucrados en el proyecto constructivo construir conjuntamente de forma virtual el edificio. Esto proporciona la identificación de posibles conflictos entre los sistemas de construcción, permitiendo de una forma rápida comprobar la compatibilidad entre elementos de diferentes sistemas gestionados por equipos o personas diferentes. Esto se traduce en una reducción de tiempo significativa en el proceso de diseño. En la figura 1 puede observarse la comparativa del tiempo entre un flujo de trabajo BIM y CAD.

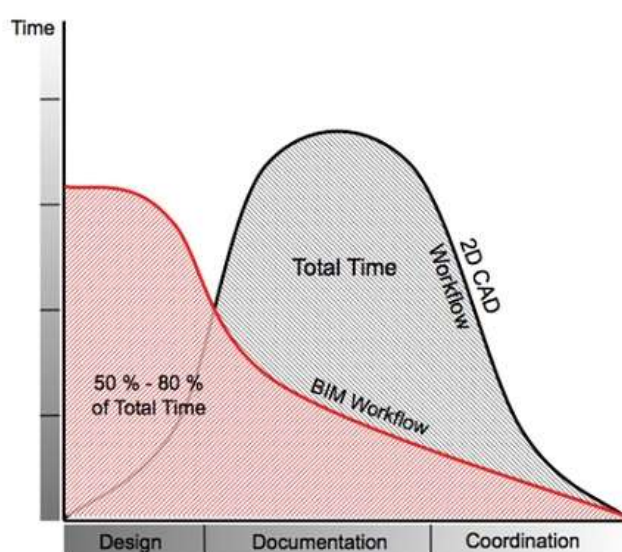


Figura 3.4. Comparación BIM vs. CAD [9]

- Mejor ejecución de proyectos

BIM ofrece un entorno coherente en cuanto a la completa estructura de datos en todas las fases del proyecto.

En definitiva, BIM es una compleja tecnología que se basa principalmente en un enfoque colaborativo de todo el desarrollo de un proyecto. Compartir, integrar, rastrear y mantener un modelo de información de construcción coherente afectará a todos los procesos y participantes que interactúan con esos datos.

3.6.2. Limitaciones

A pesar de todas las innegables ventajas que presenta esta metodología, a día de hoy BIM no acaba de implementarse completamente en el mercado.

A continuación vamos a enumerar algunas de las razones a las que puede deberse este problema:

- **Desconocimiento:** Puede darse el caso de que los profesionales del sector no cuestionen su modelo de trabajo, la necesidad de cambiarlo y mucho menos conocer que BIM puede ser una alternativa.
- **Incompatibilidad con otros métodos:** Debe de tener lugar en el mercado el salto definitivo a la digitalización. Hasta entonces resultará complicada una implantación total, ya que seguirán existiendo profesionales que utilicen otras metodologías.
- **Cambios en la forma de trabajar:** La transición de CAD a BIM puede resultar bastante complicada principalmente para aquellos equipos de trabajo que ya funcionan y estén acostumbrados a la metodología tradicional.

- **Inversión económica:** Se tiene por un lado que el coste de los paquetes de software de BIM resulta de más coste que los CAD. A ello han de sumarse los costes que implican las actualizaciones de licencias y mantenimiento del propio programa. Por otro lado, ha de tenerse en cuenta el coste que supone la formación de personal en cuanto a esta metodología, dada su gran complejidad.

3.7. Los niveles en BIM

3.7.1. Niveles de desarrollo (LOD)

Las siglas LOD se corresponden con las iniciales de *Level of Development* (Nivel de Desarrollo). Este término se entiende dentro de la metodología BIM como una escala que informa acerca de cuanto se ha desarrollado un elemento dentro del modelo, englobando su geometría y toda la información con la que pueda estar desarrollada dicho elemento. Dada la forma en la que se trabaja en BIM, se decidió que era importante definir una forma fiable y específica de determinar en qué fase de diseño y desarrollo se encuentra un elemento del modelo y de la misma forma un sistema para clasificar estos diferentes niveles de desarrollo. De otro modo, puede definirse como el nivel de fiabilidad que aporta un elemento a la hora de acometer un proyecto, ya que indica la cantidad de información de la que se dispone al usar un elemento en el modelo.

Cabe destacar que hay que hacer una distinción importante entre este concepto y el llamado *Level of Detail* (Nivel de Detalle). A veces, el termino LOD se interpreta erróneamente entendiéndose como la cantidad de detalle incluido en un elemento del modelo. El LOD mide la cantidad de información y la calidad de la misma, dando fiabilidad a hora de llevar a cabo las distintas etapas de diseño y construcción del proyecto. El nivel de desarrollo también permitirá a los usuarios intermedios entender de forma clara la utilidad y las limitaciones de los modelos en los que participan. [10]

Se distinguen los siguientes LOD:

- **LOD 100 (Concept Desing):** La información del modelo 3D queda representada en un nivel básico. Únicamente se crea el modelo de forma conceptual, pudiendo ser representado el elemento gráficamente mediante un símbolo u otra representación genérica. Parámetros como el área, peso, volumen u orientación pueden quedar definidos en este nivel.
- **LOD 200 (Schematic Desing):** El elemento queda representado gráficamente como un sistema genérico, con cifras aproximadas de forma, tamaño localización y orientación. La información no gráfica también puede quedar integrada en el modelo del elemento.
- **LOD 300 (Detailed Desing):** El elemento queda definido gráficamente ahora en términos específicos de cantidad, tamaño, forma y orientación. La información no gráfica también puede quedar integrada en el modelo del elemento.
- **LOD 350 (Construction Documentation):** Este nivel incluye detalles del modelo y elementos que representan como se relacionan los elementos de construcción con varios sistemas y otros elementos, a partir de gráficos y definiciones escritas.
- **LOD 400 (Fabrication and Assembly):** Los elementos del modelo quedan específicamente definidos en términos de forma, ubicación, cantidad y orientación con detalle, fabricación, montaje e información de instalación. La información no gráfica también se puede integrar en el elemento del modelo.
- **LOD 500 (As Built):** El elemento del modelo queda verificado en términos de tamaño, forma, ubicación, cantidad y orientación sobre el terreno. La información no gráfica también se puede integrar en el elemento del modelo.

3.7.2. Niveles de madurez en BIM

Los niveles de madurez en BIM responden al método de trabajo colaborativo en el que se basa toda esta metodología de trabajo. La generación e intercambio de información constante hacen posible un desarrollo eficiente de una gran base de datos desde la que es posible la gestión de todo el ciclo de construcción del edificio.

Dentro de este proceso de trabajo colaborativo en BIM se distinguen varios niveles de colaboración compartida, lo que se conoce como niveles de madurez en BIM. La idea es que a medida que se asciende de nivel, la colaboración entre las partes es mayor. [11]

Se pueden distinguir 4 niveles de madurez en BIM:

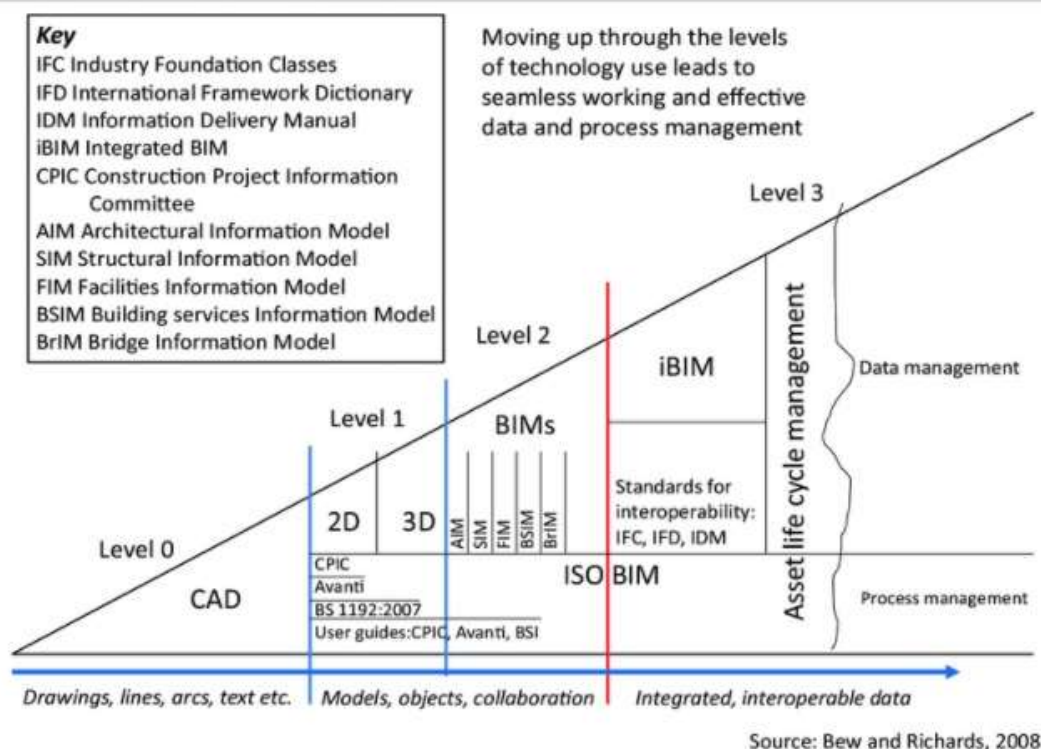


Figura 3.5. El modelo de niveles de madurez BIM de Bew y Richards (2008) [11]

- **Nivel 0 (Baja colaboración):**

Constituye el paso más simple en cuanto a generación de datos y prácticamente no incluye ninguna cooperación entre las partes.

En este nivel, el intercambio de información tiene lugar mediante documentación electrónica en papel no interpolables. Los dibujos en CAD son utilizados en este nivel.

Este podría decirse que es el nivel en el que se encuentran los profesionales que no están relacionados con la metodología BIM. Tiene lugar un intercambio de información mediante archivos diferentes en papel con los que no se puede interactuar entre sí.

- **Nivel 1 (Colaboración parcial):**

En este nivel se encuentra la transición del modelo en 2D en CAD a 3D. Comienza la búsqueda de la estandarización del modelo entre los miembros del equipo de diseño, de forma que se obtenga una gestión de manera más organizada aún sin que sea un único modelo compartido.

- **Nivel 2 (Colaboración completa):**

Este nivel tiene como interés principal el modo en el cual los datos son compartidos entre los equipos o personas partícipes en el proyecto.

Tiene lugar la introducción de dos nuevas dimensiones relacionadas con la forma de gestionar el proyecto: el 4D, que hace alusión al tiempo y el 5D, que se corresponde con el cálculo de presupuesto. Existe la norma internacional PAS 1192 en la que se establecen las condiciones necesarias para que un proyecto sea reconocido con un alcance de nivel 2.

El trabajo colaborativo es el núcleo del nivel 2 de BIM. En este nivel no se requiere de la existencia de un único modelo. Los diferentes equipos involucrados en el proyecto pueden operar sobre modelos CAD distintos. Sí que es importante la existencia de un archivo común que contenga toda la información del diseño.

Los archivos IFC por ejemplo son válidos para el intercambio de información en BIM.

Esto permite que los participantes en el proyecto tengan acceso a una panorámica general de datos disponibles que pueden modificar. Se consigue producir un modelo de BIM unificado.

En resumen puede decirse que para este nivel los componentes del equipo trabajan de una forma coordinada, cada uno con su propio modelo 3D a fin de llegar a un modelo federado que mantenga las características específicas de cada disciplina del proyecto.

- **Nivel 3 (Integración completa):**

Tiene como finalidad la integración completa de los datos en servicios web, de forma que se permita la colaboración e interoperabilidad. Es al nivel más avanzado y constituye la meta en el sector de la construcción. Es la finalidad del método, donde se trabaja sobre un único modelo.

Puede verse como los niveles de madurez en BIM dan lugar a las diferentes dimensiones que se contemplan en un modelo. Más allá del 3D, en BIM puede contemplarse una forma de generación y comunicación de la información en la que el modelo responda a dimensiones 4D, 5D, 6D y 7D.

Como se ha explicado en el desarrollo de los distintos niveles, el 4D hace referencia al tiempo, 5D costes, 6D gestión de las estructuras y 7D sustentabilidad. No debe confundirse el concepto de dimensión con niveles. Todas estas dimensiones quedan incluidas en los niveles 2 o 3.



Figura 3.6. Dimensiones en BIM.[11]

3.8. Alternativas de Software

A continuación se proceden a describir las diferentes opciones que ofrece el mercado para la gestión BIM.

- **Autodesk Revit:**

Este software, desarrollado en la actualidad por Autodesk, permite a los usuarios diseñar con elementos de modelación y dibujo paramétrico. Constituye una herramienta informática que mediante el diseño asistido permite el modelado de elementos paramétricos basados en objetos de tres dimensiones inteligentes.

El programa funciona de forma que se trabaja con un único archivo que contenga toda la información del proyecto. Está orientado para una metodología de trabajo colaborativa y hacia una tecnología de Modelos de Información. Su éxito radica en su capacidad de trabajar gráficamente en el modelado de un edificio a la vez que el modelo de construcción paramétrico va construyendo una gran base de datos sobre el desarrollo del proyecto. Es una aplicación intuitiva y coherente.

Este software como desventajas tiene su licencia poco económica y que además requiere de un alto grado de especialización. [12]



Figura 3.7. Logo corporativo Revit [12]

- **ArchiCAD:**

Fue el primer software en salir al mercado inventado para la implementación BIM. Gracias a esto posee la ventaja de tener una mayor trayectoria en su desarrollo, contando además con variedad de aplicaciones que lo complementan. Constituye una herramienta que permite al usuario un diseño paramétrico de elementos, generando un banco de datos que comprende desde la concepción de un proyecto hasta su posterior construcción.

Al igual que Revit, su funcionamiento tiene lugar en torno a un único archivo. Es proyecto se estructura de forma similar, con la diferencia que este software tiene más desarrollo. A diferencia de Revit, no genera vistas de manera automática, pero si existe una vinculación entre las modificaciones en vista con el modelo.

Como desventajas pueden destacarse su dificultad a la hora de llevar a cabo mediciones de forma constante y además requiere pagos por sus actualizaciones. [13]



Figura 3.8. Logo corporativo ArchiCad [13]

- **Allplan:**

Su estructura en cuanto al almacenamiento de información es la más diferente al resto de aplicaciones BIM. Los proyectos quedan guardados en carpetas cuyo contenido es información acerca del modelo. Representan divisiones del modelo generalmente por plantas y categorías de objetos. Esta forma de organización puede limitar a la hora de crear relaciones asociativas entre objetos paramétricos, puesto que lo más probable es que se encuentren en archivos diferentes.

Como inconvenientes, a decir que es un programa que presenta dificultades a la hora del aprendizaje ya que a diferencia de los anteriores es poco flexible e intuitivo. Su forma de almacenamiento y gestión de archivos también resulta un tanto compleja y tiene como resultado un trabajo colaborativo menos ágil en comparación con los anteriores softwares. [14]



Figura 3.9. Logo corporativo AllPlan[14]

Para el desarrollo de este TFG se escogerá la aplicación de Revit en su versión de 2019 para llevar a cabo el proceso de diseño y cálculo de instalaciones. Esta elección se debe a la gran variedad de herramientas que presenta junto con la gran cantidad de información accesible que se puede encontrar acerca del funcionamiento de este software. Además, Autodesk cuenta con un gran soporte educativo para estudiantes, lo cual facilita la obtención de licencias para el uso del mismo.

4 MODELO ARQUITECTÓNICO

4.1. Ubicación y descripción del edificio

En este apartado se describirá el modelo arquitectónico propuesto para este proyecto donde tendrá lugar el alojamiento de las distintas instalaciones objeto de este TFG.

La edificación modelada mediante Autodesk Revit propuesta en este proyecto para resolver sus instalaciones se localiza en la provincia de Sevilla, España. Dicha edificación se corresponde con un templo perteneciente a un centro educativo de la ciudad.

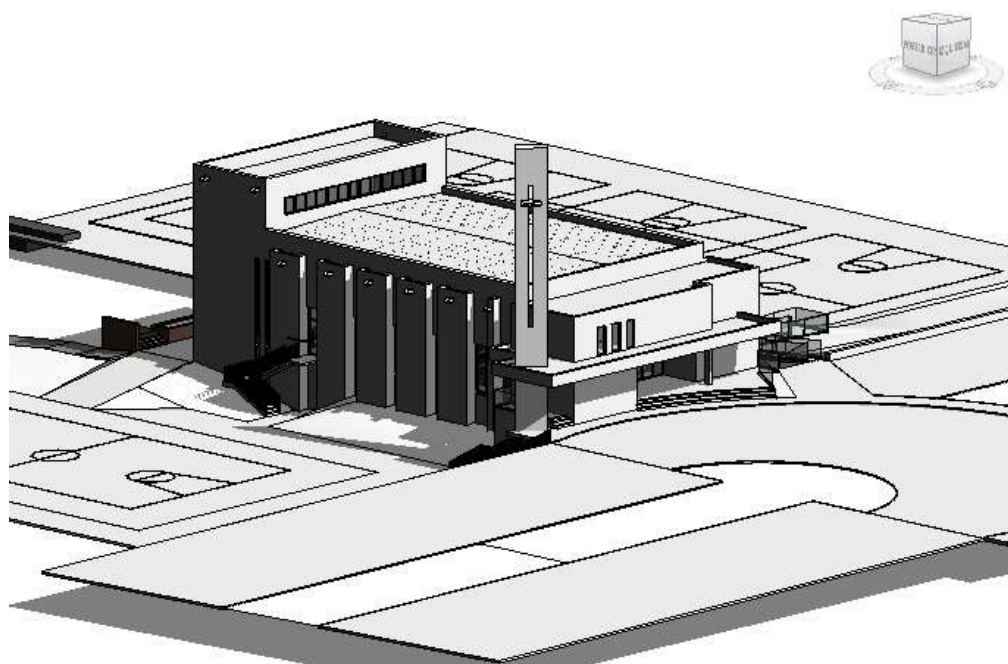


Figura 4.1. Imagen de Revit modelo arquitectónico

El edificio está construido sobre una superficie total de aproximadamente 500 m². Dentro del mismo, haciendo uso de la herramienta de anotación por áreas se puede obtener la siguiente tabla de planificación en la cual se distinguen los diferentes espacios que tienen lugar dentro del edificio.

<Tabla de planificación de áreas>		
A	B	C
Nombre	Área	Nivel
Área aseo	6.78 m ²	ACCESO
Área habitación 1	10.01 m ²	ACCESO
Área habitación 2	6.93 m ²	ACCESO
Área habitación 3	7.27 m ²	ACCESO
Área acceso princ	423.88 m ²	ACCESO
Área coro	56.71 m ²	CORO

Tabla 4.1. Tabla planificación de áreas

Como se observa en la figura 4.2 y 4.3, en el interior se van a distinguir en primer lugar una sala principal donde tendrá lugar la celebración de la eucaristía, quedando definido como un espacio destinado al culto. En segundo lugar se tendrá al mismo nivel correspondiente a la planta baja una serie de habitaciones, correspondientes una de ellas al aseo, la habitación 3 quedaría destinada a la sacristía y las otras dos

habitaciones restantes podrán tener un uso de almacenamiento. Es importante para obtener una vista en planta de los diferentes espacios y que puedan quedar etiquetados se está sobre un plano de área.

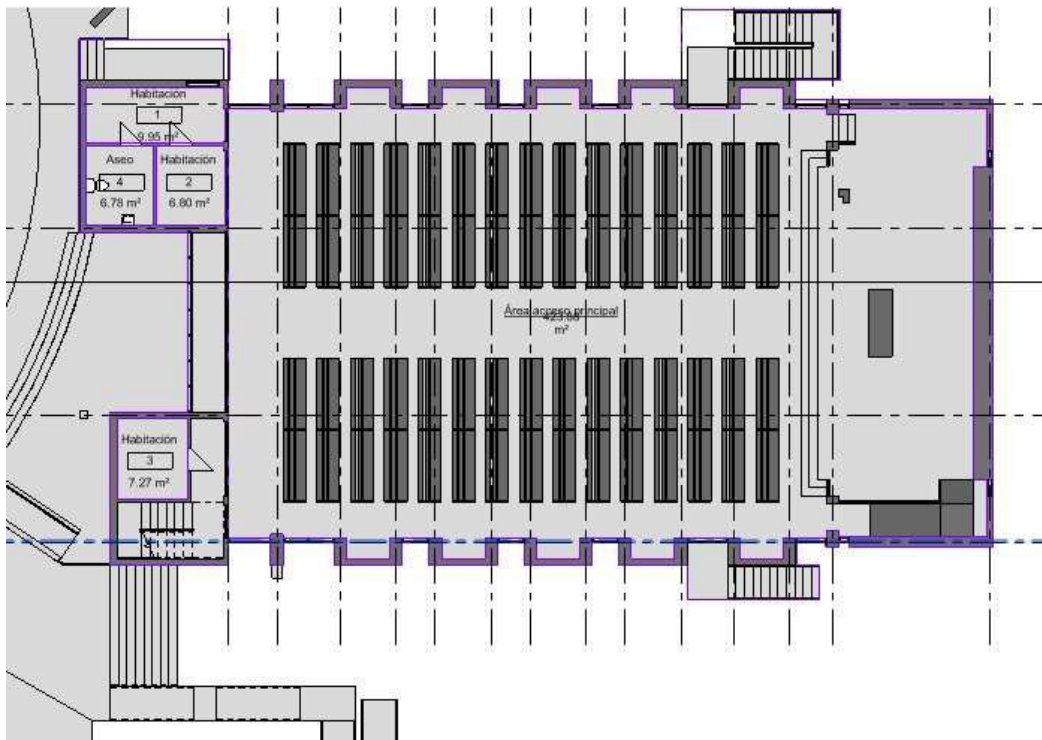


Figura 4.2. Imagen Revit distribución de espacios en planta nivel ACCESO

Por último en la planta superior se dispone de un espacio destinado a coro, al cual puede accederse a partir de unas únicas escaleras situadas en la parte suroeste.

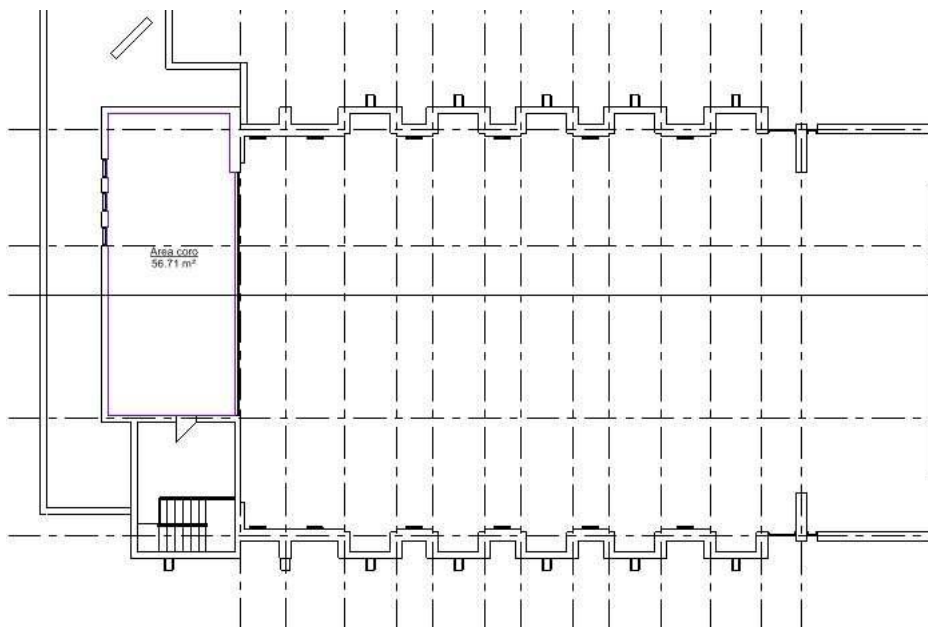


Figura 4.3. Imagen Revit distribución de espacios en planta nivel CORO

En cuanto a la altura del edificio, desde una vista en alzado puede comprobarse que desde el nivel de acceso el edificio llega a casi los 11 m.

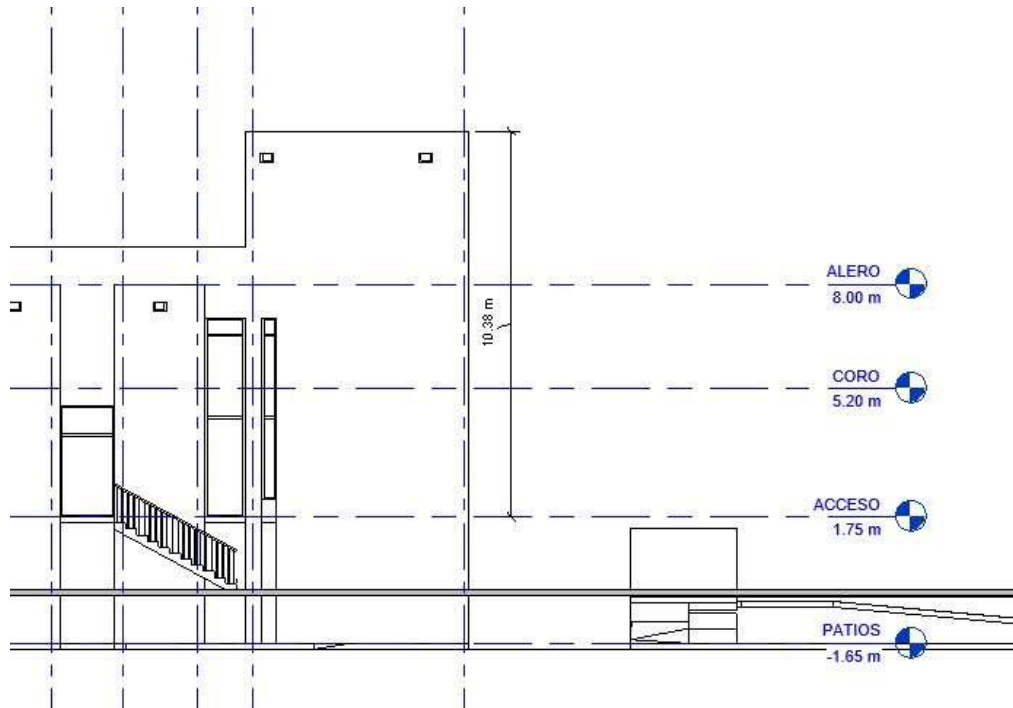


Figura 4.4. Alzado edificio Revit

4.2. Requisitos del edificio

Conociendo las dimensiones y distribución de los espacios que presenta el edificio con su correspondiente uso, pueden pasarse a enumerar cuáles serán sus requisitos en cuanto a instalaciones se refiere.

El aseo de la planta baja deberá dotarse de la correspondiente instalación sanitaria de abastecimiento y saneamiento de agua. Para ello mediante Revit lo que se hará en los apartados siguientes será crear una red de tuberías para cada una de dichas instalaciones, con la correspondiente configuración de los aparatos sanitarios que ya vienen colocados en el modelo arquitectónico. Para el conjunto del edificio se deberá realizar el diseño de la instalación eléctrica, en la cual deben abarcarse los requerimientos lumínicos que presentan cada uno de las zonas en función de uso. Con ello se pretenderá conseguir una correcta distribución de luminarias. Además se deberán colocar los demás aparatos eléctricos que hagan falta en el resto del edificio tales como interruptores o enchufes. Por último deberá realizarse el diseño de la correspondiente instalación de protección contra incendios, en la cual se modelarán mediante Revit las redes de abastecimiento de agua necesarias para los equipos contra incendio.

Este trabajo de fin de grado se centra en la configuración de aparatos y elementos que darán lugar al modelado de las instalaciones. Obtenido dicho modelado, se pretende mostrar las diferentes formas de gestión y representación de la información de cada una de las instalaciones. Por tanto no se atenderá exhaustivamente a detalles como la localización exacta del terreno donde tiene ubicación el edificio destinado a la dotación de estas instalaciones, no interesando por tanto donde se ubicarán los puntos de las distintas acometidas.

5 INICIO DE UN PROYECTO MEP

5.1. Introducción de las instalaciones en un edificio

A día de hoy no puede concebirse el desarrollo de cualquier actividad en un edificio sin un correcto planteamiento y ejecución de sus instalaciones. Estas instalaciones deben proporcionar confort y seguridad al usuario, a la par de ser compatibles con un fácil y no excesivamente costoso mantenimiento.

A través de Revit, se puede realizar el diseño, gestión y mantenimiento de un proyecto en su totalidad, siendo capaz de llevar a cabo el ciclo completo de un proyecto desde su fase de diseño a posterior explotación.

Dentro de la complejidad que presenta el desarrollo de un proyecto, cabe destacar la importancia del nivel de coordinación que requieren los diferentes sistemas de instalaciones. Esta coordinación no solo aplica en el diseño del proyecto, en el cual todas las piezas del rompecabezas deben encajar perfectamente, sino que también se extiende a la fase de construcción, donde hay que fabricar, construir y después mantener.

Hasta ahora en lo que se refiere a un proyecto de diseño de instalaciones, los métodos tradicionales ofrecían bocetos en planta con la ubicación de los diferentes elementos, un diagrama. En construcción, lo que necesitamos es una ubicación exacta de los distintos elementos. Un plano nos permite tener una previa idea, pero no es hasta la hora de construir cuando no se llegan a los verdaderos detalles. Revit va a permitir detallar todo este tipo de elementos, consiguiendo acelerar el proceso de construcción teniendo claro como están dispuestos todos los elementos de las instalaciones.

Esta gestión de instalaciones basada en modelos de información tiene como objetivo aprovechar la información del modelo de forma que se puedan reducir costes durante todo el ciclo de vida de un edificio. En la figura 5.1 se puede observar el coste que supone el diseño y posterior mantenimiento de un proyecto. En torno al 20% de los costes supone todo el proceso de diseño y construcción y el 80% restante se corresponde con el funcionamiento y mantenimiento.[6]

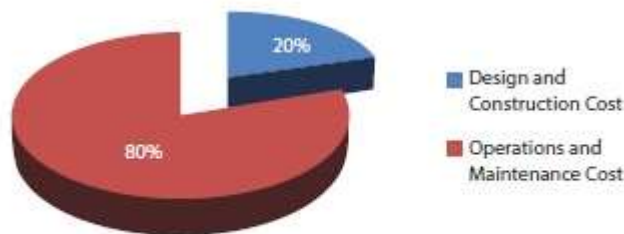


Figure 2.13 Life-cycle cost of a building

Figura 5.1. Coste ciclo de vida de un edificio. [6]

Se ve directamente el fuerte impacto en cuanto a costes que puede suponer un mal diseño y ejecución de unas instalaciones.

Usar BIM para un proyecto de instalaciones tiene una gran variedad de ventajas:

- Se va a saber predecir con mayor antelación si algo es construible o no al conocer la localización exacta de los diferentes elementos
- Va a permitir tener mediciones automáticas de diferentes parámetros
- Cálculo de presupuesto mucho más exacto
- Se consigue una visualización del proyecto mejorada
- Coordinación multidisciplinar

Todo esto son ventajas intrínsecas de la metodología BIM que ya se han comentado anteriormente. Todas ellas hacen que en general se agilice el desarrollo del proyecto, consiguiendo una máxima eficacia y eficiencia.

En los siguientes subapartados se abordarán algunos conceptos a los que es necesario entender para la correcta ejecución de un proyecto de instalaciones dentro de Revit. Se explicará todo el proceso previo de vinculación de proyectos necesario para el comenzar el modelado de cualquier instalación, siguiendo por explicar el flujo de trabajo que tiene Revit con sus diferentes elementos, con el fin de que no haya problemas con la posterior obtención de información del modelo.[2]

5.2. Interfaz en Revit

La interfaz de usuario de Revit en su versión de 2019 se encuentra mostrada en la figura 5.2. Esta interfaz será común para todos los proyectos que se quieran llevar a cabo dentro de Revit, independientemente de si se tratan de un proyecto de arquitectura, estructural o de instalaciones y será con la que se trabajará en este trabajo.

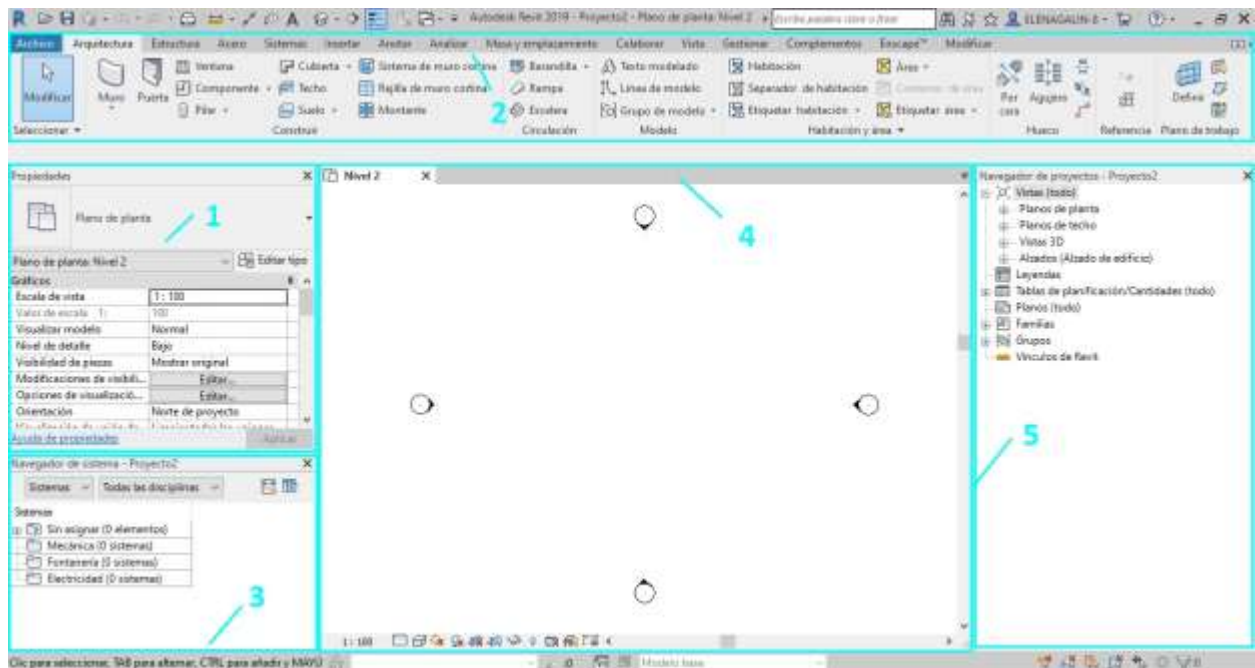


Figura 5.2. Interfaz Revit 2019

1. Ventana de propiedades de ejemplar: Informa acerca de todos los parámetros de ejemplar en cuanto a vistas o cualquier elemento del modelo que se haya seleccionado. Dichos parámetros que encontrarán ordenados según unas agrupaciones propuestas por el propio programa. En el caso de no tener seleccionado ningún elemento, se mostrarán las propiedades de la vista que se encuentre activa en el área gráfica.

Dentro de esta propia ventana cabe especificar las siguientes partes que la componen que serán necesarias para el desarrollo del modelo:

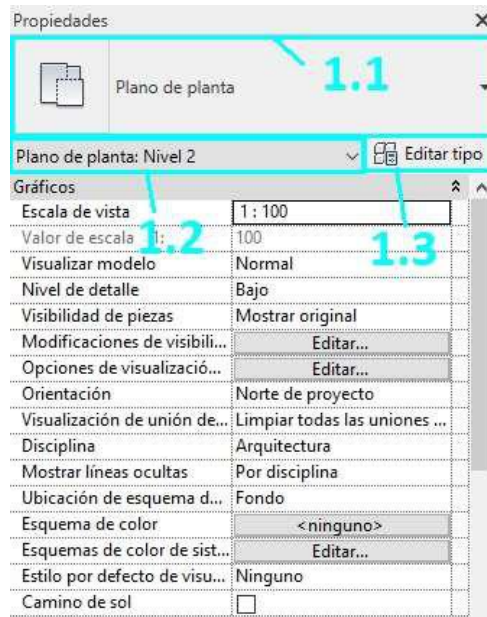


Figura 5.3. Panel de propiedades Revit

1.1. Selector de familias y tipos: Muestra las diferentes familias y tipos que han sido cargados en el proyecto, ya sean tanto vistas como elementos, familias de anotaciones etc. Para cualquier elemento seleccionado del modelo en el área gráfica, su familia y tipo quedará identificado en esta pestaña. En el caso de no haber ningún elemento seleccionado mostrará la familia y tipo de la vista que se encuentre activa.

1.2. Selector de categorías: Se localiza también dentro de la ventana de propiedades e informa de la categoría a la que pertenecen los elementos que se encuentren seleccionados del modelo.

1.3. Editor de propiedades de tipo: Seleccionado un elemento o vista del modelo, haciendo clic sobre esta opción se permite la edición y visualización de todos los parámetros de tipo de dicho elemento o vista seleccionado.

2. Barra de herramientas: En esta pestaña se agrupan todas las herramientas que ofrece el programa para el modelado y gestión del proyecto.

3. Navegador de sistemas: Este navegador permite realizar la gestión de todos los sistemas grados en el proyecto para todas las disciplinas. Desde aquí se podrán controlar los elementos que componen el modelo y al sistema al cual pertenecen.

4. Área gráfica: Es el lugar de trabajo donde se permitirá la visualización del modelo así como de las tablas de planificación. Esta versión de 2019 permite tener abiertas simultáneamente varias vistas, ofreciendo acceder a cada una de ellas desde el área gráfica a partir de diferentes pestañas independientes.

5. Navegador de proyectos: Desde aquí se podrá ejercer un control de los contenidos del proyecto. A la hora del modelado, ofrece una cómoda gestión de las diferentes vistas que se pueden ir generando. Por otro lado, cuando se quiere reunir toda la documentación del proyecto, este navegador además ofrece una visualización rápida de todas las tablas de planificación y planos, pudiendo acceder a cada uno de ellos directamente desde el navegador. Además de fundamentalmente contener agrupadas las vistas, familias, planos y tablas de planificación, también desde este navegador podrá realizarse una gestión de las vistas de leyenda, los renderizados y los vínculos que posea el proyecto.

[15]

A la hora de trabajar las instalaciones dentro de Revit se hará desde el cuadro de diálogo de *Sistemas*, localizado en una de las pestañas de la barra de herramientas.



Figura 5.4. Barra herramientas sistemas Revit

Para este trabajo, dado que se van a abarcar instalaciones correspondientes a las disciplinas de fontanería y electricidad, se trabajará desde este cuadro de diálogo atendiendo a las pestañas desplegables de *Fontanería* y *Electricidad*. En dichos desplegables se encontrarán todas las herramientas de modelado necesarias para dar forma a la instalación.

5.3. Relación entre Arquitectura e Instalaciones. Vinculación de proyectos

Como bien se viene diciendo, Revit funciona con un flujo de trabajo BIM que está compuesto por tres categorías principales que son Revit Arquitectura, Revit Estructuras y Revit instalaciones.

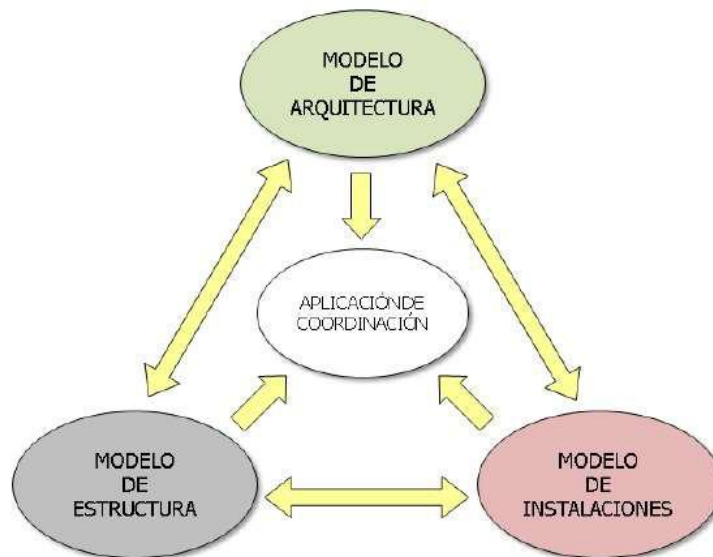


Figura 5.5. Esquema coordinación entre disciplinas [16]

A su vez, la parte de Revit instalaciones se divide en tres: mecánica, eléctrica y plomería. De aquí vienen sus siglas y por eso nos referiremos a esta parte de Revit como **Revit MEP**.

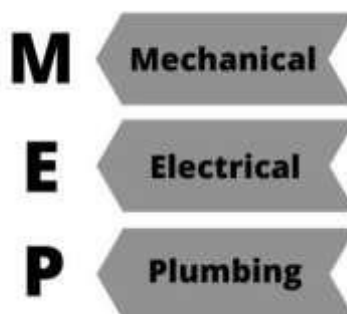


Figura 5.6. Siglas MEP

Para comenzar un proyecto de instalaciones se escogerá una plantilla de trabajo. Dependiendo del tipo de instalaciones que se quiera realizar, se seleccionará su plantilla correspondiente. Un archivo de plantilla tiene incluidos unos estándares concretos que se configuran acorde con el objetivo de su uso. Esto quiere decir que en cada una de las plantillas se encontrarán ciertos elementos precargados que harán falta para el desarrollo del

proyecto en cuestión. Revit trae por defecto varias plantillas.

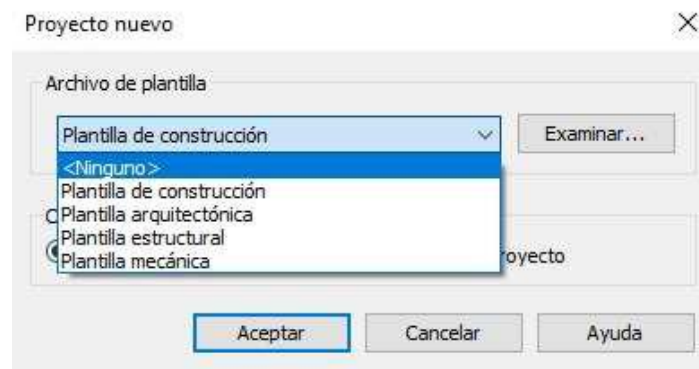


Figura 5.7. Ventana inicio proyecto

Con Revit, utilizar un método trabajo BIM implica la permanente comunicación de la información. Esto quiere decir que va a haber un enlace de información entre el proyecto de arquitectura con el de estructuras e instalaciones. Por lo general, se utilizan diferentes archivos para abarcar toda esta información, ya que hay que tener presente que comúnmente en un proyecto existe un trabajo multidisciplinar, en el que diferentes personas se encargaran de las distintas partes que constituyen un proyecto. Con este sistema, se tendrá un proyecto raíz del que partirán todos los demás.

En general, este es el flujo de trabajo que se suele utilizar en Revit. Se parte del diseño arquitectónico y posteriormente habrá múltiples archivos con el resto de partes del proyecto. Esto no significa que necesariamente deba ser así, ya que dentro de un mismo archivo pueden desarrollarse todas las fases del proyecto que se desee. Esta práctica aunque posible no es lo más común ya que estaría generándose un archivo muy pesado y por lo general una sola persona no se encarga del diseño total de un proyecto.

Lo que se hará en este TFG será crear proyectos destinados exclusivamente a cada una de las instalaciones de la construcción, partiendo del modelo arquitectónico previamente definido y del que se tendrá que obtener la información necesaria para el diseño de las instalaciones. Para que sea posible este enlace de la información, debe entenderse el proceso de vinculación en Revit.

Como se ha dicho anteriormente, para iniciar el proyecto de instalaciones se parte de una plantilla. Esta plantilla se vinculará con el archivo Revit de arquitectura siguiendo el siguiente procedimiento: dentro de la pestaña de *Insertar* se clikeará sobre *Vincular Revit*, buscando a continuación el proyecto arquitectónico que se desea vincular. Una vez encontrado, haciendo clic sobre él se escoge la opción de posicionamiento “Automático de origen a origen”, consiguiendo con esto que en el caso de que se quiera que aparezcan las instalaciones en el proyecto raíz, se haga el mismo procedimiento.

Una vez hecho esto, debe valorarse cual es la información relevante del proyecto arquitectónico para el proyecto de instalaciones.

Para todo proyecto, lo primero que se va a necesitar son los niveles arquitectónicos. Los niveles arquitectónicos son planos que van a definir la ubicación de los elementos como una referencia, a partir de la división de elementos. Con esta vinculación se consigue que si se altera en el modelo arquitectónico alguna altura, lo hará de la misma forma en el proyecto de instalaciones. Los pasos a realizar para dicha vinculación son los siguientes:

- a) En primer lugar se eliminan los niveles existentes en la nueva plantilla. Tendrá que quedar mínimo uno de ellos, ya que Revit obliga a tener mínimo un nivel de trabajo. Se eliminará posteriormente.
- b) En la pestaña de *Colaborar* seleccionar *Copiar/Supervisar* y sobre ella se hará clic en *Seleccionar vínculo*.

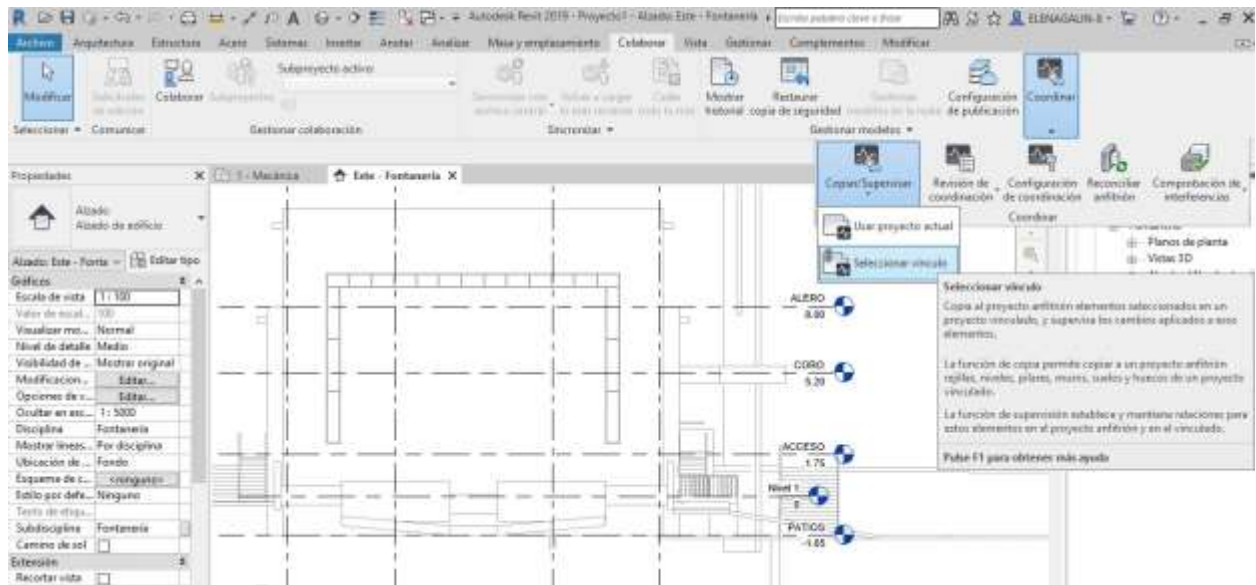


Figura 5.8. Coordinación de proyectos Revit

- c) El vínculo a seleccionar aparecerá como un rectángulo azul englobando todo el proyecto arquitectónico. Se accede a la pestaña de *Copiar/Supervisar*.

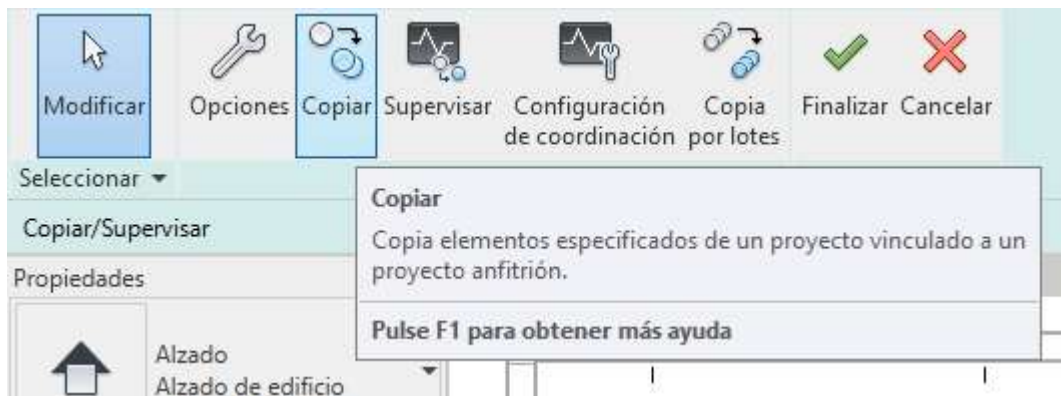


Figura 5.9. Herramienta Copiar/Supervisar

- d) En dicha pestaña se escoge la opción de copiar y se irán seleccionando cada uno de los niveles arquitectónicos desde una vista de alzado. Una vez se tengan seleccionados todos los niveles que se vayan a necesitar, hacer clic en *Finalizar*

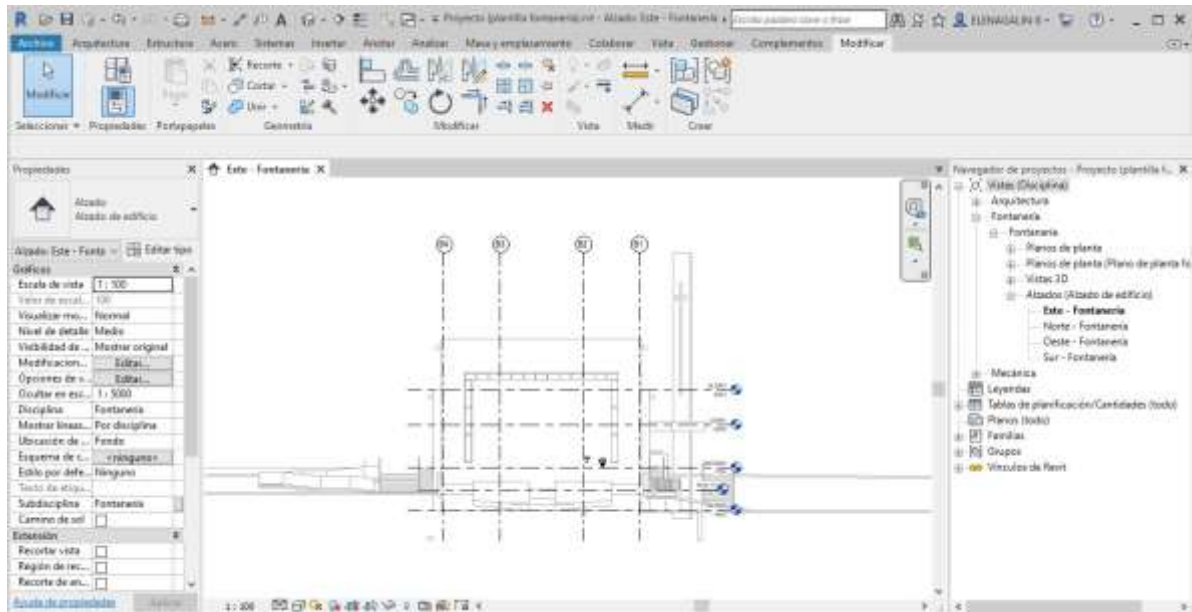


Figura 5.10. Vinculación de proyecto arquitectónico a una plantilla

- e) Una vez se tienen todos los niveles copiados en el proyecto actual y se podrá eliminar aquel que no corresponde al proyecto y no se dejaba eliminar anteriormente.

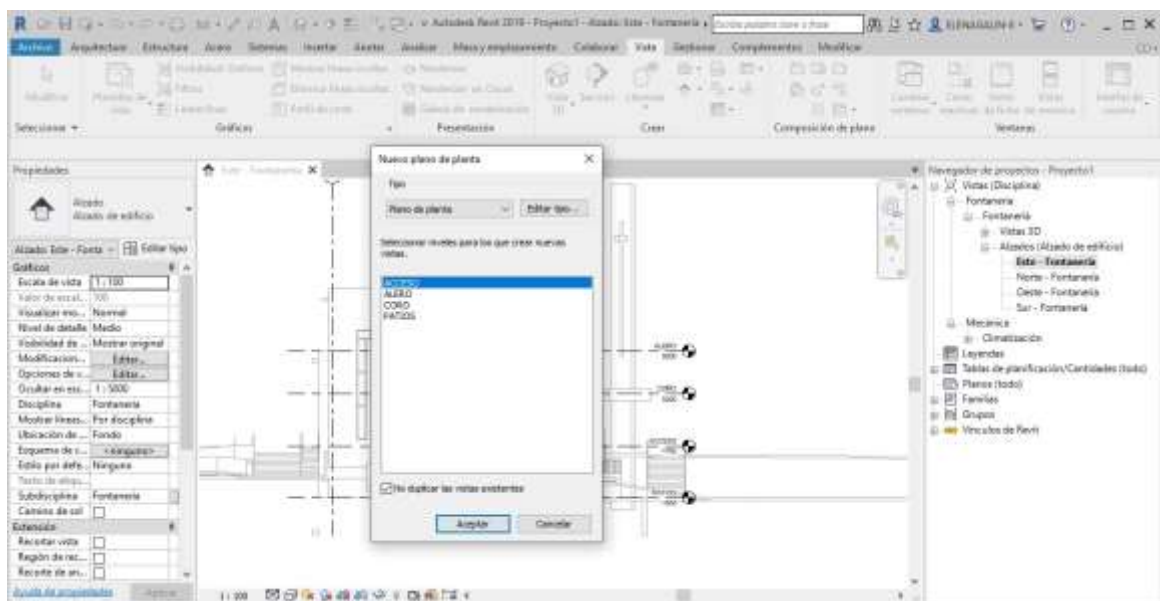


Figura 5.11. Niveles del proyecto

Se seguirá este procedimiento para cada una de las plantillas que vayamos a necesitar, quedando perfectamente vinculados los niveles de nuestra construcción con la disposición de las instalaciones correspondientes.

Adicionalmente, vamos a generar planos de planta para esta plantilla en relación a cada uno de los niveles que acabamos de vincular. Para ello dentro de la pestaña de *Vista* seleccionaremos *Vistas de Plano* ► *Plano de Planta*, apareciéndonos la siguiente ventana con los niveles que acabamos de vincular.

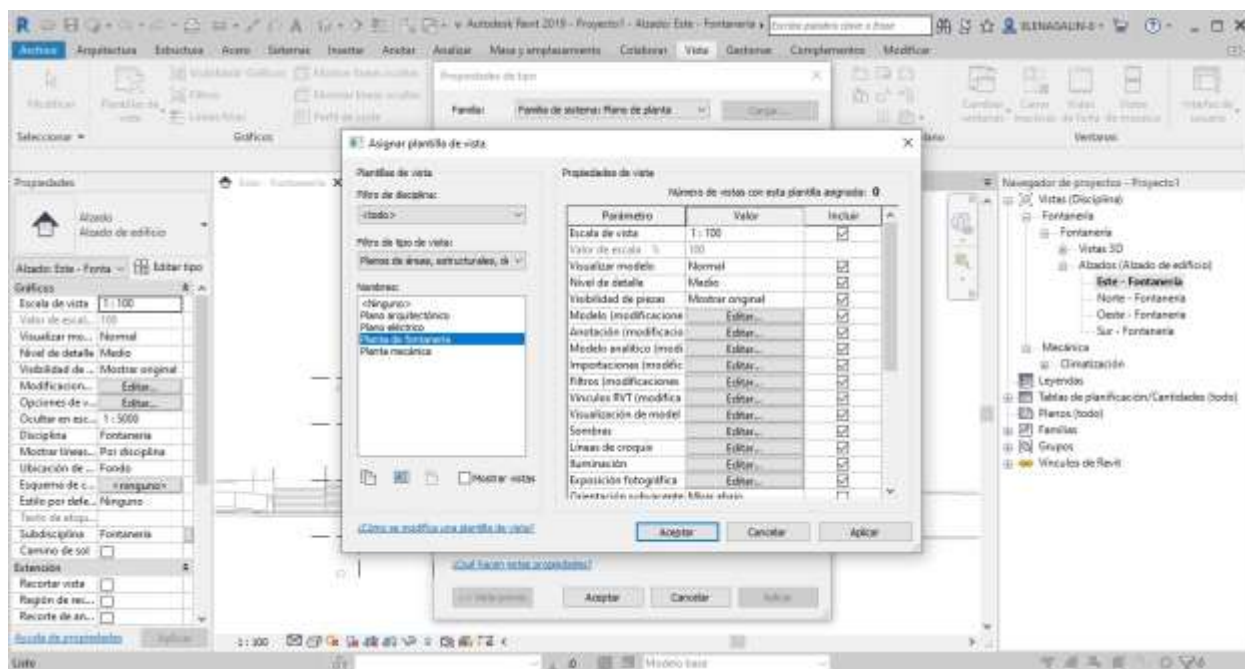


Figura 5.12. Creación de vistas de planta

Se hace clic en *Editar Tipo* ➤ *Duplicar* y se le dará un nuevo nombre al conjunto de planos de planta. Dentro de Datos de identidad habrá que verificar que se ha seleccionado *Planta de fontanería*, eléctrica o mecánica en función de la plantilla que se esté utilizando.

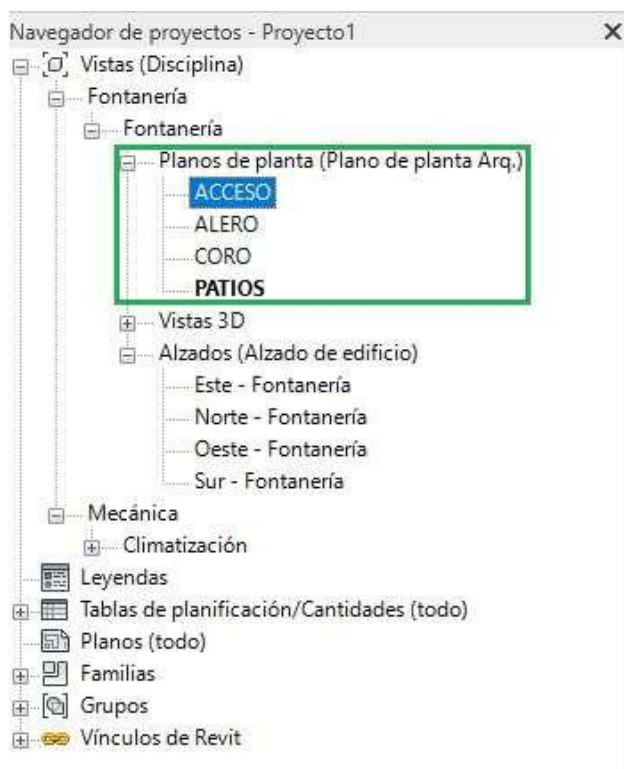


Figura 5.13. Visualización planos de planta en el navegador de proyectos

Finalmente de esta forma es como aparecerán en el navegador de proyectos los planos. Este sería el ejemplo para el caso de la plantilla en la que se estén realizando las instalaciones de fontanería.

5.4. Documentación y obtención de datos del modelo

Una vez quede realizado el modelado de las distintas instalaciones, el último paso se correspondería con la obtención de información de dicho modelo.

Como se viene diciendo, a la hora de la redacción de un proyecto en BIM se pretende la generación de archivos de proyecto con un gran contenido en información, buscando con ello facilitar la ejecución, gestión y mantenimiento de un proyecto a lo largo de todo su ciclo de vida.

BIM posee la característica de ser capaz de contener en el propio modelo toda esta información necesaria. Dicha información se habrá ido introduciendo en el modelo de forma paulatina durante los diferentes procesos. Hecho esto, queda por tanto saber cómo resulta esta obtención de datos, lo cual se comprobará que se trata de un proceso rápido y eficaz. De no ser así, se debe caer en la cuenta de que no se estaría realizando correctamente el modelado.

Para la correcta obtención de información, es importante conocer previamente las diferentes formas en las que Revit permite presentar dicha información y además conocer bien la jerarquía en la que trabaja BIM para saber hacer una correcta gestión de los datos.

5.4.1. Jerarquía de elementos en Revit

Es de vital importancia a la hora de realizar cualquier proyecto en Revit, conocer la forma que tiene este software de organizar los elementos contenidos en el modelo, además de cómo se organiza la propia información que dichos elementos contienen.

La información que es capaz de contener cualquier elemento, queda categorizada de forma jerárquica, con el objetivo de ser capaz de aportar información a través de todos sus parámetros de una manera fácil y ordenada. La obtención de información de un modelo a partir de sus elementos debe ser un proceso simple y que ahorre bastante tiempo. Es por ello por lo que se ha de entender muy bien la forma en la que Revit ordena y gestiona sus elementos. Los elementos quedan por tanto con la siguiente jerarquía:

- 1) **Disciplina:** Se corresponde al mayor orden. Dentro de Revit existen 5 disciplinas, correspondientes a las disciplinas de Arquitectura, Estructuras, Electricidad, Fontanería y Mecánica. Puede decirse que existiría una sexta disciplina llamada Coordinación que permite visibilidad de todas las anteriores. Las disciplinas no se pueden crear ni eliminar, vienen definidas con Revit.
- 2) **Categoría:** Las categorías son una agrupación dentro de las disciplinas y tampoco pueden ser creadas o eliminadas, vienen por defecto con el programa. Tienen el objetivo de clasificar elementos que compartan características comunes. Las categorías no necesariamente hacen referencia a elementos constructivos. Dentro de cualquier modelo se puede encontrar la categoría de Vistas por ejemplo.
- 3) **Familias:** Quedan agrupadas dentro de una disciplina y una categoría. Las familias si pueden ser creadas por el usuario, teniendo la posibilidad de añadir al modelo tantas como necesite. Revit cuenta con una librería propia de familias, las cuales pueden ser editadas.
- 4) **Tipos:** Se recogen dentro de las familias. Con ellos se pueden definir parámetros más específicos, como por ejemplo geometrías o tipo de material. Dan más información acerca del elemento.
- 5) **Ejemplar:** Sería el último nivel de esta jerarquía. Cada ejemplar es único y tiene parámetros propios.

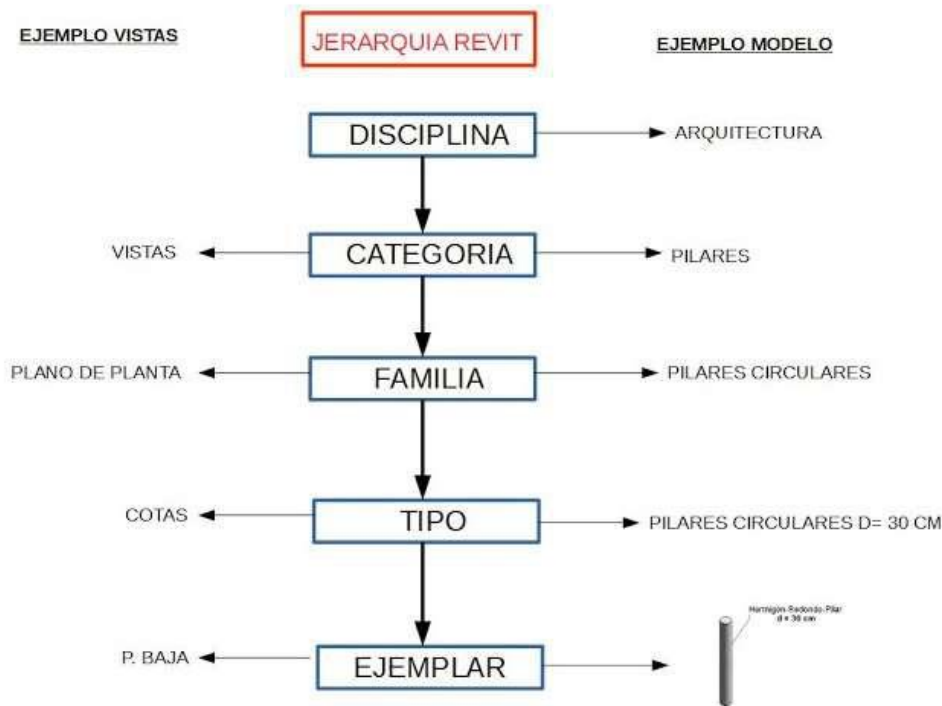


Figura 5.14. Jerarquía en Revit [17]

La correcta creación y clasificación de los elementos dentro de Revit es la clave a la hora de posteriormente obtener información del proyecto. [17]

5.4.2. Clasificación de parámetros

Dentro de esta ventana de propiedades, además de todas las opciones de parámetros que trae por defecto Revit, existe la posibilidad de crear nuevos parámetros o incluso relacionar unos con otros mediante fórmulas matemáticas.

A la hora de atender a los parámetros, es importante saber distinguir bien los tipos de parámetros.

Se puede definir el concepto de parámetros como las propiedades de los elementos que conforman un modelo en Revit, incluyendo no únicamente elementos de modelado o anotación, si no también vistas y planos. Todos y cada uno de los elementos en Revit tienen parámetros. Es clave a la hora de realizar un proyecto saber utilizarlos adecuadamente y a su vez saber gestionar la información que contienen [18],[19].

Se distinguen varios tipos de parámetros:

- **Parámetros de sistema:** son aquellos que vienen por defectos en los elementos desde el momento en que se empieza a modelar, tanto a nivel de proyecto como en una familia. No pueden eliminarse ni editarse ya que constituyen propiedades básicas de los elementos sin las que Revit no sería capaz de funcionar.
- **Parámetros de proyecto:** hace referencia a aquellos parámetros que se pueden añadir a categorías de elementos de un proyecto y posteriormente poder utilizarlos en tablas de planificación, consiguiendo con esto un mayor aporte de información.

Estos parámetros de proyecto no pueden ser compartidos a otros proyectos o familias. Son específicos de un único proyecto y pueden ser añadidos a las siguientes categorías: Categorías de modelo, categorías de modelo analítico, vistas, planos e información del proyecto.

La opción para crea parámetros de proyecto se encuentra en la ventana de *Vista Parámetros de proyecto*.



Figura 5.15. Parámetros de proyecto

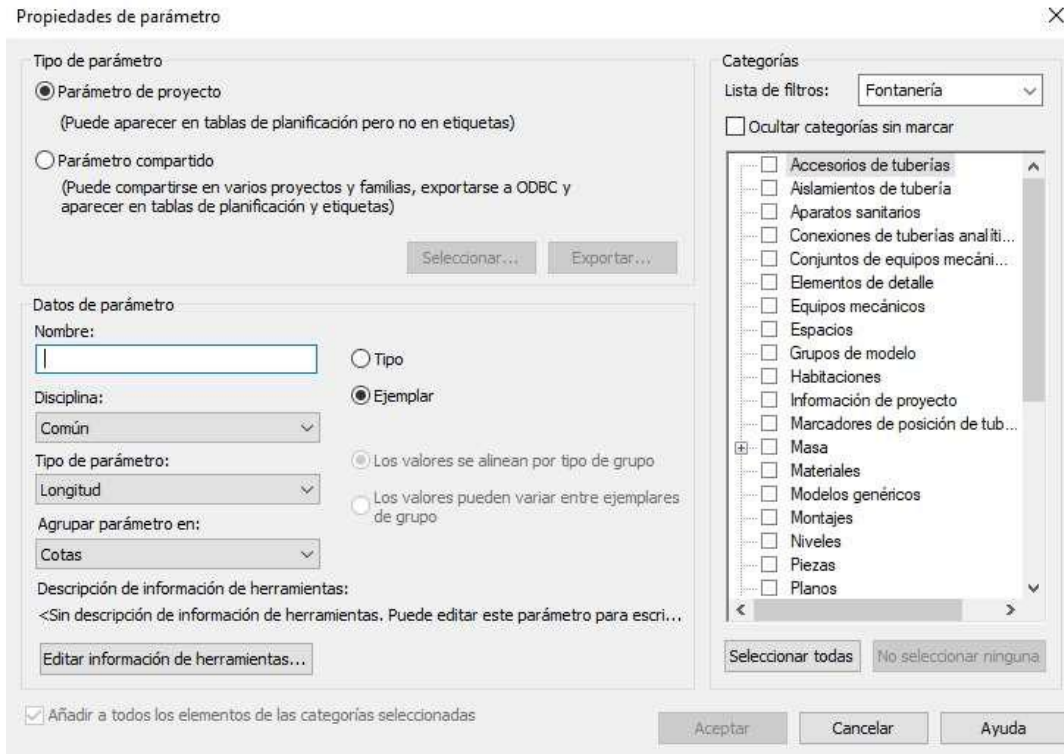


Figura 5.16. Creación parámetro de proyecto

- **Parámetros de familia:** Son parámetros creados en un archivo de familia y añadidos para el control de relaciones geométricas variables u otros atributos de la familia. Este tipo de parámetros no se usan en tablas de planificación y estarán disponibles únicamente en la familia creada, no en ninguna similar o de la misma categoría.
- **Parámetros compartidos:** Este tipo de parámetros son también editables que se añaden al proyecto y que se guardan en un archivo externo. Cuando se crea un nuevo parámetro, tal como se observa en la figura 5.16. puede escogerse la opción de parámetro compartido. La ventaja que poseen este tipo de parámetros es que pueden añadirse a distintos archivos de familias o de proyecto, no teniendo la necesidad de tener que crearlos de nuevo.
- **Parámetros globales:** son parámetros que se añaden a propiedades específicas de elementos específicos. Tiene por objetivo el control de relaciones geométricas u otros atributos entre los elementos del modelo.

Tipo	¿Quién los crea?	¿Dónde se guardan?	¿Se pueden etiquetar?	¿Tablas de planificación?
Parámetros de sistema	El sistema	Archivo de proyecto Archivo de familia	Si	Si
Parámetros de proyecto	El usuario	Archivo de proyecto	No	Si
Parámetros de familia	El usuario	Archivo de familia	No	No
Parámetros compartidos	El usuario	Archivo param. Comp.	Si	Si
Parámetro globales	El usuario	Archivo de proyecto	No	No

Tabla 5.1. Tipos de parámetros [19]

5.4.3. Configuración de vistas

Para conocer la importancia de las vistas dentro de un modelo de Revit, es necesario entender una vez más la manera en la que se está añadiendo información al proyecto en cuestión.

Cuando se añade un elemento al modelo desde una vista, por ejemplo desde un plano en planta, el hecho de colocar dicho elemento no significa únicamente que esté ocupando un lugar en el espacio, implica un mayor aporte de información a la base de datos del proyecto. Esto quiere decir que se estará teniendo en cuenta también las propiedades (parámetros) de dicho elemento o su relación con otros elementos entre más información. Cuando “pedimos” a Revit que muestre un alzado, sección o cualquier otro tipo de vista, es capaz de hacerlo a partir de elementos gráficos que el software crea gracias a toda la información que contiene en su base de datos. Las vistas son la forma gráfica que tiene Revit para aportar información sobre el modelo. Sea cual sea el tipo de vista que se quiera generar, Revit lo hará desde su base de datos. De esta forma se entiende que si en una vista se realizan cambios, automáticamente dicho cambio tendrá lugar en todas las demás vistas, porque solamente hay un único modelo y una única base de datos a la que todas las vistas están vinculadas. [15]

Paralelamente, dentro de las vistas pueden tenerse características de visibilidad diferente. Esto quiere decir que puede controlarse de manera independiente la visibilidad y el aspecto de los elementos del proyecto. Haciendo eso de las plantillas de vista, podrán crearse configuraciones estándar a aplicar a diferentes vistas del proyecto.



Figura 5.17. Plantillas de vista

5.4.4. Filtros de vista

A la hora de querer obtener configuraciones de visualización determinadas en las diferentes vistas es importante saber tener un conocimiento acerca del uso de los filtros en Revit.

Los filtros constituyen una herramienta indispensable a la hora de la configuración visual del proyecto. Van a permitir tener sobre una vista un control de lo que se está visualizando en ella, permitiendo alcanzar un alto grado de flexibilidad y versatilidad sobre ellas. Esto será de gran utilidad a la hora de constituir los planos y en general a la hora de reunir la documentación del proyecto. Puede accederse a esta configuración con el comando rápido “vv”, apareciendo en pantalla la pestaña que se encuentra en la figura 5.18.

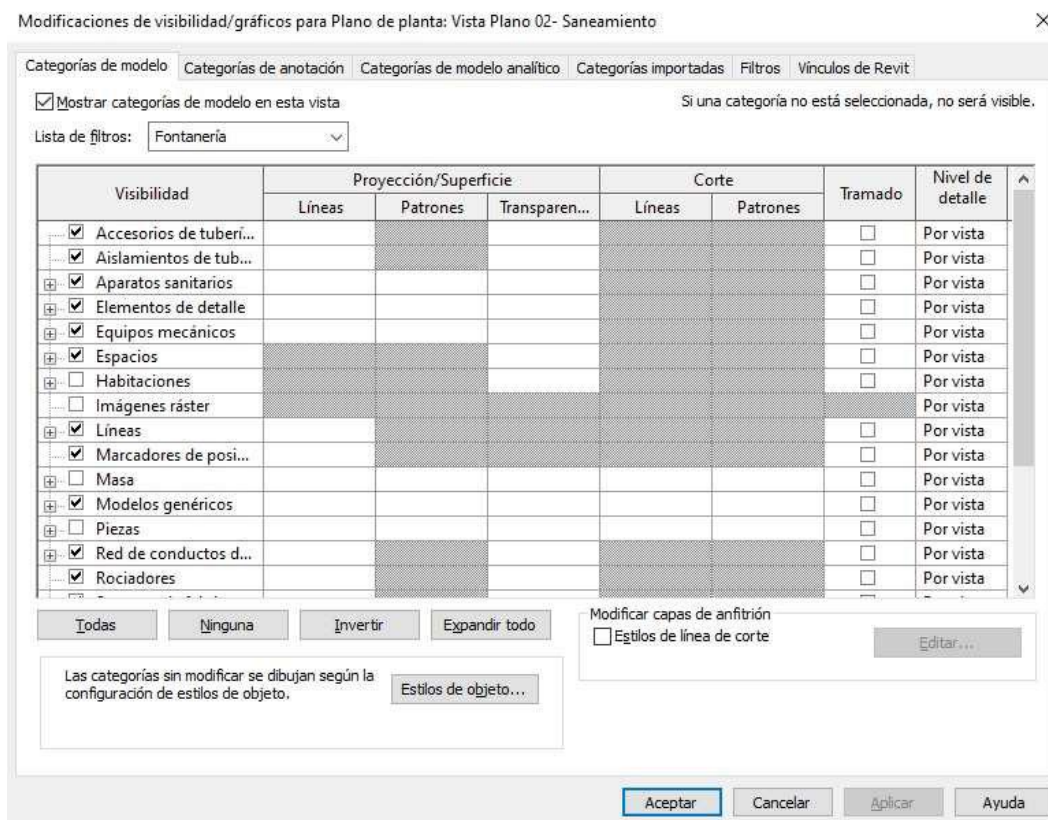


Figura 5.18. Panel modificaciones de visibilidad/gráficos para una vista

Es importante tener en cuenta que los filtros son individuales e independientes para cada una de las vistas.

Revit permite además de configurar la visualización a partir de categorías, anotaciones o incluso los vínculos, además de crear nuevos filtros a partir de especificaciones concretas que sean de interés en función del proyecto. A la hora de crear un filtro, se definen una serie de criterios a partir de los cuales solamente los elementos que los cumplan, serán afectados por el filtro. Esto resulta de gran utilidad cuando existe un criterio el cual interesa para constituir agrupaciones de elementos.

5.4.5. Sistemas en Revit

Cuando se están desarrollando instalaciones en un proyecto con Revit se debe de tener en cuenta su forma característica de estar enlazando constantemente información, que como bien se sabe es uno de los puntos más fuertes de esta metodología de trabajo. Esto generalmente viene representado en los vínculos que se generan entre los diferentes elementos presentes, siendo este software capaz de generar sistemas y unir los distintos elementos de las instalaciones de una forma física y analítica.

Se puede definir un sistema MEP como la relación lógica entre elementos de una misma instalación de un modelo Revit. Se permite la creación de tres tipos de sistemas a partir de las conexiones de los aparatos cargados al proyecto: tuberías para conexiones sanitarias, potencia para conexiones eléctricas y de conductos para aire acondicionado.[20]

5.4.6. Creación de planos

La herramienta para la creación de un plano dentro del modelo se encuentra en la pestaña de *Vista*.



Figura 5.19. Creación nuevo plano

El contenido de cada uno de los planos viene determinado a partir de vistas o tablas de planificación. Ambos tipos de información pueden incluirse en ellos, permitiendo una fácil visualización y comprensión de las distintas partes del proyecto.

El primer paso será crear una familia de plano en la que se puedan configurar las dimensiones del mismo y el rótulo que se quiera utilizar. Esta familia de plano se guardará y podrá usarse en adelante en todo el proyecto.

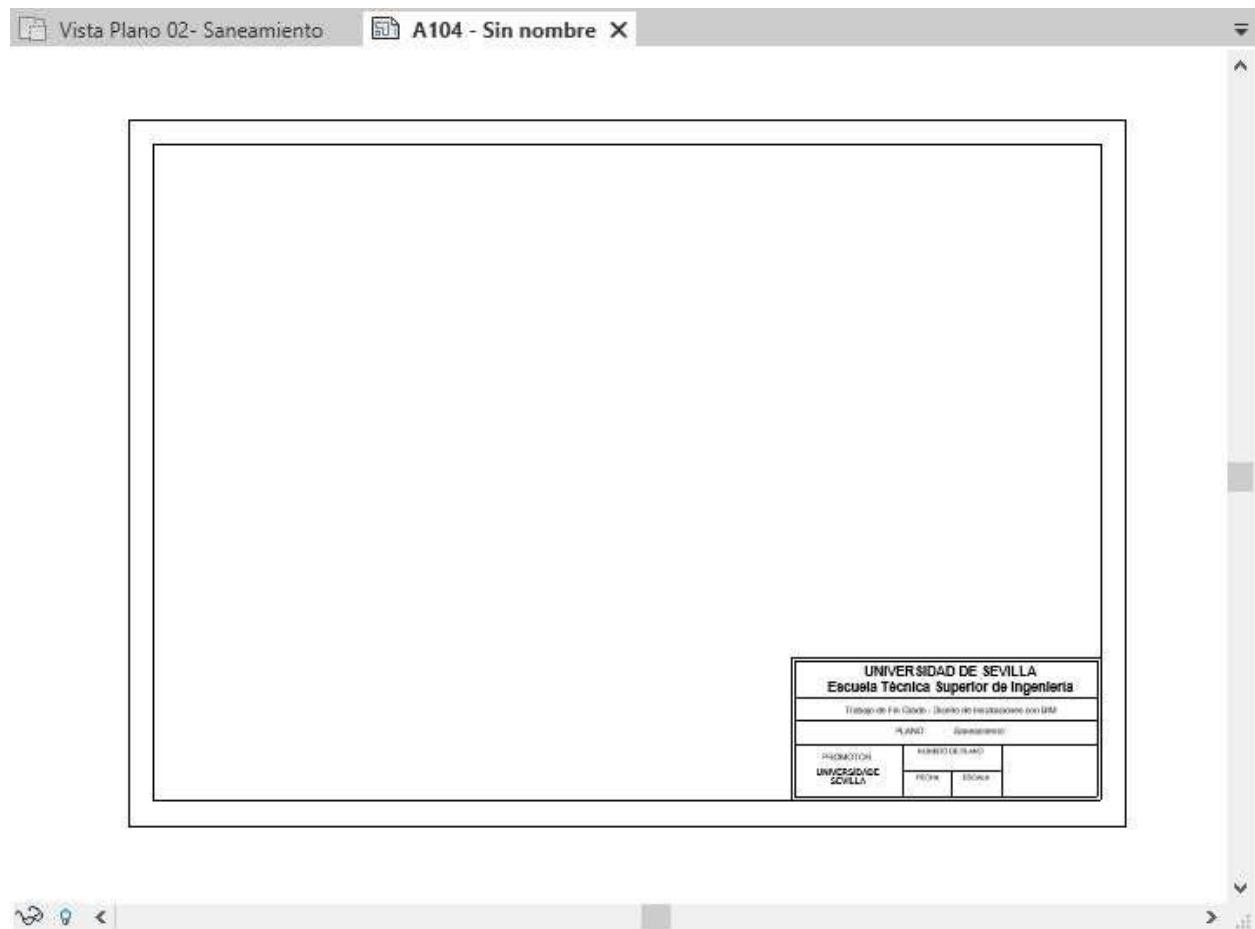


Figura 5.20. Familia de plano

A la hora de incluir información, el procedimiento a seguir será duplicar las vistas del proyecto que sean de interés, aplicando sobre dichas vistas los filtros de visualización que permitan una comprensión más clara de la información sobre el plano. Duplicando las vistas se consigue no alterar la visualización del proyecto en general, y se obtendrá de manera más ordenada y coherente todo el contenido a introducir en los planos.

En la creación de planos se remarca nuevamente la forma de trabajar que tiene Revit, insistiendo en todo momento trabajar siempre sobre un único modelo. La creación de planos no constituye la creación de archivos independientes, se sigue teniendo una vinculación total con el resto del proyecto, de forma que si en alguna de las vistas que contenga en plano se realizan modificaciones, quedarán reflejadas en los planos. [15]

6 INSTALACIONES SANITARIAS

6.1. Introducción

En el presente apartado se realizará la descripción de las instalaciones necesarias para el correcto abastecimiento de agua y evacuación de aguas residuales de la edificación en cuestión. Este proyecto únicamente cuenta con un pequeño aseo que consta de un inodoro y un lavamanos, por lo que se verá de manera muy básica el procedimiento a seguir para obtener un correcto modelado y cálculo con las herramientas que proporciona Revit.

En los siguientes subapartados, para asegurar el correcto diseño se comenzarán especificando todos los requisitos que demanda el CTE en su DB-HS4 y DB-HS5 a la hora de diseñar estas instalaciones.

Seguidamente, antes de comenzar con el modelado en Revit se procederá a la configuración de la plantilla y los aparatos sanitarios, pretendiendo adaptar diferentes parámetros para el cumplimiento de las normativas.

Por último se verá como tiene lugar el trazado de tuberías y cálculo de cada parte de la instalación.

6.2. Descripción de las instalaciones

6.2.1. Instalación de red de evacuación de aguas residuales

El modelado y dimensionado de la instalación de evacuación de aguas residuales se hará acorde al cumplimiento del Código Técnico de la Edificación (CTE) en su sección HS 5- Evacuación de aguas.

Esta edificación, en lo que se refiere a instalaciones sanitarias, presenta la necesidad de evacuar las aguas residuales procedentes del aseo situado en la planta de acceso.

Dado que estamos en una superficie urbanizada y este edificio pertenece a un complejo educativo se supondrá que la red desembocará en la acometida de saneamiento de la que dote el establecimiento, reduciéndose el estudio únicamente al dimensionamiento de derivaciones individuales y bajantes.

El trazado de la red tendrá como objetivo conseguir una circulación natural por gravedad lo más sencilla posible.

6.2.1.1. Criterios de diseño

I. Derivaciones individuales

Para el dimensionamiento de las tuberías de desagüe se trabajará con la adjudicación de Unidades de Desagüe para cada uno de los aparatos. Esto tal y como se ve en la tabla 6.1 depende del tipo de aparato y de su uso.

Tabla 4.1 UDs 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	50
	Suspendido	-	2	40
	En batería	-	3,5	-
Fregadero	De cocina	3	6	40
	De laboratorio, restaurante, etc.	-	2	40
Lavadero	3	-	40	-
Vertedero	-	8	-	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

Tabla 6.1. Uds. Correspondientes a los distintos aparatos sanitarios [21]

De esta tabla se obtendrán directamente los diámetros para las derivaciones individuales del lavabo y el inodoro.

Aparato Sanitario	Unidades de desagüe Uso público (UD)	Diámetro norma (mm)	Diámetro instalado (mm)
Inodoro	5	100	110
Lavamanos	2	40	40

Tabla 6.2. Uds. De aparatos consideradas para el proyecto

Dado que los ramales colectores no utilizan diámetros de 100 mm, es común cambiar directamente el diámetro de la derivación individual a 110 mm, buscando con ello la simplificación de la instalación.

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

Tabla 6.3. Diámetros de ramales colectores entre aparatos sanitarios y bajante [21]

Estos datos deberán quedar bien definidos posteriormente a la hora de configurar los aparatos sanitarios dentro de Revit.

II. Cierres hidráulicos

Los cierres hidráulicos o botes sinfónicos son dispositivos que tienen por objetivo impedir la salida de gases y olores de la red de evacuación a los locales o cuartos húmedos, pero sin embargo permite el paso de materias sólidas en suspensión que transporta el agua.

De acuerdo al apartado 3.3.1.1. del CTE-DB-HS 5, los cierres hidráulicos pueden ser:

- a) Sifones individuales propios de cada aparato

- b) Botes sifónicos que pueden servir a varios aparatos
- c) Sumideros sifónicos
- d) Arquetas sifónicas, situadas en los encuentros

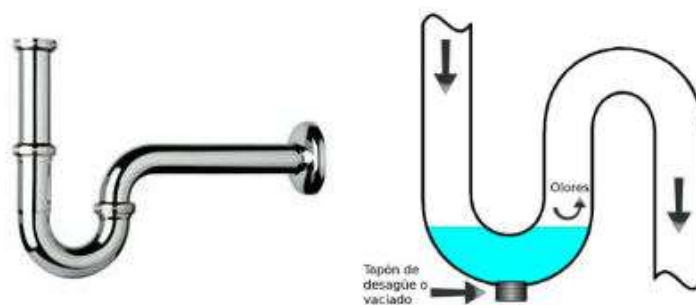


Figura 6.1. Cierres hidráulicos [22]

En esta instalación se contará con un sifón que servirá al lavabo.

6.2.1.2. Dimensionado de la red

El dimensionado de los diferentes tramos de tuberías partirá de los tamaños mínimos de tuberías establecidos por la norma en función de la cantidad de unidades de aparatos que tenga asignado el aparato en cuestión. Cada uno de los diferentes tramos de la instalación será dimensionado igualmente en función de las unidades de aparato que lo atraviesen y las condiciones de diámetros mínimos establecidos por la norma.

6.2.2. Instalación de abastecimiento de agua

El modelado y dimensionado de la instalación de saneamiento se hará acorde al cumplimiento del *Código Técnico de la Edificación (CTE)* en su sección *HS 4- Suministro de agua*.

La instalación de suministro de agua desarrollada en este proyecto será una red con contador general único compuesta por la acometida, la instalación general y las derivaciones individuales.

De acuerdo con el CTE nuestra instalación va a tener una serie de requerimientos que vamos a enumerar a continuación.

6.2.2.1. Criterios de diseño

I. Consumos, simultaneidad y caudales

Los distintos aparatos sanitarios con los que debe ser dotado el edificio requieren unos caudales mínimos establecidos por el CTE y que vienen reunidos en la tabla 2.1. del apartado HS-4.

Tabla 2.1 Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría [dm ³ /s]	Caudal instantáneo mínimo de ACS [dm ³ /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	-
Urinarios con grifo temporizado	0,15	-
Urinarios 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	-

Tabla 6.4. Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato [21]

A la hora del diseño, han de tenerse en cuenta estos consumos de los aparatos, las simultaneidades que puedan tener lugar y los caudales resultantes.

Puede decirse que con carácter general, para una conducción que alimente una serie de aparatos, cuanto mayor sea el número a los que sirve, menor será la probabilidad de que se esté haciendo uso de manera simultánea de esos aparatos.

Se denominará como caudal instalado a la suma de los caudales demandados por el conjunto de aparatos servidos por una única conducción. Para poder determinar este valor de caudal correctamente, ha de tenerse en cuenta la probabilidad del uso simultáneo de los distintos aparatos. Esto se corresponde con un valor de caudal que tendrá una alta probabilidad de no ser superado, correspondiéndose generalmente con una fracción del caudal total instalado. De esta forma quedará definido el caudal de cálculo o de diseño.

$$q_d = k_p \cdot Q$$

Donde k_p se corresponde con un coeficiente de simultaneidad basado en distintas leyes estadísticas fundamentadas en el número de aparatos y el contexto de uso de los diferentes aparatos.

Para esta instalación en concreto, dado que únicamente se tienen dos aparatos sanitarios, se considerará un coeficiente de simultaneidad de uso de 1.

II. Velocidades de circulación

Una vez queden definidos los caudales de diseño, deberán establecerse limitaciones en cuanto a las velocidades de circulación por los conductos. Las velocidades correspondientes al caudal de diseño deberán pertenecer a un rango admisible de velocidades.

Esto se debe a que velocidades excesivas pueden acarrear problemas como altas pérdidas de carga por fricción, ruidos y/o vibraciones que alteren el confort de los usuarios y en el caso de producción de golpes de ariete, pueden darse importantes sobrepresiones que den lugar a roturas o averías en la tubería. Por otro lado, si las velocidades son excesivamente pequeñas, no se estaría aprovechando correctamente la capacidad de transporte, resultando unas tuberías sobredimensionadas. Además, a pequeñas velocidades se favorece la deposición de materiales en suspensión, pudiendo ocasionar incrustaciones en las paredes de las tuberías reduciendo la sección útil de paso.

El CTE establece un rango de velocidades admisible en función del tramo de la tubería y del material.

En función del material escogido, la norma establece que la elección de una velocidad de cálculo quede comprendida dentro de los siguientes intervalos:

- Tuberías metálicas: entre 0,5 y 2,00 m/s
- Tuberías termoplásticas y multicapas: entre 0,5 y 3,5 m/s

TRAMO	VELOCIDAD
Distribuidores y acometida	2 – 3 m/s (aunque el valor de 3 m/s no es muy aconsejable)
Montantes	≈ 1 m/s
Sótanos, dependencias de poco uso y cámaras de instalaciones	≥ 2 m/s
Derivaciones de viviendas	0.60 – 0.80 m/s (con valores < 1 m/s)

Tabla 6.5. Rango velocidades en función del tramo [21]

III. Presiones de servicio

La presión disponible en cada uno de los puntos de la instalación se corresponderá con la altura piezométrica en el punto de alimentación de la misma, menos la cota geométrica del punto considerado y las distintas pérdidas de carga que tienen lugar a lo largo de los conductos.

Los valores de las presiones admisibles quedan establecidos en la norma dentro de unos rangos de valores, quedando limitadas las presiones tanto superior como inferiormente.

Es importante una limitación superior de las presiones ya que cuanto mayores sean las presiones, la instalación supondrá un mayor coste de implantación, explotación y mantenimiento. Por otro lado, unas altas presiones también presentan inconvenientes como la producción de velocidades elevadas, ruidos molestos, pueden dar lugar con más facilidad a fugas, riesgos por roturas, averías y obligan a un sobretimbrado de las conducciones, válvulas, etc.

La norma también establece limitaciones mínimas para las presiones, de forma que la presión mínima de servicio para cada uno de los puntos de consumo depende de requisitos mínimos de presión en función del equipo o aparato sanitario. En la sección HS-4 se establecen los siguientes límites de presiones admisibles en redes interiores:

1. En los puntos de consumo la presión mínima debe ser:
 - a) 100 kPa para grifos comunes
 - b) 150 kPa para fluxores y calentadores
2. La presión en cualquier punto de consumo no debe superar 500 kPa

IV. Diámetros mínimos

La normativa establece diámetros mínimos para las tuberías con el objetivo de garantizar un funcionamiento adecuado del aparato o serie de aparatos que estén siendo alimentados por dicha tubería.

Estos diámetros mínimos se encuentran en las tablas 4.2 y 4.3 de la sección HS-4 de la norma y se usarán posteriormente a la hora de la configuración de los aparatos sanitarios.

V. Protección contra retornos

De acuerdo con el CTE en su sección *HS 4- Suministro de agua*, se dispondrán sistemas antirretorno para evitar la inversión del sentido del flujo en ciertos puntos de nuestra instalación:

- a) después de los contadores;
- b) en la base de las ascendentes;
- c) antes del equipo de tratamiento de aguas;
- d) en los tubos de alimentación no destinados a usos domésticos;
- e) antes de los aparatos de refrigeración o climatización;

La normativa añade además que los antirretornos se dispondrán combinados con grifos de vaciado de tal forma que siempre sea posible vaciar cualquier tramo de la red.

VI. Ascendentes y montantes

1. Las ascendentes o montantes deben discurrir por zonas de uso común del mismo.
2. Las ascendentes deben disponer en su base una válvula de retención, una llave de corte para las operaciones de mantenimiento, y una llave de paso con grifo o tapón de vaciado, situadas en las zonas de fácil acceso y señaladas convenientemente. La válvula de retención se dispondrá en primer lugar, según el sentido de circulación del agua.
3. En su parte superior deben instalarse dispositivos de purga, automáticos o manuales, con un separador o cámara que reduzca la velocidad del agua facilitando la salida del aire y disminuyendo los efectos de los posibles golpes de ariete.

6.2.2.2. Comprobación de la presión

Deberá comprobarse que la presión en el punto más desfavorable de la instalación los supera los valores mínimos de presión indicados anteriormente y que en ningún punto se supera el valor máximo de presión indicado. En el caso de que haya problemas de presión mínima será necesaria la instalación de un grupo de presión.

Para poder realizar esta comprobación se deberían estimar las pérdidas de presión en la instalación. Para ello, se atendería a consideraciones en cuanto a la acometida y a los diferentes factores que afectan a la hora de calcular las pérdidas en la instalación.

Debido a que para este trabajo no se ha entrado en detalle en la localización exacta del terreno, dadas las dimensiones de la instalación y además de considerar que este edificio pertenece a un complejo educativo, se supondrá que la presión ejercida por la red a la que está conectada es suficiente para abastecer el aseo.

6.2.2.3. Dimensionado de tramos

El dimensionado de los tramos, de acuerdo nuevamente con el CTE se hará el siguiente procedimiento:

- a) El caudal máximo de cada tramo será igual a la suma de los caudales de los puntos de consumo alimentados por el mismo de acuerdo a la tabla 4.4.1.
- b) Se establecerán los coeficientes de simultaneidad de cada tramo de acuerdo con un criterio adecuado
- c) Determinación del caudal de cálculo de cada tramo como producto del caudal máximo por el coeficiente de simultaneidad correspondiente
- d) Obtención del diámetro correspondiente a cada tramo en función del caudal y de la velocidad.

En cuanto al dimensionado de las derivaciones individuales, Los ramales de enlace a los aparatos sanitarios serán dimensionados conforme a como se establece en el punto *Punto 4.3. del HS-4- Suministro de Agua*.

A continuación se realizará un cálculo rápido para poder comprar posteriormente con los resultados obtenidos en Revit, los diámetros correspondientes a las tuberías de distribución. Para ello, es necesario obtener el caudal de cálculo a partir de la aplicación de coeficientes de simultaneidad. Se seguirá el siguiente procedimiento propuesto por la norma UNE 149201, la cual propone un coeficiente de simultaneidad según una expresión la cual únicamente depende del número de aparatos a los que se esté dando servicio:

$$Q_c = K \cdot Q_i$$

$$K = \frac{1}{\sqrt{n - 1}}$$

Dónde:

Q_c : Caudal de cálculo (l/s)

Q_i : Caudal instantáneo total (l/s)

K: Coeficiente de simultaneidad

n: Número de aparatos

Para este caso en el que tenemos un único aseo con dos aparatos sanitarios, puede comprobarse como el caudal

de instantáneo coincide con el caudal de cálculo.

	Caudal mínimo agua fría (l/s)
Lavabo	0.1
Inodoro	0.1
TOTAL	0.2

Tabla 6.6. Caudales mínimos

SISTEMA AFS
n = 2
K = 1
Q_i = 0.2 l/s
Q_c = 0.2 l/s

Tabla 6.7. Obtención caudal de cálculo

Este valor se corresponde con el caudal de cálculo correspondiente a las tuberías de distribución que llegaran a las derivaciones individuales del aseo. Para poder dimensionar el diámetro mínimo que debería tener esta tubería puede hacerse uso de la expresión de caudal:

$$Q_c (L/s) = v(m/s) \cdot \frac{A(mm^2)}{1000}$$

Siendo A el área correspondiente a la sección circular del conducto y estableciendo una velocidad de 2 m/s, se obtiene un diámetro mínimo d=11.28 mm.

Independientemente de este resultado, habrá que cumplir con las condiciones de diámetros mínimos que establece la norma para este tipo de tramos. Como se observa en la tabla 6.8, deberá instalarse un diámetro de alimentación de 20 mm.

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
	250 - 500 kW	1
	> 500 kW	1 ¼

Tabla 6.8. Diámetros mínimos de alimentación bajante [21]

6.3. Diseño y modelado de instalación sanitaria con Revit

6.3.1. Configuración plantilla mecánica

Es el primer paso a realizar una vez se haya vinculado el modelo arquitectónico con la plantilla escogida, que para este caso de instalaciones de fontanería será la plantilla mecánica, es la configuración de dicha plantilla. Revit trae por defecto una configuración. Lo que se hará es especificar los parámetros a aplicar a los sistemas de tuberías y fontanería acorde a las normativas vigentes.

Para comenzar la configuración mecánica haremos clic en la ficha Gestionar ► grupo Configuración ► menú desplegable Configuración MEP ► Configuración mecánica.

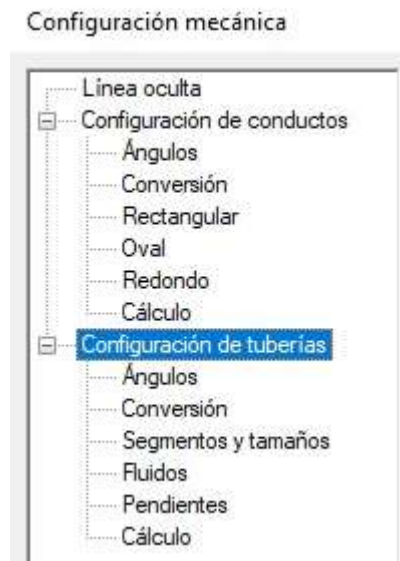


Figura 6.2. Configuración mecánica

Aparecen las opciones de configuración para conductos y tuberías. Configuración de conductos se relaciona con todo lo referido a ventilación y en configuración de tuberías se encontrarán los parámetros comunes a todos los sistemas de tuberías, fontanería y protección contra incendios de un proyecto. Por tanto se atenderá a la parte de configuración de tuberías, que es lo que nos concierne en este apartado de instalaciones sanitarias.

- ❖ **Ángulos:** Esta opción permite especificar los ángulos de las uniones que Revit utiliza para añadir o modificar tuberías. Para este proyecto especificaremos que se pueda formar cualquier ángulo.
- ❖ **Conversión:** En este cuadro de diálogo se podrán especificar los parámetros que controlan las elevaciones, tuberías o tamaños de conductos y otras características de las tuberías o las redes de conductos creadas mediante la herramienta de rutas de diseño.

Es aquí donde se definirá a continuación el material de las tuberías para cada tipo de sistema:

- **Sistema de suministro de agua fría:** los sistemas encargados del abastecimiento de agua se clasifican principalmente en dos grandes tipos dependiendo del material del que están hechas sus tuberías. Estas tuberías pueden ser de plástico o metal, y su elección dependerá en gran medida del uso para el que este pensado el servicio de suministro (industrial o doméstico).

Para este proyecto se usarán tuberías de cobre. Si bien son más caras que las tuberías de plástico a la larga dan un resultado más satisfactorio. Poseen alta resistencia a la corrosión y es capaz de soportar altas temperaturas.

Clasificación sistema: Agua fría sanitaria

Principal

Parámetro	Valor
Tipo de tubería	Tipos de tubería : Estándar
Desfase	2750

Ramificación

Parámetro	Valor
Tipo de tubería	Tipos de tubería : Estándar
Desfase	2750

Figura 6.3. Configuración mecánica. Conversión agua fría sanitaria

- **Sistema de saneamiento:** En este proyecto se usarán tuberías de PVC, adoptando con ello la solución más común para este tipo de sistemas.

Clasificación sistema: Sanitario

Principal

Parámetro	Valor
Tipo de tubería	Tipos de tubería : PVC
Desfase	-300

Ramificación

Parámetro	Valor
Tipo de tubería	Tipos de tubería : PVC
Desfase	0

Figura 6.4. . Configuración mecánica. Conversión sanitarios

- ❖ **Segmentos y tamaños:** Proporciona una tabla con opción de configurar los tamaños disponibles para las tuberías del proyecto. Los diámetros pueden corresponderse a los de cualquier catálogo comercial. Añadiremos tal y como se ha especificado anteriormente, un tamaño de diámetro de 110 mm para la derivación individual del inodoro.

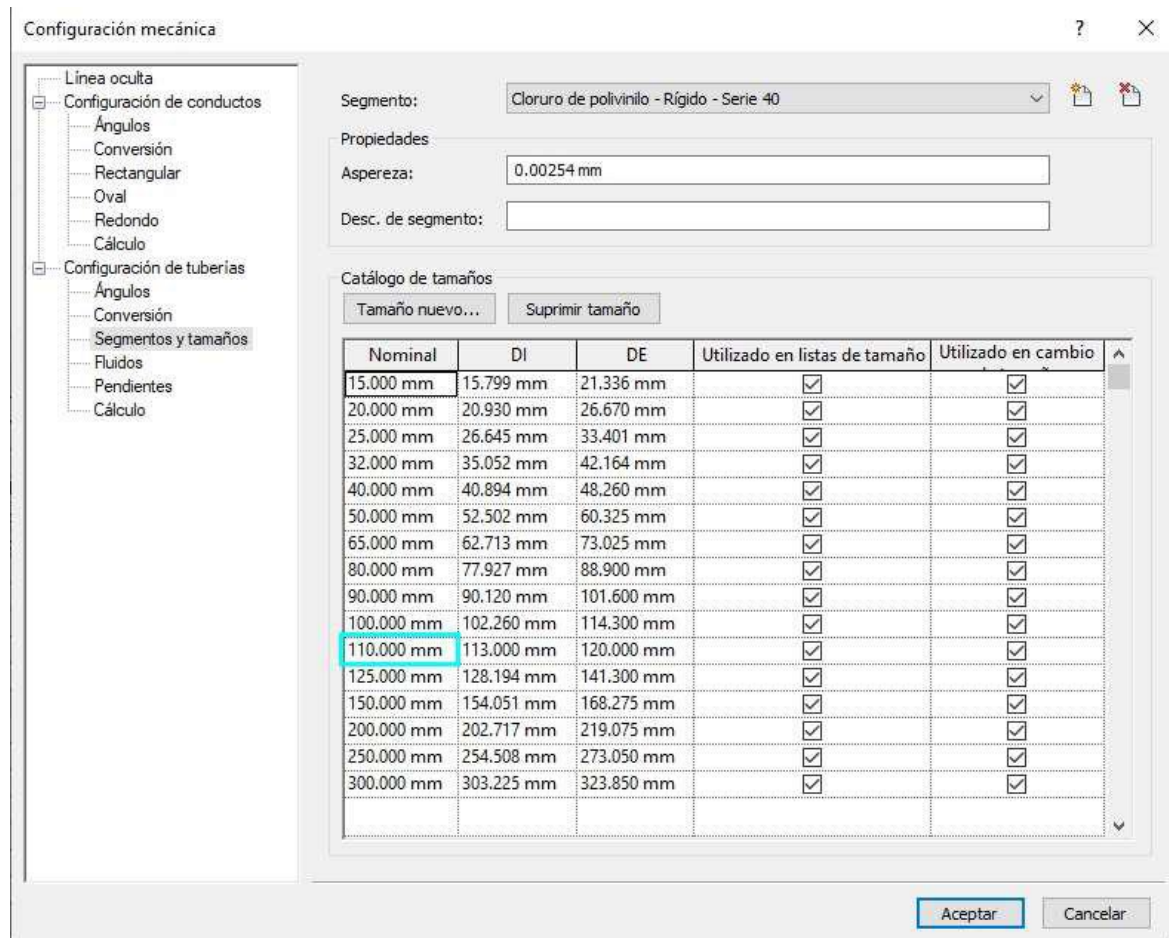


Figura 6.5. Configuración mecánica. Segmentos y tamaños

- ❖ **Fluidos:** Seleccionando esta opción se mostrarán en una tabla todos los fluidos disponibles que podemos tener presentes en una instalación con sus correspondientes características.

Para este proyecto únicamente interesa el agua y se dejarán las características que vienen con Revit por defecto.

- ❖ **Pendientes:** Se muestran las pendientes disponibles para el proyecto, pudiendo introducir o quitar algún valor de pendiente a conveniencia de cada caso.
- ❖ **Cálculo:** Muestra una lista con los métodos de cálculo disponibles para el flujo y la pérdida de carga de las tuberías.

Se describirá previamente al comienzo de la realización del diseño de la instalación, los métodos de cálculo que utiliza Revit. Puede verse como Revit por defecto realiza los cálculos de pérdidas de carga mediante la ecuación de Colebrook, ofreciendo también la opción de hacer uso de la ecuación de Halaand. Siendo ambas válidas, se escogerá para este proyecto la ecuación de Colebrook, la cual tiene la siguiente expresión:

$$\frac{1}{v_f} = -2 \log_{10} \left(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{Re \cdot v_f} \right)$$

Dónde:

v: Velocidad media

ε : Aspereza absoluta

D: Diámetro interior

Re: Número de Reynolds

Una vez queden definidos los sistemas, gracias a estas herramientas de cálculo con las que cuenta Revit, se

podrán generar informes con las pérdidas de presión que están teniendo lugar en las tuberías.

6.3.2. Aparatos Sanitarios

A la hora de trabajar con los aparatos sanitarios en un modelo BIM puede hacerse de dos formas:

1. Trabajando directamente con aparatos tipo MEP. Esto quiere decir que se colocarán sobre el modelo aparatos sanitarios con esta configuración específica, en la que ya cuentan directamente con el conector de suministro y evacuación de aguas correspondiente para cada aparato.
2. Partimos de aparatos tipo arquitectónicos, los cuales carecen de los conectores de entradas y salidas. Estos aparatos constituyen meramente un elemento arquitectónico, el cual la única información relevante que me está dando es de la ubicación del mismo en la edificación correspondiente.

Es importante entender esta distinción. Los aparatos tipo MEP ya vienen dispuestos con toda la información necesaria para poder conectarlos a la correspondiente red de instalaciones, mientras que los arquitectónicos no.

En este trabajo se partirá de aparatos arquitectónicos. El arquitecto ha sido el encargado de ubicar en el proyecto de arquitectura los diferentes aparatos sanitarios. La idea es convertir el aparato sanitario arquitectónico en uno tipo MEP.

Lo que se hará para poder comenzar a trabajar con ellos será vincularlos al proyecto en el que se va a desarrollar la instalación, siguiendo el procedimiento que ya se ha usado para la vinculación de los niveles arquitectónicos.

Una vez hecho esto, ya se podrá seleccionar sobre la plantilla dichos aparatos y se permitirá comenzar a modificarlos. A continuación se realizarán los siguientes pasos:

1. Seleccionado el aparato sanitario que se quiere modificar, se hará clic sobre *Editar Familia*. Seguidamente se abrirá una vista en 3D del aparato sanitario.
2. A continuación, dentro de la pestaña *Crear* -> Se seleccionará *Extrusión*. Se creará una extrusión circular en el lugar donde se quieren ubicar los conectores de entrada y salida de agua. De esta forma, lo que se está haciendo es localizar los lugares donde posteriormente se van a colocar las tuberías.

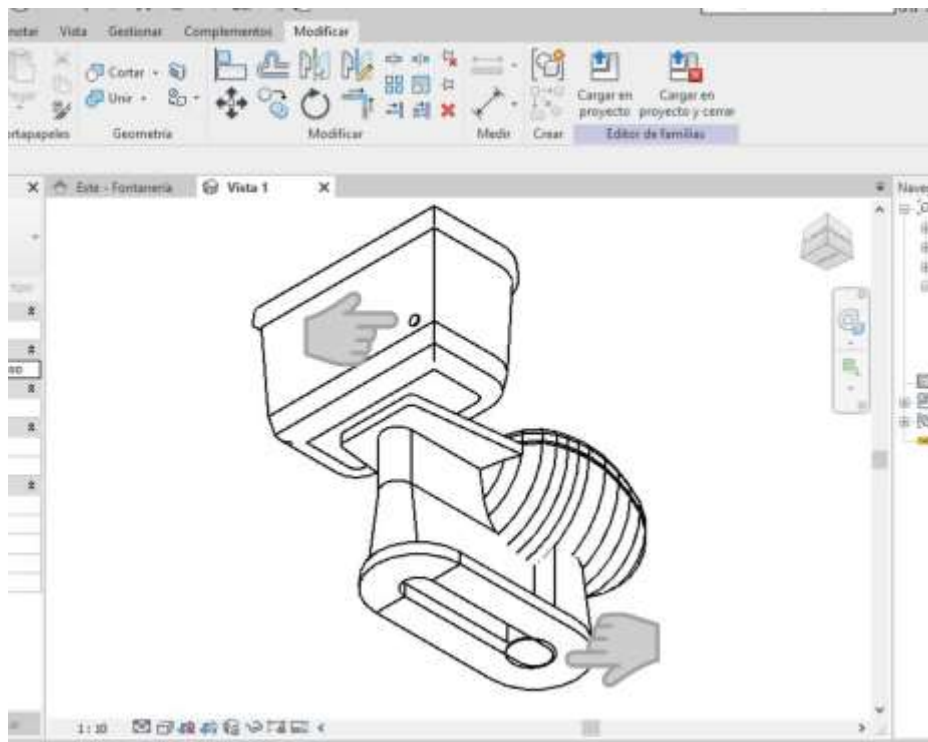


Figura 6.6. Editor de familias. Colocación de conectores.

3. Una vez creada la extrusión, se tiene un plano donde va a poder colocarse el conector de la tubería. Los tipos de conectores darán lugar a las tuberías que posteriormente se necesitarán especificar. Es por tanto con la colocación de los conectores donde queda indicada la clasificación del sistema de tuberías que va a tener lugar en cada entrada/salida del aparato sanitario. Una vez configurados y colocados los conectores, se guardará este nuevo aparato como una familia y será cargado en el proyecto.

Podía haberse no realizado este procedimiento de creación de un aparato sanitario tipo MEP habiendo colocado directamente de la biblioteca de Revit un aparato con dicha configuración. Lo que se quiere demostrar haciendo esto es que lo realmente importante a la hora del modelado y cálculo de los sistemas de tuberías son los conectores, encargados de definir el sistema.

A continuación se va a explicar cómo se ha llevado a cabo la configuración de estos conectores.

Configuración de los conectores sanitarios

Se debe de asegurar que los conectores correspondientes a la red de tuberías de saneamiento estén bien configurados en cada uno de los aparatos. Como se ha indicado previamente, los aparatos sanitarios de nuestra edificación se encuentran en el único aseo de la planta de acceso, dotado de un lavabo y un retrete.

Parámetros a configurar del conector:

1. Su **diámetro** se determinará acorde al cumplimiento de diámetros mínimos según al punto 4.1.1.1. del HS-5 – *Evacuación de Aguas*, correspondiente al dimensionado de las derivaciones individuales. Los datos de UDs de desagüe y diámetros mínimos de las derivaciones individuales se encuentran mostrados en la tabla 6.1.
2. Se aplicará el método de las unidades de descarga. Este método de fuerte base empírica tiene unos resultados obtenidos en base a la experimentación en laboratorio y una experiencia práctica de muchos años en este tipo de instalaciones. El método parte del caudal que es necesario evacuar de los distintos aparatos sanitarios en un cierto lapso de tiempo, teniendo en cuenta la simultaneidad de utilización de los aparatos instalados. En este proyecto concreto, al tener únicamente un aseo con solo dos aparatos, no se van a hacer uso de coeficientes de simultaneidad en ninguno de los cálculos para el diseño de la instalación. Por tanto, a la hora de definir la *Configuración de flujo* se seleccionará *Unidades de aparatos*.
3. La *Dirección de flujo* quedará especificada como *Saliente*.
4. Dotación de clasificación al sistema. Los conectores a la red de evacuación quedarán definidos como *Sanitario*.
5. Se determinan las *Unidades de aparatos* haciendo use de los valores de la tabla 4.1 del HS-5.

Con esto, la configuración para el retrete y el lavabo quedarán definidos en la ventana de propiedades como se observa en las *figuras 6.7 y 6.8*.

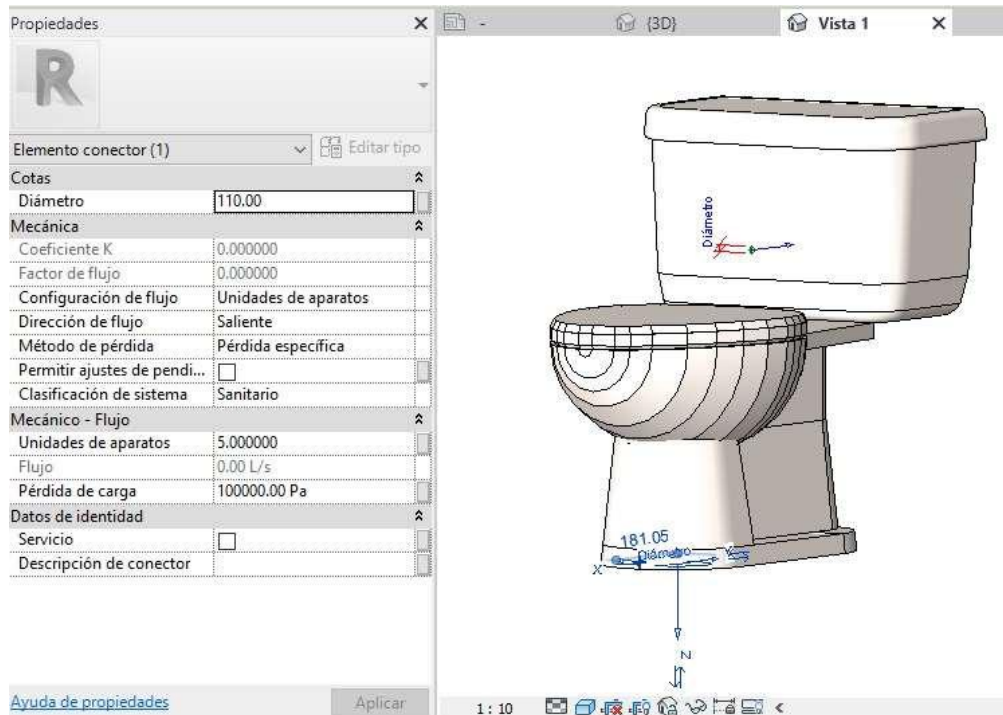


Figura 6.7. Editor de familia. Configuración de conectores sanitarios WC

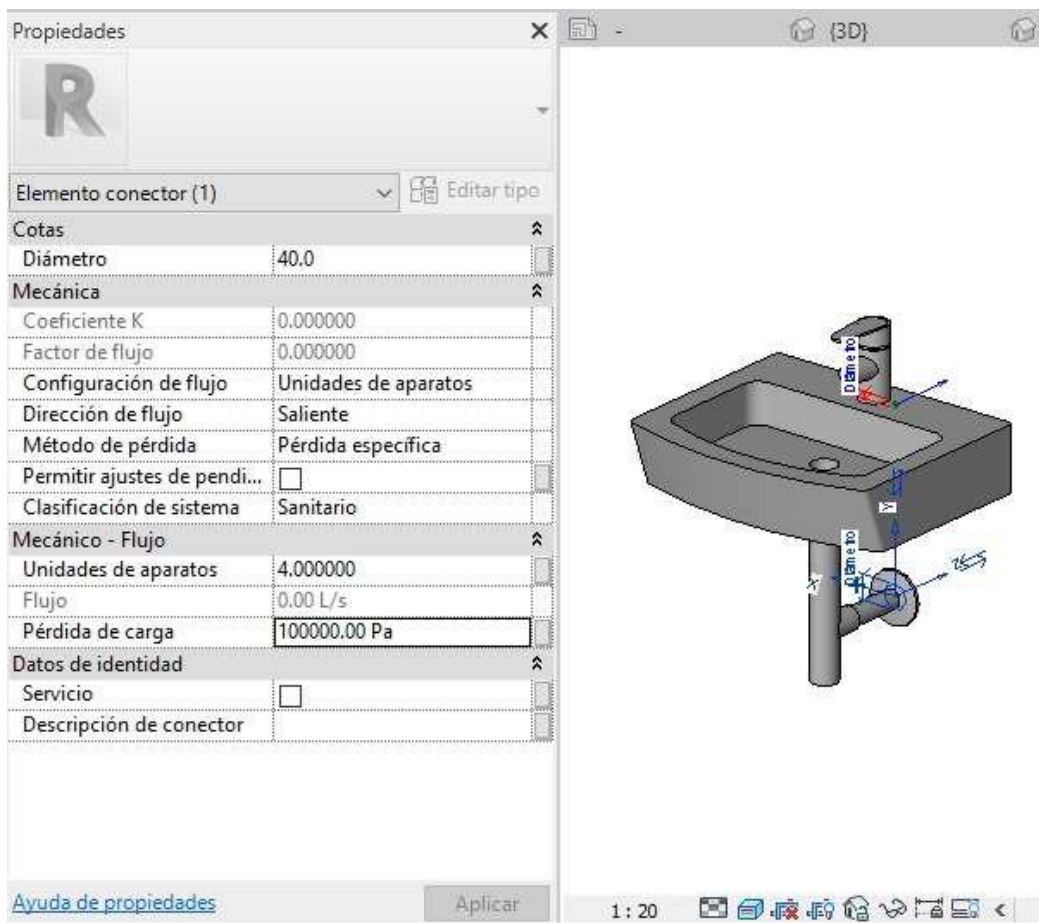


Figura 6.8. Editor de familia. Configuración de conectores sanitarios lavamanos.

Configuración de los conectores de suministro de agua

Al igual que los conectores de la red de saneamiento, los conectores de la red de suministro de agua deben de cumplir una serie de requerimientos según el CTE con los que quedarán definidos:

1. El diámetro se establecerá acorde a los valores de la *tabla 4.2. del HS-4*, donde se definen los diámetros mínimos que deben tener las derivaciones individuales.

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	12
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
Lavadora doméstica	¾	20
Lavadora industrial	1	25
Vertedero	¾	20

Tabla 6.9. Diámetros mínimos derivaciones de los aparatos [21]

2. Para la *Configuración de flujo* se seleccionará flujo *predefinido*. Quedará establecido un valor de flujo para las derivaciones individuales a partir de las condiciones mínimas de suministro según el CTE que aparecen en la *tabla 2.1. del HS-4*

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 ³ /s]	[dm ³ /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	-
Urinarios con grifo temporizado	0,15	-
Urinarios 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	-

Tabla 6.10. Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato [21]

3. *Dirección de flujo* especificada como *Entrante*.
4. Para la *Clasificación el sistema*, los conectores a la red de suministro se definirá como *Agua fría sanitaria*.
5. Los valores de *flujo* se obtendrán directamente de la *tabla 2.1. del HS-4*.

Con esto, ambos aparatos quedarán configurados y aparecerán en la ventana de propiedades como se observa

en las figuras 6.10 y 6.11.

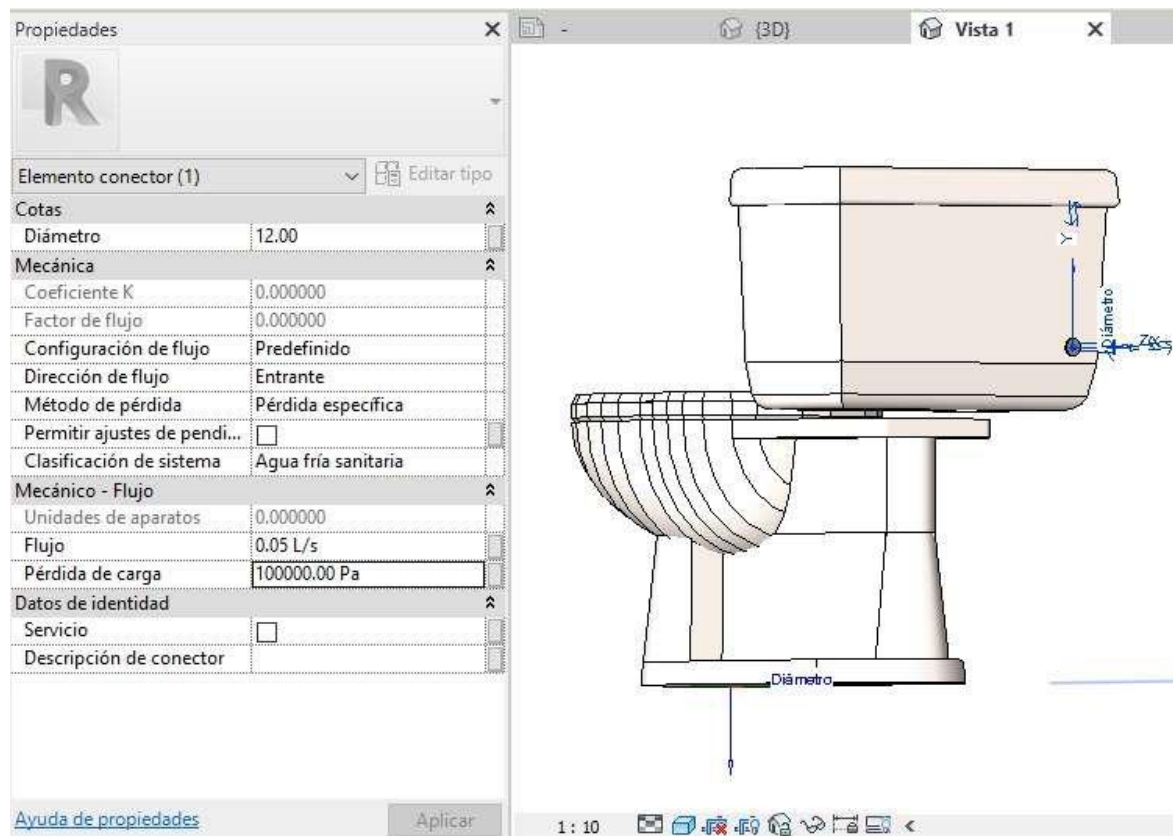


Figura 6.9. Editor de familia. Configuración de conectores abastecimiento WC

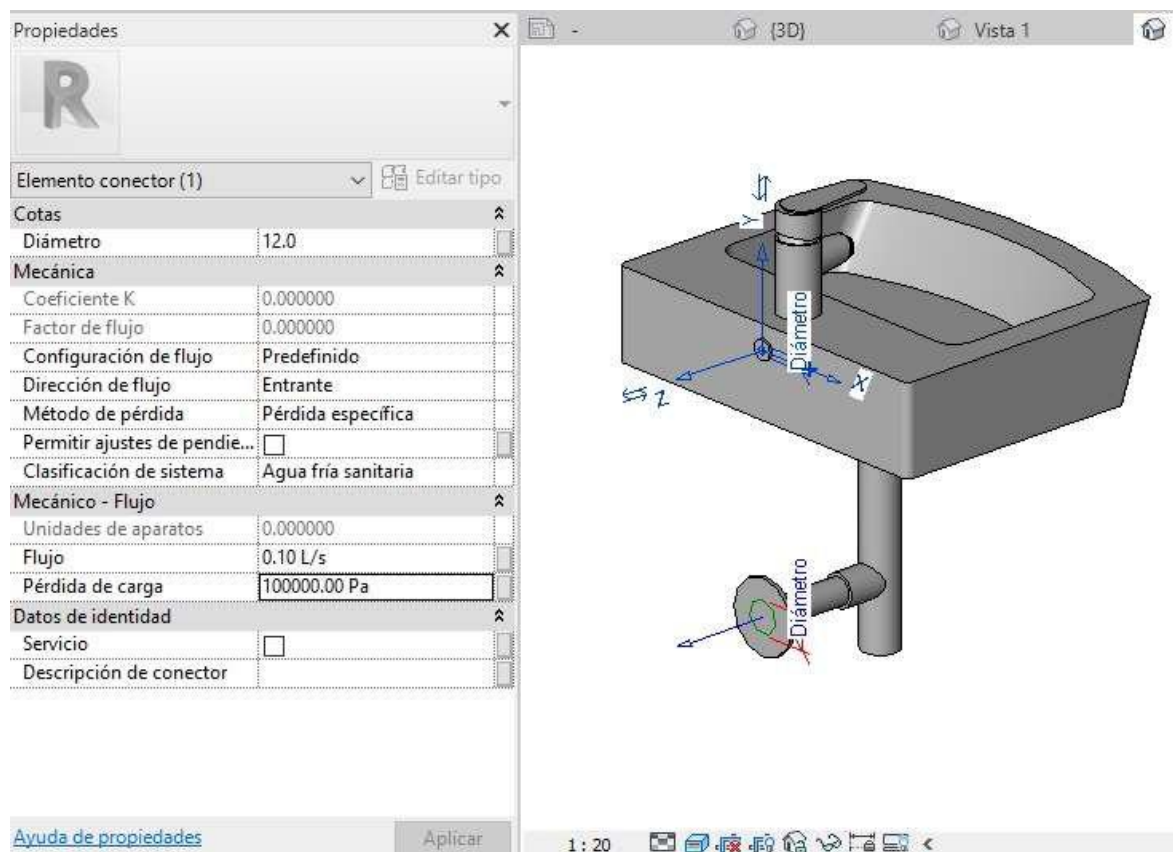


Figura 6.10. Editor de familia. Configuración de conectores abastecimiento lavamanos

Colocados y configurados los aparatos sanitarios, antes de comenzar a trazar los sistemas de tuberías crearemos dos sistemas, uno para la evacuación de aguas y otro para el suministro.

Creación de sistemas

Para este proyecto en concreto, dentro del estudio que se está realizando de las instalaciones de fontanería se crearán dos sistemas de tuberías a partir de las conexiones de saneamiento y abastecimiento de cada uno de los aparatos. Una vez se haya asignado un sistema a una instalación, Revit será capaz posteriormente de generar y modelar diseños automáticos de las tuberías, realizando a su vez cálculos como las pérdidas de carga o presión y ajustando el tamaño de las tuberías en función de parámetros como la velocidad. Para tener bien definido el sistema es importante haber configurado los conectores correctamente. En Revit un único conector de salida es capaz de servir a varios conectores de entrada y viceversa, formando un único sistema.

Se realizará el siguiente procedimiento:

1. Se dará *click* sobre uno de los dos aparatos sanitarios del aseo. Aparecerá en la barra de herramientas superior la opción *Crear sistemas -> Tuberías*. Al seleccionar esto último, se abrirá una ventana en la que se deberá indicar el tipo de sistema y se le dará un nombre. En este caso, se tendrá un tipo de sistema sanitario y se nombrará el sistema correspondiente al suministro de agua fría como *Agua fría aseo* y el sistema de saneamiento lo nombraremos como *Sanitario aseo*. De esta forma, ya se podrán ver en el navegador de sistemas del proyecto estos dos sistemas que acaban de ser creados.

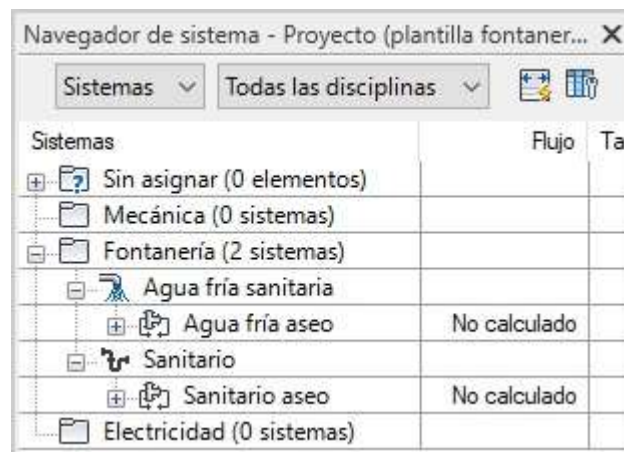


Figura 6.11. Navegador de sistemas

2. Se deberán de incluir todos aparatos sanitarios correspondientes en cada sistema. En este caso, tanto el inodoro como el lavamanos estarán incluidos en ambos sistemas ya que los dos poseen conexiones tanto para la red de abastecimiento como evacuación. Para incluir los aparatos, se hará *click* en el navegador de sistemas sobre el sistema que se quiere editar y se seleccionará en la parte superior la opción *Editar sistema*.
3. Una vez se esté dentro de la opción de *Editar sistema de tuberías*, se hará *click* sobre *Añadir al sistema* y seguidamente se seleccionarán los aparatos que quedan por incluir. Una vez se acabe, seleccionar *Finalizar edición de sistema*.
4. Se comprobará en el navegador de proyectos que los equipos han quedado incluidos dentro de ambos sistemas.

Navegador de sistema - Proyecto (plantilla fontanería)CAMBIOS

Sistemas ▼ Todas las disciplinas ▼

Sistemas	Flujo	Tamaño
[-] Sin asignar (2 elementos)		
[-] Mecánica (0 sistemas)		
[-] Fontanería (2 sistemas)		
[-] Agua fría sanitaria		
[-] Agua fría aseo	0.2 L/s	
[-] Lavamanos suspe...	0.1 L/s	12 mm
[-] WC con cisterna (...)	0.1 L/s	12 mm
[-] Sanitario		
[-] Sanitario aseo	No calculado	
[-] Lavamanos suspe...	N/D	40 mm
[-] WC con cisterna (...)	N/D	110 mm
[-] Electricidad (0 sistemas)		

Figura 6.12. Visualización sistemas navegador de sistemas

6.3.3. Cálculo y trazado de tuberías

6.3.3.1. Red de agua fría sanitaria

Una vez han quedado definidos los sistemas de suministro de agua fría y evacuación de aguas puede procederse a la generación de la red de tuberías.

En este apartado se usará Revit además de como una herramienta de modelado, como una herramienta de cálculo. A continuación se va a detallar el procedimiento seguido para el trazado de las tuberías y posteriormente la realización de los cálculos que permitirán definir los diámetros de las tuberías junto con los flujos que las atraviesan.

En primer lugar, se atenderá al trazado de las tuberías de abastecimiento de agua. Revit ofrece una herramienta de trazado automático con diferentes soluciones de disposición de tuberías.



Figura 6.13. Herramienta generación de diseño de tuberías automático

A partir de esta herramienta se obtienen los siguientes resultados:

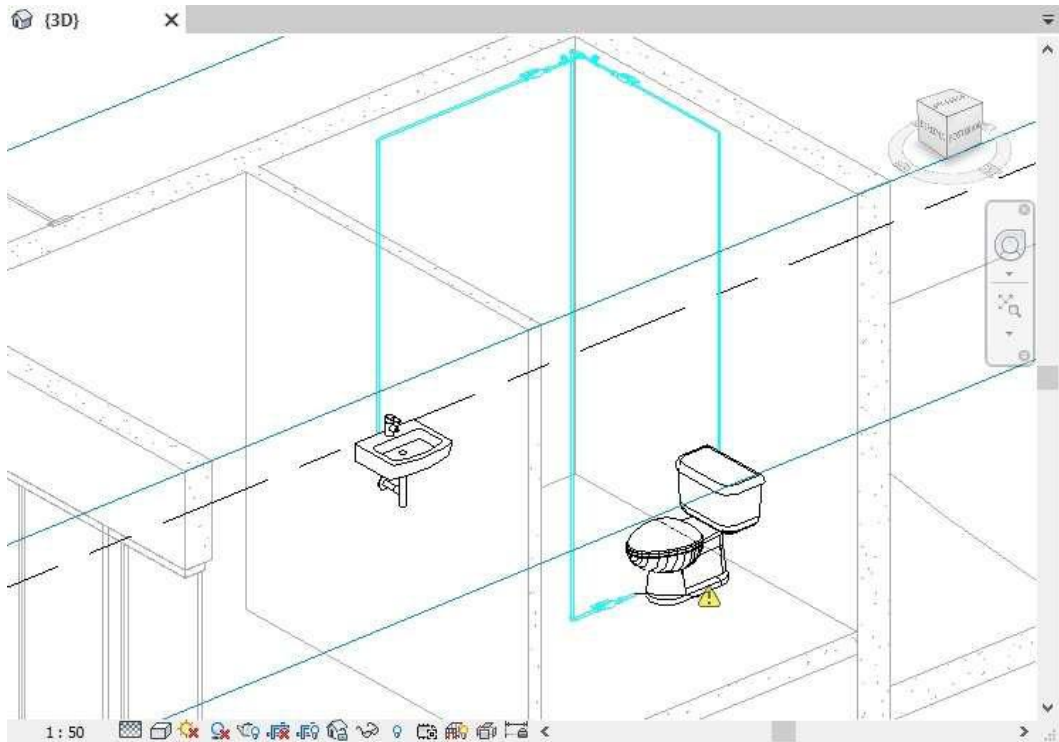


Figura 6.14. Trazado tuberías sistema agua fría sanitaria

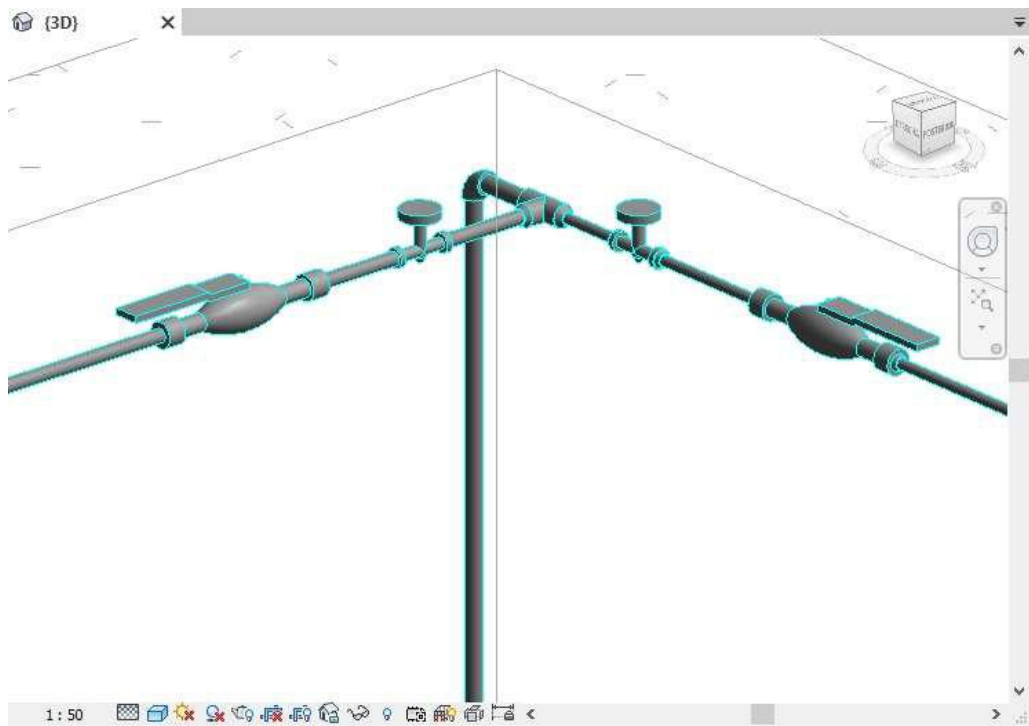


Figura 6.15. Accesorios sistema agua fría sanitaria (1)

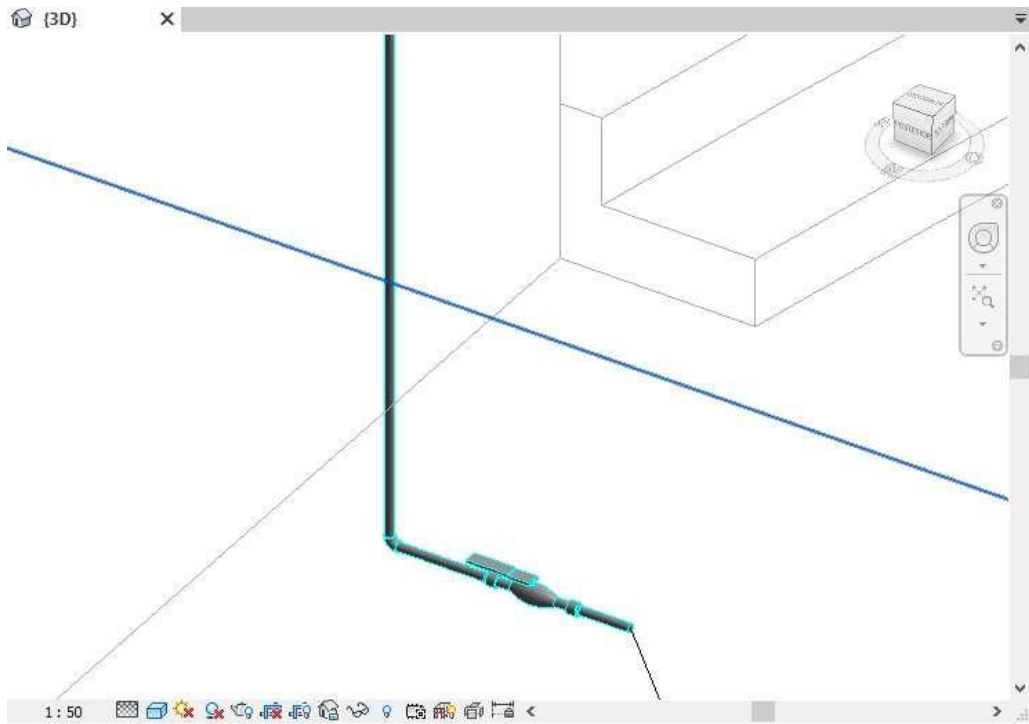


Figura 6.16. Accesorios sistema agua fría sanitaria (2)

La opción *Inspeccionado de Sistemas* permite comprobar que se ha definido correctamente el sentido del flujo. Desplazado el cursor sobre las tuberías se indicará el flujo que circula por cada tramo correspondiente de la red. Observando la figura 6.18, los tramos en rojo informan sobre pérdidas de carga altas.

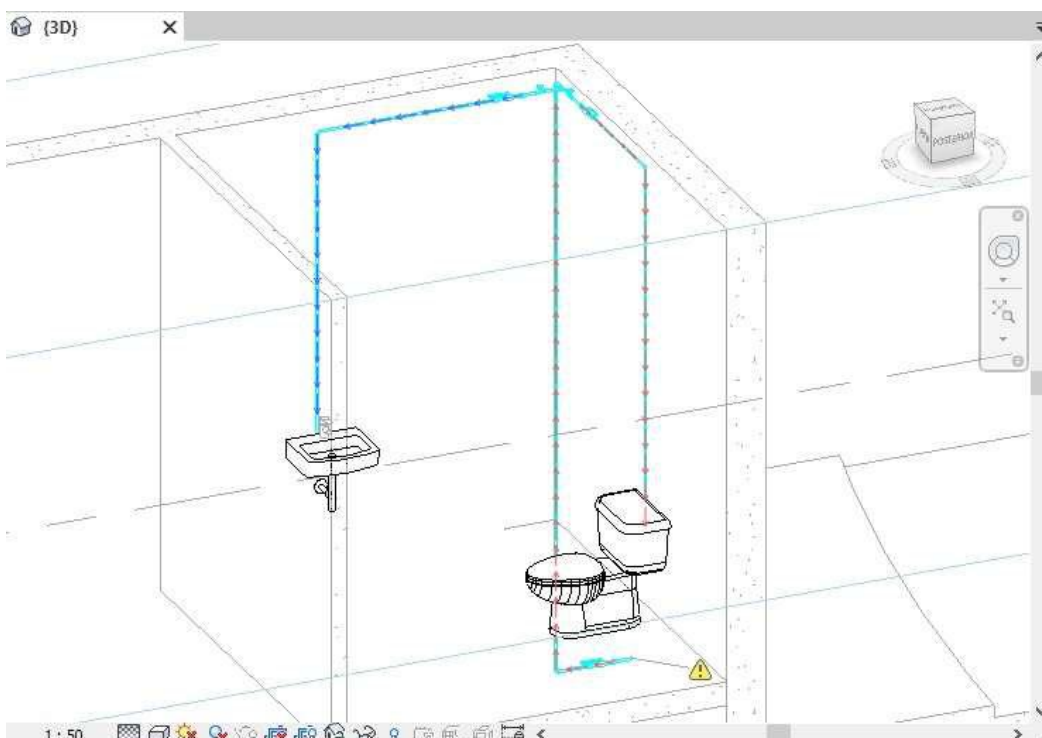


Figura 6.17. Inspeccionador de sistemas. Sistema agua fría sanitaria

El siguiente paso será realizar el dimensionamiento de las tuberías. Para ello se seleccionará todo el sistema, incluyendo los aparatos sanitarios y se hará clic sobre la opción *Cambio de tamaño de conducto/ tubería*. Esta opción permitirá realizar un ajuste automático de los diámetros las tuberías, ofreciendo un predimensionado de forma bastante rápida.

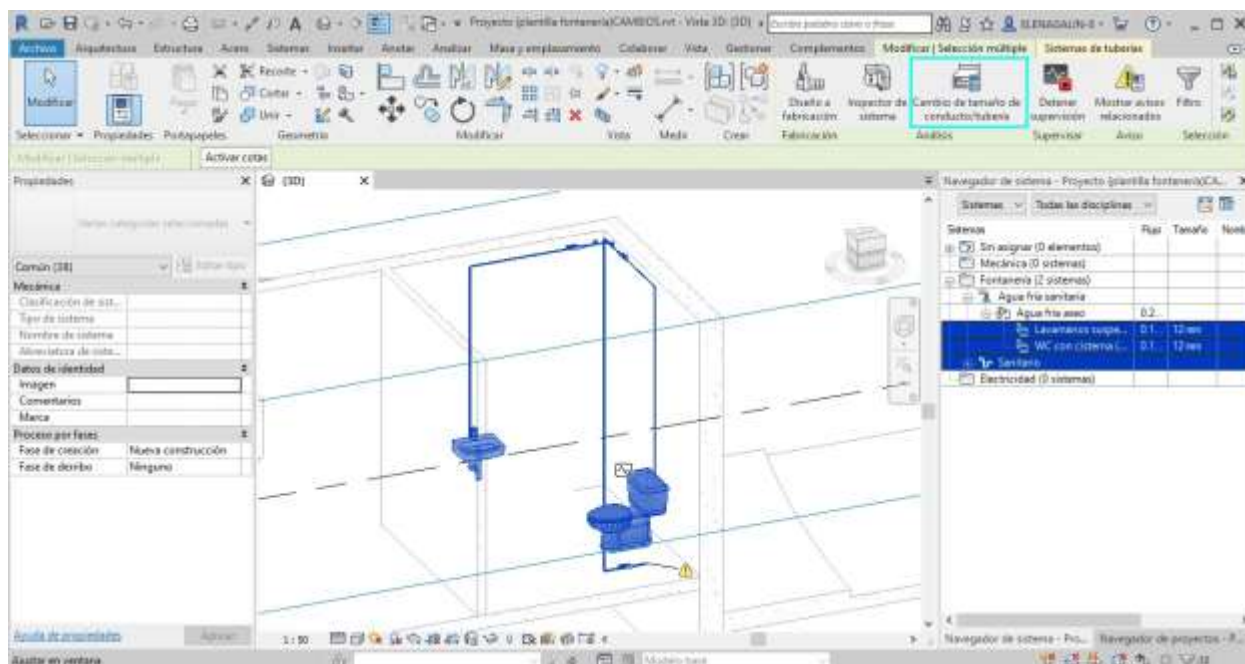


Figura 6.18. Cálculo tamaño tuberías sistema agua fría sanitaria

Revit ofrece realizar de forma automática este ajuste en función de los parámetros de fricción y velocidad. De esta forma se define el criterio de dimensionamiento de las tuberías dentro de Revit. Para este proyecto se escogerá para el cambio de tamaño de tuberías establecer la limitación de velocidad, dando un valor de 2 m/s. Puede observarse de forma rápida en el programa ajustando este parámetro como para mayores velocidades se obtienen mayores tamaños de tubería y más pérdidas de carga. Revit también permite incluir un valor de diámetro máximo.

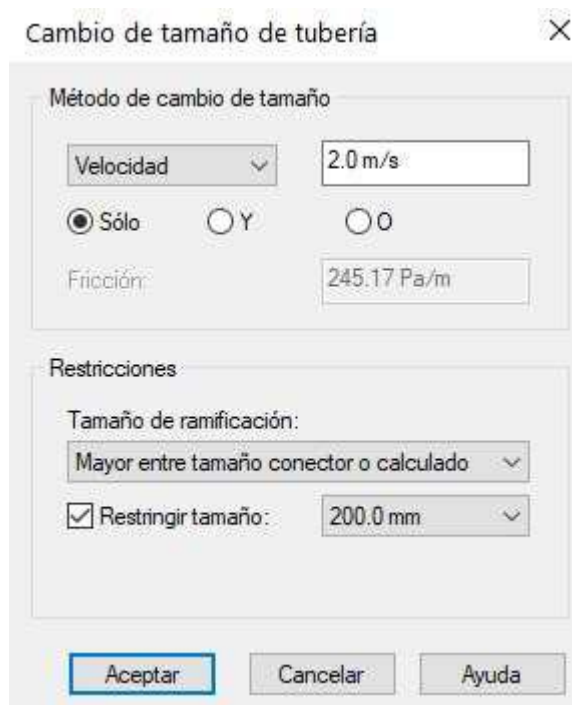


Figura 6.19. Condición velocidad. Cambio de tamaño tubería

Presionando el botón de aceptar, automáticamente se producirá un redimensionamiento de las tuberías de la red. Cabe decir que Revit no hace uso de coeficiente de simultaneidad a la hora de realizar los cálculos, produciéndose de este modo un sobredimensionamiento de la instalación. Para esta aplicación en concreto, ya se ha visto anteriormente como el caudal de cálculo coincide con el caudal instantáneo una vez aplicado el coeficiente, por lo que esta carencia de Revit no afectará a los resultados de esta instalación en concreto.

Realizado este redimensionamiento habría que comprobar que las diferentes tuberías de la instalación cumplen con los requisitos de diámetros mínimos en función del tramo de la red del que se trate. Si fuese necesario, se realizarían manualmente los cambios.

Por último, tal y como se adelantaba anteriormente, de este sistema puede obtenerse un informe con las pérdidas de presión a partir de la generación de un documento HTML, todo ello haciendo uso de los métodos de cálculo descritos anteriormente. Este documento puede utilizarse para comprobar que se han obtenido unos valores coherentes tanto de velocidades en cada tramo de tubería y pérdidas de presión o por ejemplo comprobar la presión requerida en el punto más desfavorable.

6.3.3.2. Red de tuberías de saneamiento

Se realizará un procedimiento similar para el trazado de las tuberías de abastecimiento, consiguiendo por parte de Revit distintas opciones de trazado de la red, con la diferencia de que se deberá añadir además pendiente a estas tuberías para facilitar la evacuación de aguas por gravedad. Se escogerá una pendiente del 2%. A diferencia del sistema de agua fría sanitaria, Revit no hará un ajuste de las dimensiones de las tuberías, teniendo el usuario que configurar manualmente los diámetros en cada uno de los tramos en función de las unidades de aparatos que haya en cada uno de ellos. Haciendo uso de los diámetros mínimos en función de las unidades de aparatos que establece el CTE quedarán definidos los tamaños de las tuberías.

Se obtiene el siguiente resultado en el modelado de las tuberías de saneamiento:

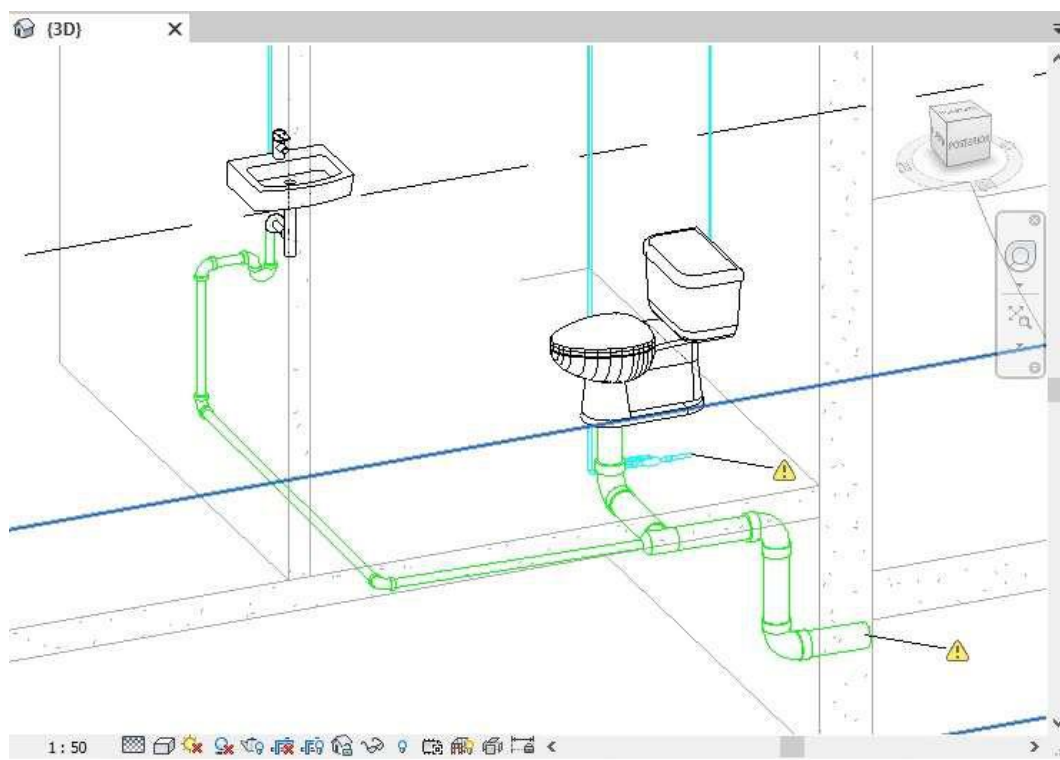


Figura 6.20. Trazado tuberías sistema sanitario

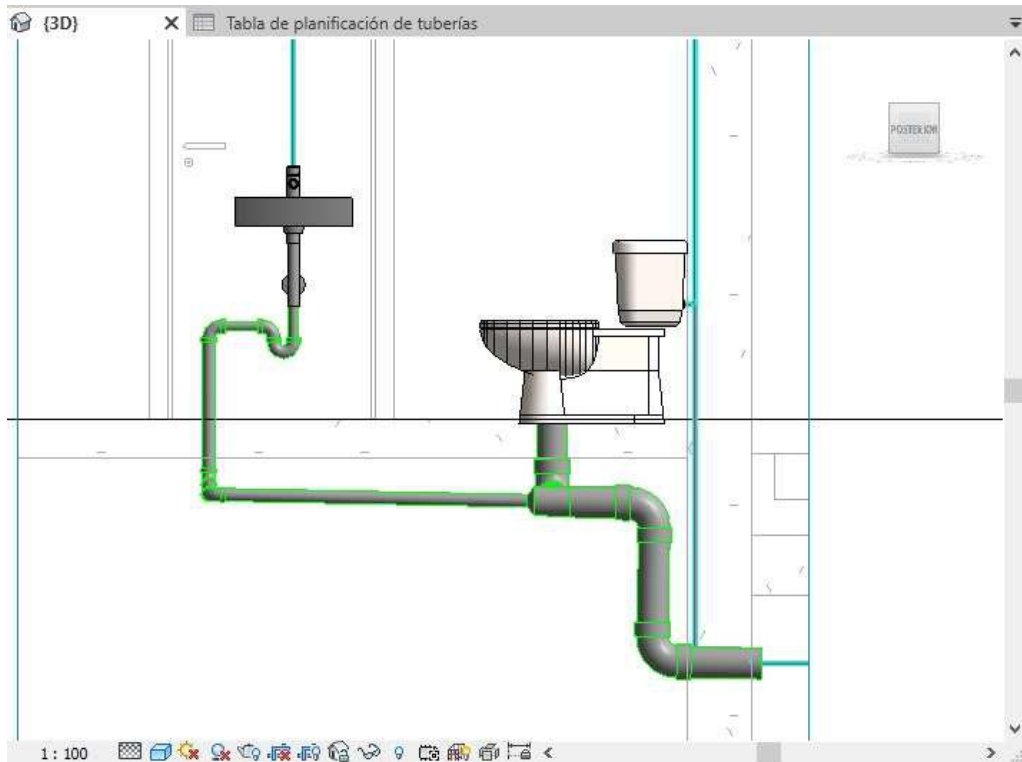


Figura 6.21. Visualización pendiente tuberías de saneamiento

Del mismo modo con el inspeccionador de sistemas se comprobará que la dirección del flujo de evacuación es correcta.

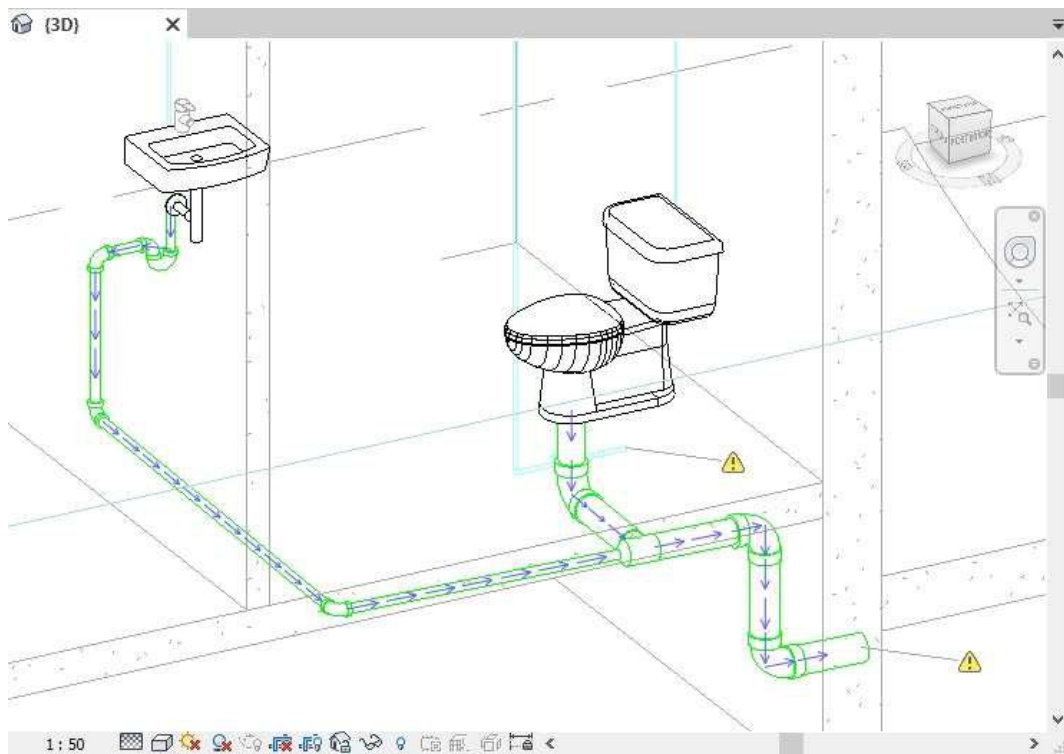


Figura 6.22. Inspeccionador de sistemas. Sistema sanitario

6.3.4. Documentación del proyecto

El objetivo de este apartado será obtener mediciones y planos del modelo. A continuación se va a poder comprobar como habiendo conseguido modelar correctamente las instalaciones de fontanería, se logra ahorrar una gran cantidad de tiempo a la hora de la obtención de documentación del proyecto.

En los siguientes apartados se verá el procedimiento a seguir para la obtención de tablas de planificación de elementos, creación de vistas de isométricos y finalmente la presentación la presentación de datos mediante planos.

6.3.4.1. Generación de listados de tuberías. Tablas de planificación de cantidades

Se parte desde el cuadro de diálogo de *Vista* ➤ *Tablas de planificación* ➤ *Tablas de Planificación/Cantidades*. A partir de aquí, Revit mostrará todas las opciones disponibles para configurar una nueva tabla de planificación. Una tabla de planificación es una herramienta que proporciona Revit que permite la visualización de todos los elementos presentes en un proyecto o parte de el en un formato tabla.

En este caso en el que se quiere realizar un listado de las tuberías del aseo, se especificará en la lista de filtros la opción de *Fontanería* y se seleccionará *Tuberías*. En esta ventana es donde se define el tipo de tabla que se quiere crear.

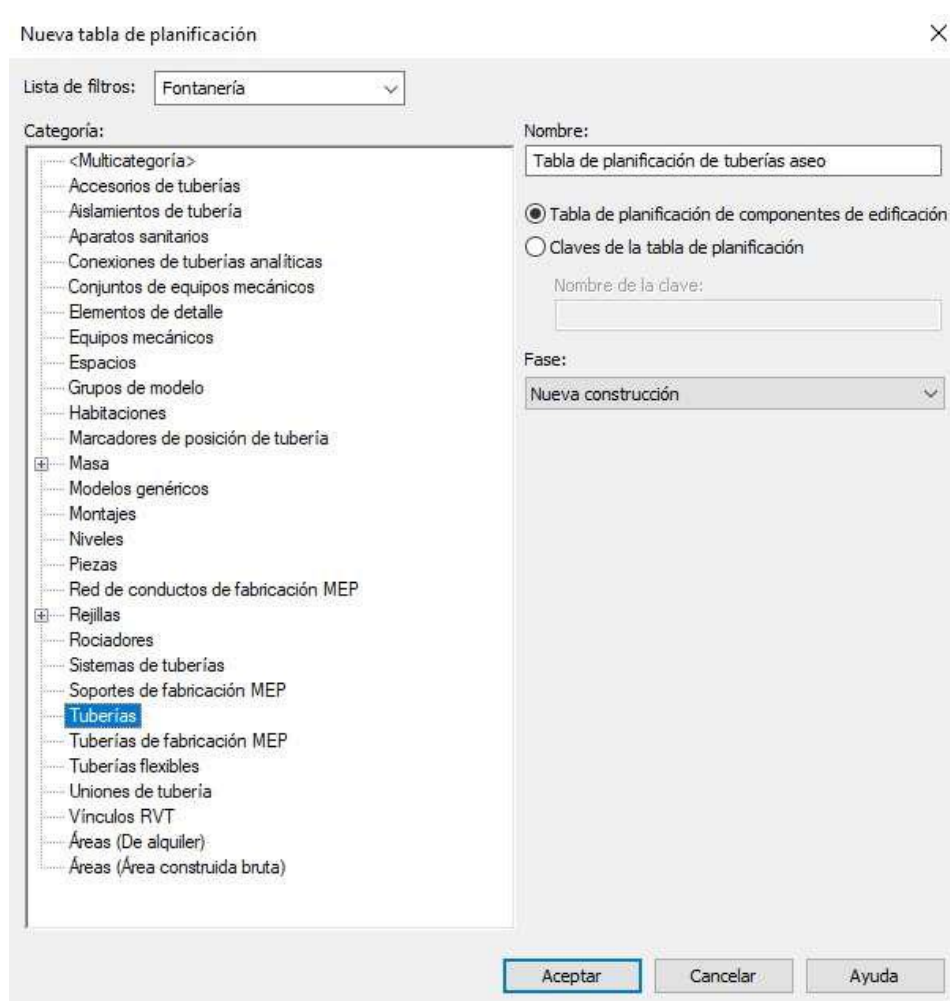


Figura 6.23. Creación tabla de planificación

Al hacer clic en *Aceptar* automáticamente aparecerá otra ventana donde se podrán escoger aquellos campos que se quiera que aparezcan en la tabla.

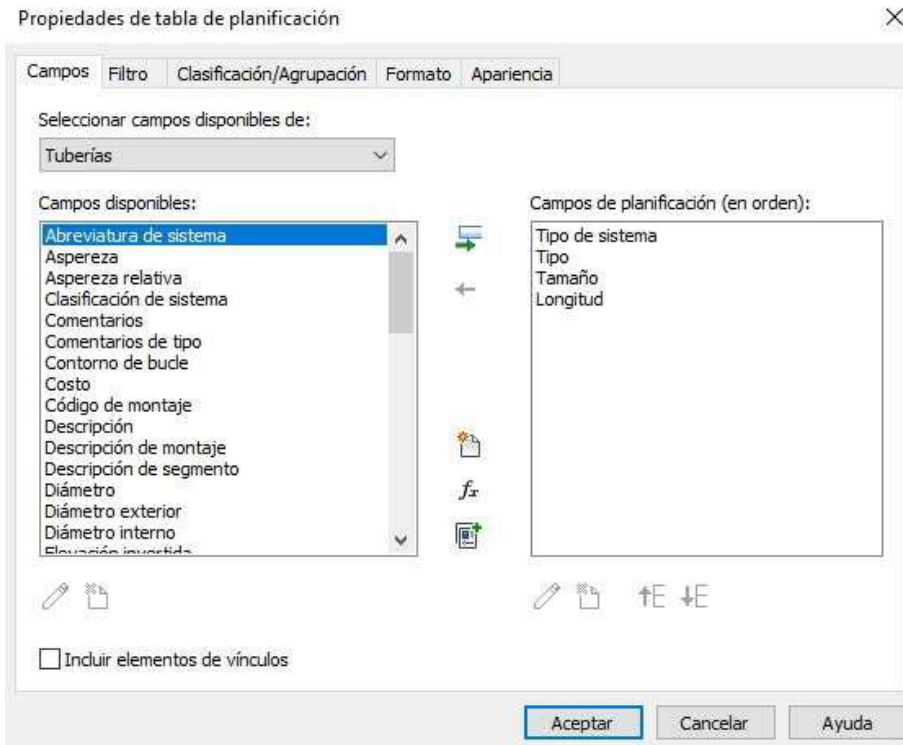


Figura 6.24. Ventana propiedades tabla de planificación

A partir de la tabla de propiedades se podrán introducir parámetros que resulten necesarios o de la misma forma eliminar aquellos que no lo sean. En Revit, las familias constan de propios parámetros comunes además de parámetros particulares para cada categoría. A pesar de ello, suele ser necesario que para poder cumplir con necesidades específicas del proyecto en cuestión que se esté abordando, se requiera de la creación de parámetros propios para el modelo en cuestión.

Para poder resolver la instalación de fontanería que se está llevando a cabo en estos apartados, se creará a continuación un nuevo parámetro que ayude posteriormente en las tablas de planificación a una correcta designación de cada uno de los tramos de tuberías.

Es fundamental que el parámetro creado pueda incluirse posteriormente en las tablas de planificación de tuberías y se puedan crear anotaciones con él, por lo que se creará un parámetro compartido. Para la creación de un parámetro compartido, dentro del cuadro de diálogo de *Gestión* se seleccionará la opción *Parámetros compartido*.



Figura 6.25. Creación parámetros compartidos

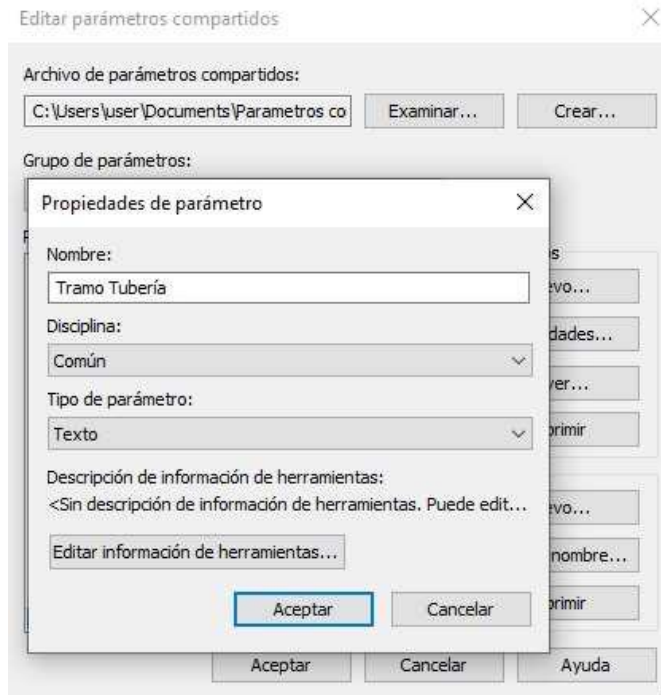


Figura 6.26. Configuración parámetros compartidos

Los parámetros creados deberán guardarse en un archivo externo. Una vez quede creado el parámetro deberá incluirse dentro de los parámetros de proyecto. Haciendo este último paso correctamente, al seleccionar cualquier tramo de tubería se podrá ver como aparece el parámetro creado dentro del cuadro de propiedades.

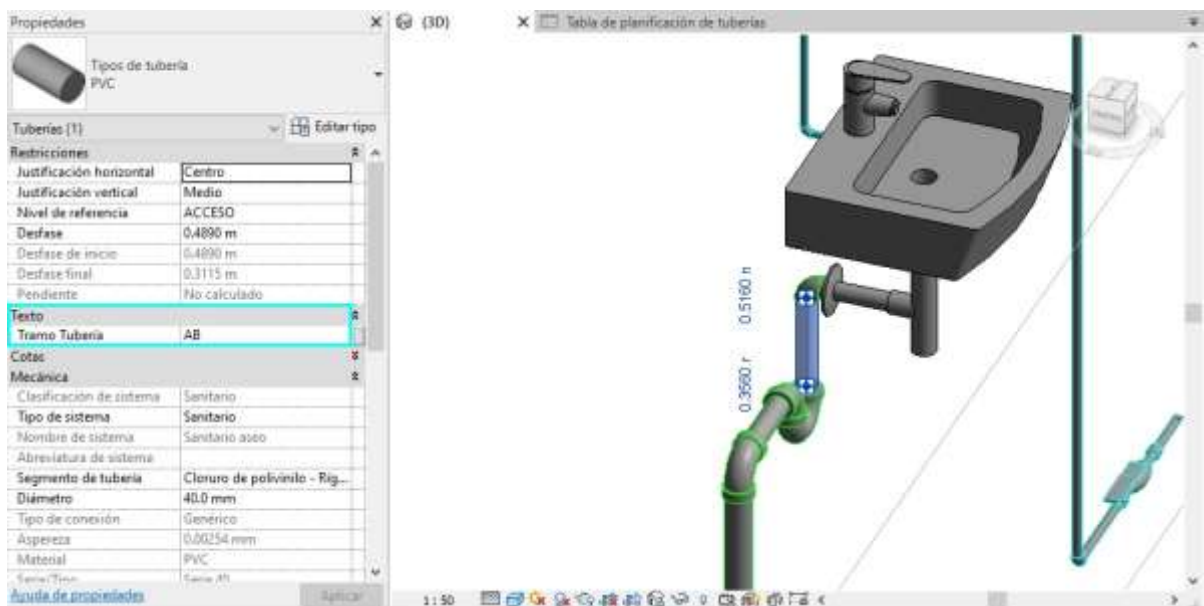


Figura 6.27. Asignación valores tramos de tubería

De esta forma se podrán ir asignando valores a cada tramo de tuberías, tanto de saneamiento como de abastecimiento de agua, pudiendo quedar reflejado en la tabla de planificación.

Los puntos de cambio de tramo quedarán designados en el parámetro *Comentarios*, de forma que resulten fáciles de etiquetar a continuación.

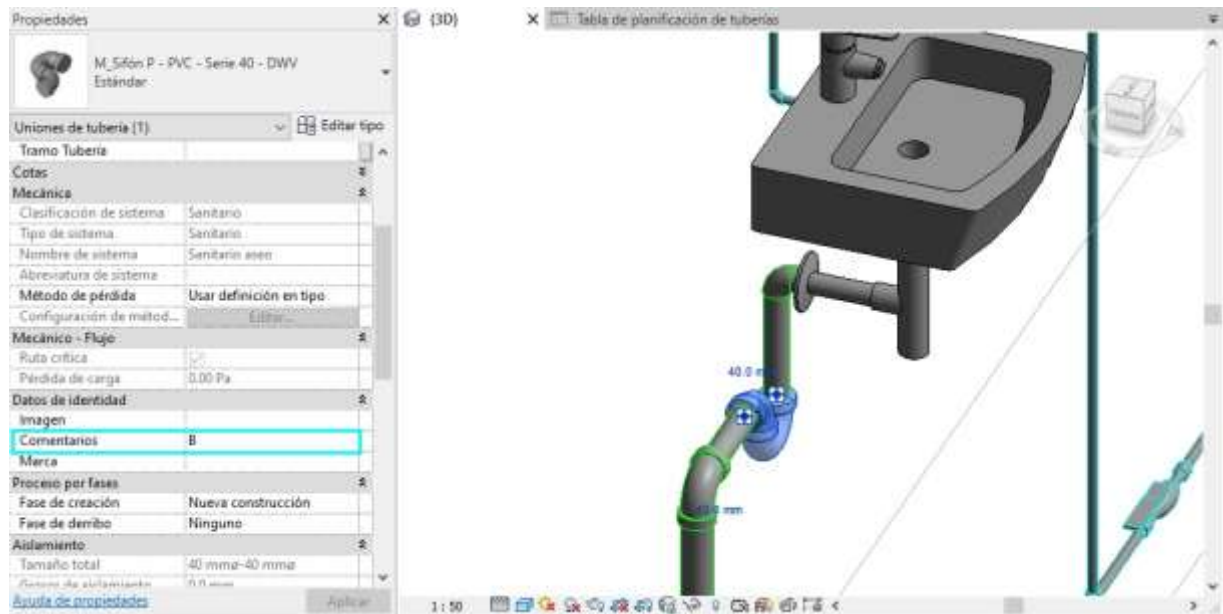


Figura 6.28. Asignación valores accesorios de tubería

Nombre de sistema	Tramo Tubería	Longitud	Flujo	Tamaño	Tipo de sistema	Unidades de aparato	Material	Pérdida de carga	Velocidad
Agua fría sanitaria									
Agua fría aseo	no	0.03 m	0.1 L/s	12 mmø	Agua fría sanitaria	0	Cobre	0.02 kPa	0.7 m/s
Agua fría aseo	mn	2.50 m	0.1 L/s	12 mmø	Agua fría sanitaria	0	Cobre	2.02 kPa	0.7 m/s
Agua fría aseo	fk	0.07 m	0.1 L/s	12 mmø	Agua fría sanitaria	0	Cobre	0.05 kPa	0.7 m/s
Agua fría aseo	ef	0.09 m	0.1 L/s	12 mmø	Agua fría sanitaria	0	Cobre	0.23 kPa	1.3 m/s
Agua fría aseo	ab	0.02 m	0.1 L/s	12 mmø	Agua fría sanitaria	0	Cobre	0.06 kPa	1.3 m/s
Agua fría aseo	bc	2.12 m	0.1 L/s	12 mmø	Agua fría sanitaria	0	Cobre	5.72 kPa	1.3 m/s
Agua fría aseo	fg	0.05 m	0.2 L/s	20 mmø	Agua fría sanitaria	0	Cobre	0.02 kPa	0.7 m/s
Agua fría aseo	gh	3.87 m	0.2 L/s	20 mmø	Agua fría sanitaria	0	Cobre	1.94 kPa	0.7 m/s
Agua fría aseo	ij	0.25 m	0.2 L/s	20 mmø	Agua fría sanitaria	0	Cobre	0.12 kPa	0.7 m/s
Agua fría aseo	cd	1.10 m	0.1 L/s	12 mmø	Agua fría sanitaria	0	Cobre	2.98 kPa	1.3 m/s
Agua fría aseo	lm	0.75 m	0.1 L/s	12 mmø	Agua fría sanitaria	0	Cobre	0.60 kPa	0.7 m/s
Agua fría aseo	de	0.07 m	0.1 L/s	12 mmø	Agua fría sanitaria	0	Cobre	0.20 kPa	1.3 m/s
Agua fría aseo	kl	0.12 m	0.1 L/s	12 mmø	Agua fría sanitaria	0	Cobre	0.09 kPa	0.7 m/s
Agua fría aseo	hi	0.02 m	0.2 L/s	20 mmø	Agua fría sanitaria	0	Cobre	0.01 kPa	0.7 m/s

Tabla 6.11. Tabla planificación tuberías sistema agua fría sanitaria

Sanitario							
Sanitario aseo	AA	0.02 m		40 mmø	Sanitario	4	PVC
Sanitario aseo	AB	0.18 m		40 mmø	Sanitario	4	PVC
Sanitario aseo	BC	0.13 m		40 mmø	Sanitario	4	PVC
Sanitario aseo	JK	0.28 m		110 mmø	Sanitario	9	PVC
Sanitario aseo	IJ	0.31 m		110 mmø	Sanitario	9	PVC
Sanitario aseo	FI	0.33 m		110 mmø	Sanitario	9	PVC
Sanitario aseo	GH	0.20 m		110 mmø	Sanitario	5	PVC
Sanitario aseo	FG	0.33 m		110 mmø	Sanitario	5	PVC
Sanitario aseo	CD	0.55 m		40 mmø	Sanitario	4	PVC
Sanitario aseo	DE	1.82 m		40 mmø	Sanitario	4	PVC
Sanitario aseo	EF	1.16 m		40 mmø	Sanitario	4	PVC

Tabla 6.12. Tabla planificación tuberías sistema sanitario

De esta forma se obtienen tablas de planificación de las tuberías.

6.3.4.2. Creación de vistas isométricas

Las vistas isométricas consisten en una vista en 3D orientada de una forma específica. Para su creación se partirá de una vista en planta, en la que se seleccionarán todos los elementos de la instalación que se quiera que aparezcan en la vista isométrica. Una vez hecho eso se hará uso de la herramienta *Cuadro de selección*, la cual permite aislar los elementos seleccionados en una vista 3D.

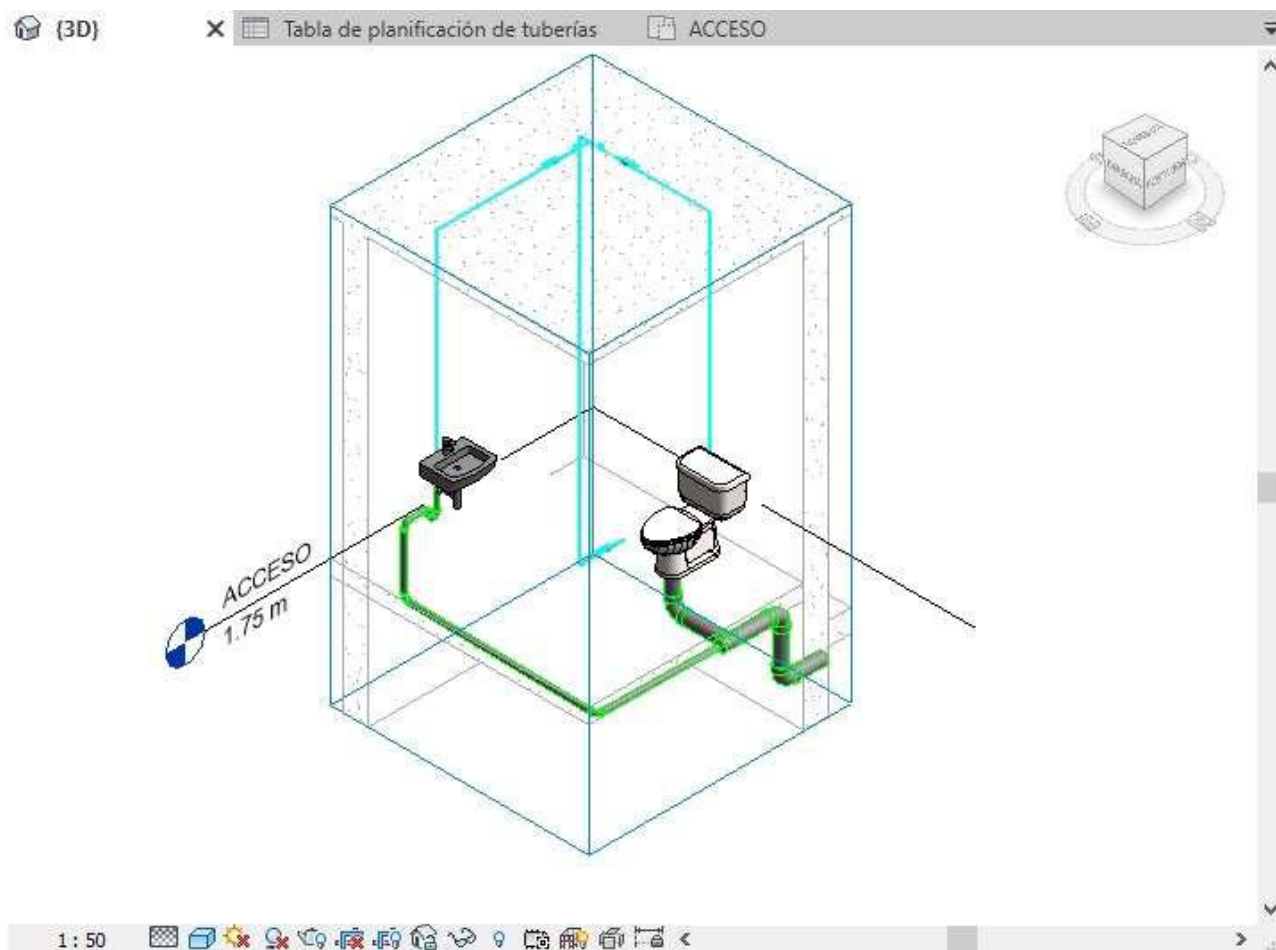


Figura 6.29. Vista isométrico instalación sanitaria

Como último paso, se bloqueará la vista para poder realizar anotaciones, asegurando que no se va a cambiar de posición. Simplemente se hará clic en el icono de la casa con un candado que puede verse en la parte inferior del cuadro de vista y se guardará.

Estos isométricos son una buena representación de la instalación, permitiendo una visualización en 3D en la que pueden añadirse etiquetas y anotaciones de forma que la instalación quede perfectamente definida.

6.3.4.3. Creación de planos

Una vez finalizado el modelado de las instalaciones resulta de utilidad poder plasmar esta información en planos. Revit permite, tal y como se ha explicado anteriormente, la creación de planos en los cuales puede incluirse la información contenida en diferentes vistas tanto 3D como en 2D, a la vez que añadir en ellos las tablas de planificación.

Para poder crear planos en Revit es importante tener claros algunos conceptos como el concepto de vista de plano, saber hacer uso de los filtros de visualización y hacer un correcto uso de las anotaciones. Todo ello será necesario para poder completar un plano el cual contenga información relevante que haga posible una mayor comprensión del proyecto.

Para poder realizar anotaciones sin que se alteren las vistas de plano que se han obtenido hasta ahora, hará uso de la herramienta de *Duplicar Vista*, generándose una nueva vista duplicada sobre la cual se añadirá información. Se duplicará dos veces la vista en planta del nivel de ACCESO, obteniéndose dos vistas sobre las cuales se añadirá la información que se quiera que aparezca en el plano de saneamiento y abastecimiento de agua.



Figura 6.30. Vistas de plano. Navegador de proyectos

Sobre dichos planos se realizarán también las secciones que permitan una mejor visualización de la instalación.

Para ambos planos se deberán crear filtros de vista que permitan desactivar la visualización de una de las instalaciones. Para la *Vista Plano 02- Saneamiento*, se creará un filtro de vista que permita que no se muestre la instalación de abastecimiento. El uso de filtros de vista resulta de gran utilidad principalmente para proyectos en los cuales se tenga una gran cantidad de elementos. Podría decirse que en cuanto a visualización hacen un papel parecido al de las *Capas* en CAD, ya que permiten ocultar elementos así como escoger el color y grosor de las líneas que representan los elementos que engloban.

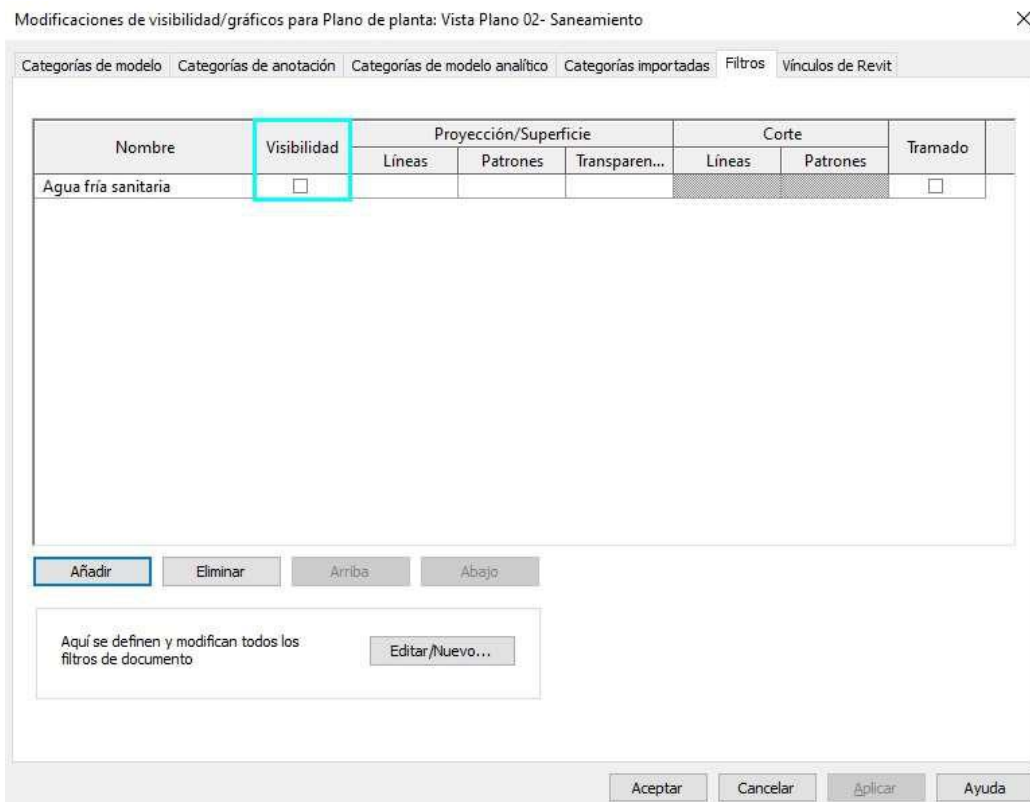


Figura 6.31. Filtros de visibilidad

El procedimiento sería análogo en la *Vista Plano 03- Abastecimiento* para conseguir mostrar solamente el sistema de abastecimiento de agua fría sanitaria.

A la hora de colocar las vistas es importante atender a la escala a la que se encuentra en plano de planta, sección o vista en general que se quiera colocar. Una herramienta útil resulta poder recortar la región de la vista que se quiera ver en el plano. Esta función se encuentra en la parte inferior del área de trabajo.

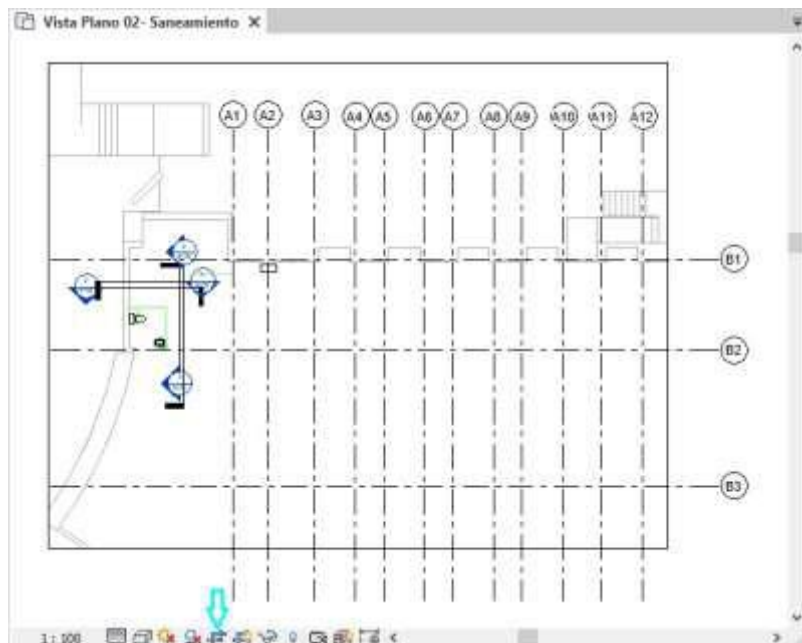


Figura 6.32. Recorte de vista

Para estas instalaciones sanitarias se crearán 3 planos diferentes, uno de ellos donde se pueda ver una representación isométrica de ambas instalaciones junto con las tablas de planificación, otro plano donde se encuentren etiquetadas todas las tuberías del de saneamiento y abastecimiento a partir de vistas en plante y secciones.

Desde el navegador de proyectos se podrá controlar la generación de planos y la información que contienen.

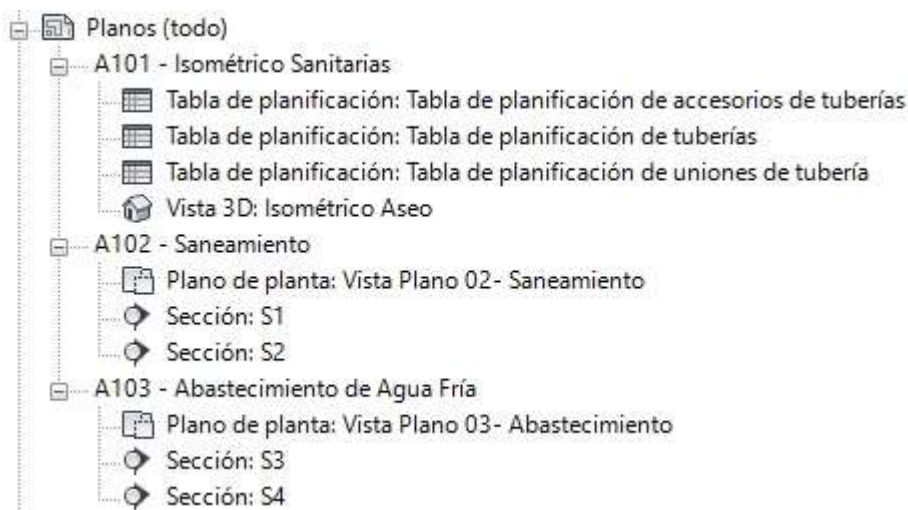


Figura 6.33. Visualización contenido de planos. Navegador de proyectos

7 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

7.1. Introducción

El objeto de este apartado será exponer todo el desarrollo llevado a cabo en la realización de la instalación proyectada para el suministro eléctrico de la edificación, de acuerdo a las condiciones y garantías mínimas exigidas por los reglamentos y normas vigentes.

Para ello, en primer lugar se hará un estudio de la disposición de todos los elementos que tienen una demanda de energía eléctrica. Para este proyecto en concreto, tendrá que asegurarse un correcto suministro eléctrico a las luminarias y tomas de corriente en cada uno de los espacios. El cálculo y disposición de las luminarias se hará con ayuda del software Dialux, con el cual se va a poder ser capaz de dotar a cada una de las zonas de del edificio de unas condiciones adecuadas de iluminación de acuerdo con la normativa vigente.

Una vez hecho esto, se procederá con el diseño y dimensionado de la instalación haciendo uso de Revit. Se detallarán y justificarán las soluciones tomadas para la instalación de baja tensión abarcando desde la acometida hasta los diferentes puntos de consumo eléctrico.

De las tres disciplinas de instalaciones que presenta Revit, las instalaciones eléctricas son las que presentan más carencias en cuanto al modelado. Esto puede deberse a que quizás a la hora de diseñar instalaciones eléctricas no es tan importante atender a priori cuestiones geométricas, como si ocurre para otro tipo de instalaciones. Con esto puede decirse que se atenderá más a un modelado desde el punto de vista analítico que geométrico.

Se complementará el estudio realizado en Revit con el correspondiente diagrama unifilar de la instalación.

7.2. Iluminación

Este apartado abarcará todas las cuestiones relacionadas con el diseño del sistema de iluminación a implantar en el proyecto.

La edificación presenta un total de 6 espacios que es necesario iluminar. Todos ellos vienen especificados en la tabla 7.1 y ya han sido representados en planta anteriormente.

ESPACIO	SUPERFICIE (m ²)
Planta acceso principal	423.66 m ²
Aseo	6.78 m ²
Habitación 1	10.01 m ²
Habitación 2	6.93 m ²
Habitación 3	7.27 m ²
Coro	56.71 m ²

Tabla 7.1. Definición de espacios

En lo que sigue, se atenderá a todo lo relacionado con el nivel de luminosidad en cada una de las zonas del edificio. En todas ellas se opta por un alumbrado general, el cual promete obtener una iluminación uniforme sobre toda la superficie que se desea iluminar. Se tiene como objetivo que el alumbrado sea capaz de transmitir la calidad y cantidad óptima de luz para cada uno de los espacios, en función de su situación y uso.

Para ello, se hace uso de la Norma europea sobre la iluminación para interiores (UNE 12464.1) aprobada en septiembre de 2002 por parte de la Comisión de Normalización Europea. En ella se encuentran los requisitos de iluminación en función de la actividad a desarrollar. Los aspectos más importantes que abarca esta norma son los siguientes:

- Nivel de iluminación
- Rendimiento
- Confort visual
- Rendimiento de colores

7.2.1. Características luminotécnicas generales

Definimos luminotecnia como la técnica que estudia las diferentes formas de producción de luz, así como su aplicación y control.

Estas son algunas de las **magnitudes luminotécnicas** fundamentales:

- Flujo luminoso: es la magnitud que mide la potencia o caudal de energía de la radiación luminosa y se define como la potencia emitida como radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible. Se mide en lumen (lm).
- Eficiencia luminosa: expresa el rendimiento energético de una lámpara y mide la calidad de la fuente como un instrumento destinado a producir luz por la transformación de energía eléctrica en energía radiante visible.
- Iluminancia (o nivel luminoso): es el flujo luminoso que incide sobre la unidad de superficie. La unidad del flujo luminoso es el **lux** (lx), que se define como la iluminación que tiene una superficie de un metro cuadrado que recibe un flujo de un lumen.
- Intensidad luminosa: el flujo luminoso informa de la cantidad de luz que emite una fuente en todas las direcciones del espacio. Para saber el flujo que se distribuye en cada dirección se define la intensidad luminosa. La intensidad luminosa es una fuente de luz en una dirección dada. Su unidad de medida es la candela (cd).
- Índice de deslumbramiento: es el fenómeno de la visión que produce molestia o disminución en la capacidad de diferenciar objetos, o ambas cosas a la vez, como consecuencia de contrastes excesivos en el espacio o en el tiempo. Se cuantifica con Índice de deslumbramiento unificado (UGR).

[23]

7.2.2. Tipos de lámparas

En el mercado existen diferentes tipos de lámparas, las cuales generalmente se escogen en función de las necesidades que presente el proyecto de iluminación en cuestión. Todas ellas tienen iluminar como función principal y podemos distinguir los siguientes tipos principales:

- a) **De incandescencia**: Se denomina lámpara incandescente al dispositivo que produce luz mediante el calentamiento por *efecto Joule* de un filamento metálico, hasta ponerlo al rojo blanco, mediante el paso de corriente eléctrica.

La lámpara incandescente es la más popular por su bajo precio y el color cálido de su luz. También es la que menor vida útil tiene, siendo esta de unas 1000 horas. No ofrece una buena reproducción de los colores y su eficacia es muy baja, ya que solo convierte en trabajo (luz visible) alrededor del 15% de la energía consumida. Otro 25% será transformado en energía calorífica y el 60% en ondas no perceptibles (luz ultravioleta e infrarroja) que acaban convirtiéndose en calor.

Existen dos tipos de lámparas incandescentes:

- Lámparas no halógenas: tienen una duración normalizada de 1000 horas, una potencia entre 25 y 2000 W y unas eficacias entre 7.5 y 11 lm/W para las lámparas de vacío y entre 10 y 20 para las rellenas de gas inerte. En la actualidad predomina el uso de las lámparas con gas,

reduciéndose el uso de las de vacío a aplicaciones ocasionales en alumbrado general con potencias de hasta 40 W.

- Lámparas halógenas: Tienen una eficacia luminosa de 22 lm/W con una amplia gama de potencias de trabajo (150 a 2000W) según el uso al que estén destinadas. Tienen un funcionamiento similar a las anteriores con la diferencia de que tienen una mayor vida útil.
- a) **De descarga**: producen luz mediante descargas eléctricas en gases o vapores metálicos presentes en el interior de la ampolla. Se clasifican según el gas utilizado o la presión a la que este se encuentre, presentando propiedades muy diversas en función de dicha clasificación y por tanto haciéndolas más o menos adecuadas para uno usos u otros:
- De mercurio: a baja presión equivaldría a lo que conocemos como lámpara fluorescente, en la que la luz es producida mediante polvos fluorescentes activados por la energía ultravioleta descargada. Los de alta presión, en los que la descarga contiene una pequeña cantidad de mercurio ofrecerán una mayor eficacia lumínica.
 - De sodio: existen también tanto de alta como baja presión, siendo la principal diferencia entre ellas que en las de alta presión encontramos una mayor eficacia.
- b) **LED**: el LED es un diodo emisor de luz. Se trata de un dispositivo semiconductor que emite luz en presencia de corriente eléctrica. Su nombre viene de las siglas en inglés *Light Emitting Diode* (diodo emisor de luz). La luz se genera por la liberación de fotones (luz) debido a electrones que cambian de nivel de energía durante su desplazamiento por el material semiconductor (diodo). A continuación enumeramos algunas de las ventajas que presentan este tipo de lámparas:
- Mayor resistencia a golpes y vibraciones que las lámparas convencionales.
 - Larga vida útil, llegando a alcanzar 100.000 horas.
 - Mayor rendimiento que las lámparas convencionales. Esto quiere decir que son capaces de convertir una mayor proporción de electricidad en energía luminosa.
 - Más baratos y fáciles de fabricar.
 - No emiten radiaciones ni son contaminantes.
 - Tampoco emiten calor.

[24],[25].

En este proyecto se optará por bombillas tipo LED, teniendo en cuenta todas las ventajas anteriormente descritas que presentan este tipo de lámparas.

7.2.3. Selección de luminarias

Como proveedor de luminarias se ha escogido la empresa *Lumenwerx*, dedicada principalmente al suministro de luminarias LED.

Estos son algunos de los parámetros fundamentales que presentan los diferentes tipos de luminarias y a los cuales se ha de atender para la selección de las mismas:

- Flujo luminoso: es importante saber la cantidad de lúmenes que la lámpara es capaz de emitir. Cuantos más lúmenes sea capaz de emitir una lámpara podremos alcanzar unos niveles de luminosidad mayores.
- Consumo en vatios (W): informa de la cantidad de energía eléctrica que va a consumir la lámpara.
- Color de la luz: El tipo de color de la luz viene indicado en la bombilla a través de los grados Kelvin que se especifique que tiene. Las bombillas pueden tener 3 tipos de luz: Blanco cálido, blanco frío o blanco puro.
- LPW (Lumen per watts): Parámetro que expresa la cantidad de vatios que consumen la lámpara por lumen emitido. Es una muestra de la eficiencia de la lámpara.

Con carácter general para toda la instalación, el flujo luminoso para cada lámpara se seleccionará dependiendo de la zona en la que vaya ubicada dicha lámpara, el consumo de vatios se pretenderá que siempre sea el más óptimo posible y para todas las estancias se escogerá una temperatura de color de 4000 K.

Se han seleccionado 4 tipos de luminarias:

- a) **POP CORE ROUND 48 LED:** tal y como la describe el fabricante este tipo de luminaria se presenta en un sencillo y uniforme difusor de luz con forma redonda de 48 pulgadas que es capaz de entregar hasta 128 LPW. Están pensadas para distribuir las en el techo de la planta principal de acceso. Con estas luminarias conseguimos una proyección de la iluminación directa e indirecta, quedando iluminada la iglesia en la totalidad de sus espacios.



Figura 7.1. Luminaria Pop Core Round 48 LED [26]



Tabla 7.2. Propiedades luminaria Pop Core Round 48 LED [26]

- b) **FORTEX 2 LED:** Fortex 2 es una luminaria de pared versátil, distintiva y elegante. Tiene una extensión de 4 pulgadas en la pared. Esta luminaria consta de dos nítidos lados de aluminio extruido de 4.25''x1.5'', cubiertos por una óptica. Estas luminarias están pensadas para disponerlas lateralmente en las paredes de la planta de acceso principal, creando varios puntos de luz.

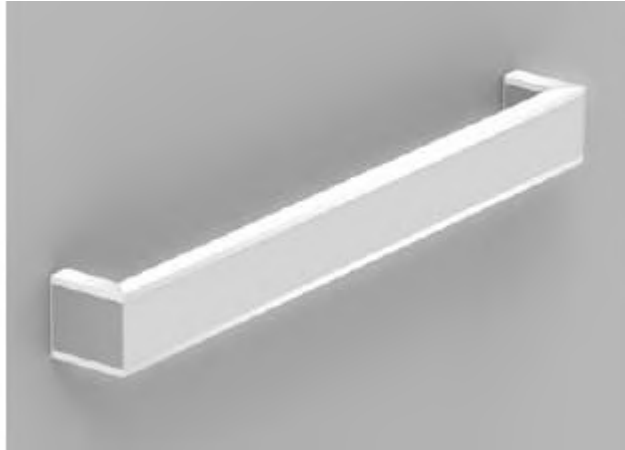


Figura 7.2. Luminaria Fortex2 LED [26]

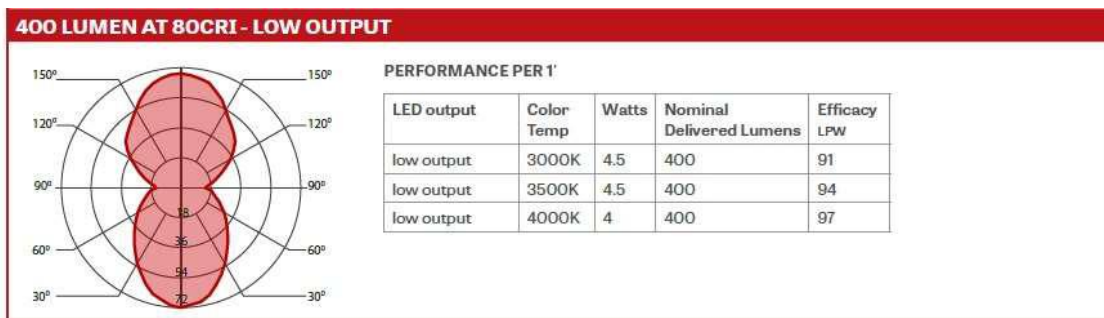


Tabla 7.3. Propiedades luminaria Fortex2 LED [26]

- c) **PRIMO 2X2 LED:** Luminaria cuadrada con un diseño que logra una consistencia luminosa y en general comodidad visual desde todos los ángulos de visión. Construida directamente sobre superficie.

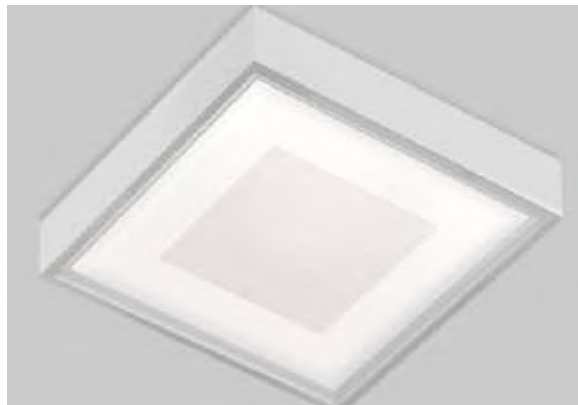


Figura 7.3. Luminaria Primo2x2 LED [26]



Tabla 7.4. Propiedades luminaria Primo2x2 LED [26]

d) SHELL ROUND SURFACE



Figura 7.4. Luminaria Shell Round Surface [26]



Tabla 7.5. Propiedades luminaria Shell Round Surface [26]

7.2.4. Iluminación interior. Estudio luminotécnico

A continuación se detallarán las diferentes demandas de iluminación de los distintos espacios de la edificación de acuerdo con la norma. Se ha tratado de alcanzar un nivel de iluminación óptimo en cada una de las estancias y de media en la totalidad de las mismas. Como se viene comentando, no todas las zonas van a tener la misma iluminación ya que en cada lugar se va a desarrollar una actividad diferente, por lo que se ha seleccionado para cada una de ellas una cantidad de luxes determinada buscando la iluminación adecuada.

ESPACIO	LUX
Planta acceso principal	200
Aseo	200
Habitación 1	300
Habitación 2	300
Habitación 3	300
Coro	300

Tabla 7.6. Cantidad de Lux según normativa

La determinación de la cantidad de luminarias necesarias para cada una de las estancias requiere de un estudio lumínico que tenga en cuenta la demanda de iluminación de cada zona, teniendo en cuenta todos los parámetros que afectan en el nivel de luminosidad.

Para realizar el estudio lumínico de este proyecto se hará uso del software Dialux evo 9.1. Este programa es un software gratuito que permite la creación de proyectos de iluminación profesionales. Constituye una herramienta ampliamente extendida en el sector de la iluminación en todo el mundo, facilitando la tarea del diseño de sistemas de iluminación tanto para exteriores como interiores. Dialux funciona de acuerdo a normativas europeas, por lo que realizará cálculos válidos de acuerdo con la normativa vigente, permitiendo agilizar el estudio luminotécnico del proyecto.

El procedimiento a seguir sería importar el modelo de Revit mediante un archivo IFC y poder obtener dicho modelo sobre Dialux pudiendo trabajar sobre este directamente. Una vez más, puede verse como BIM busca trabajar sobre un mismo modelo, ofreciendo la compatibilidad de archivos entre diferentes softwares.

Sin embargo, en este caso en concreto se han presentado diferentes inconvenientes que han hecho que finalmente no pueda estudiarse el modelo completo dentro de Dialux. La presencia de muros cortina y la diferencia de alturas que presenta el edificio, hacen que no queden bien delimitados los diferentes espacios y que por tanto Dialux no reconozca correctamente las zonas a estudio.

Se adoptará como solución ante esto el estudio de las diferentes estancias en Dialux de forma independiente, construyendo dentro de este mismo software cada una de las estancias a partir de planos en planta intentando recrear el modelo lo más semejante posible. Con esto se estaría perdiendo la efectividad de estudio del conjunto completo, en la que se obtendría como resultado una solución más óptima, pero se obtendrá una solución válida que cumpla con la normativa.

Los planos de planta a partir de los cuales se llevará a cabo la construcción del modelo dentro de Dialux se exportaran desde Revit en formato CAD. Se han recreado lo más exactamente posible los espacios, respetando las dimensiones y materiales de los mismos. Como ejemplo a continuación se explicará todo el proceso llevado a cabo para el estudio lumínico de la zona principal de la planta de acceso, entendiendo que para el resto de estancias se hará un procedimiento semejante.

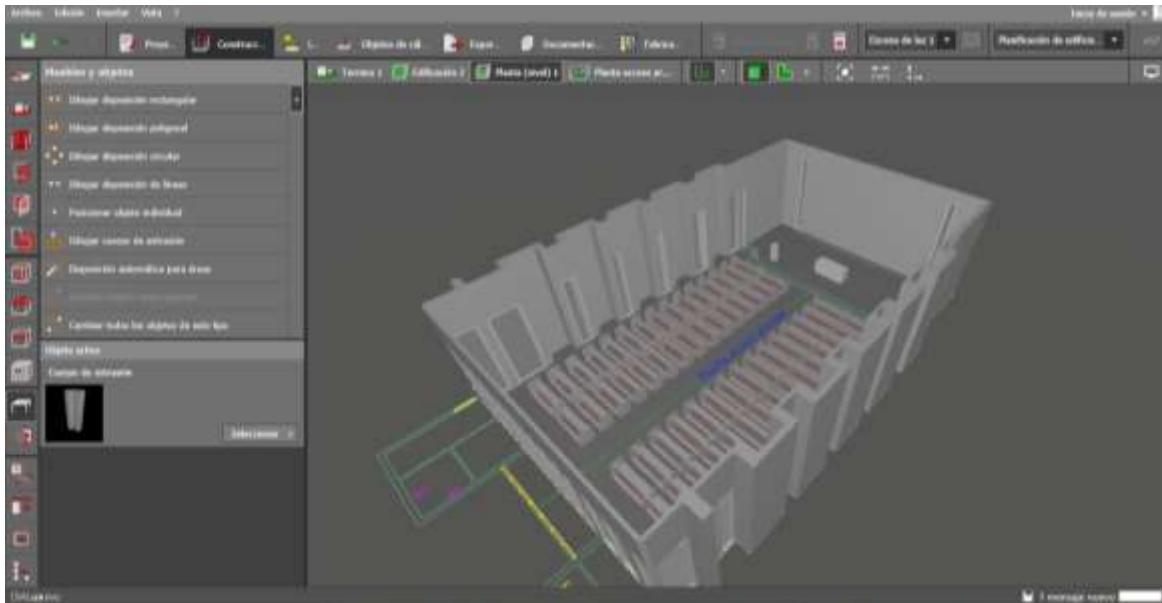


Figura 7.5. Construcción modelo en Dialux

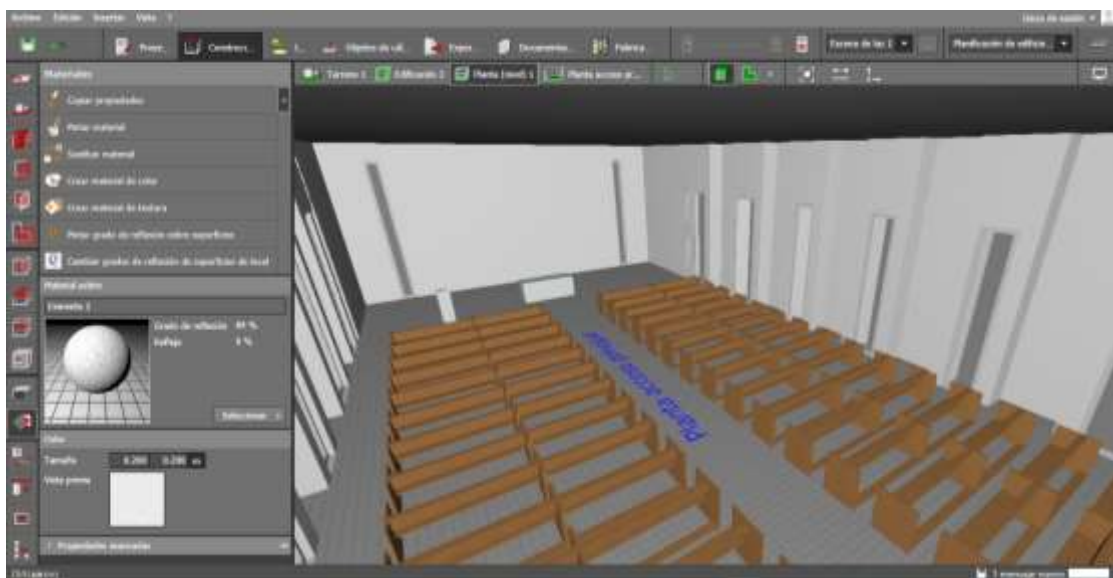


Figura 7.6. Asignación de materiales al modelo en Dialux

A la hora de especificar el tipo de actividad a desarrollar, dado que no existe la opción de templo o lugar de culto, se asemejará este tipo de actividad a la de un teatro/sala de espectáculos.

Una vez queda definido el modelo arquitectónico se puede comenzar con el estudio lumínico. Para trabajar en la iluminación del proyecto debe atenderse al menú de *Luz* y lo primero que se hará es cargar en el programa las fotometrías de las lámparas que se han definido previamente. El distribuidor de luminarias escogido proporciona archivos con las fotometrías de las lámparas. Para la iluminación de la planta principal de acceso se escogió el modelo de lámpara POP CORE 48- ROUND, por lo que será este modelo el que cargaremos en Dialux.



Figura 7.7. Visualización propiedades luminaria en Dialux

A continuación, se selecciona la opción *Disposición automática de áreas*. Automáticamente el software coloca sobre el área indicada la cantidad de luminarias necesaria para que se cumpla el nivel de iluminación exigido. Para este caso, se ve en la figura 7.8. como para alcanzar los 200 lux es necesaria la disposición de un total de 6 luminarias, mostrándose también la ubicación que necesariamente debe tener cada una de ellas.

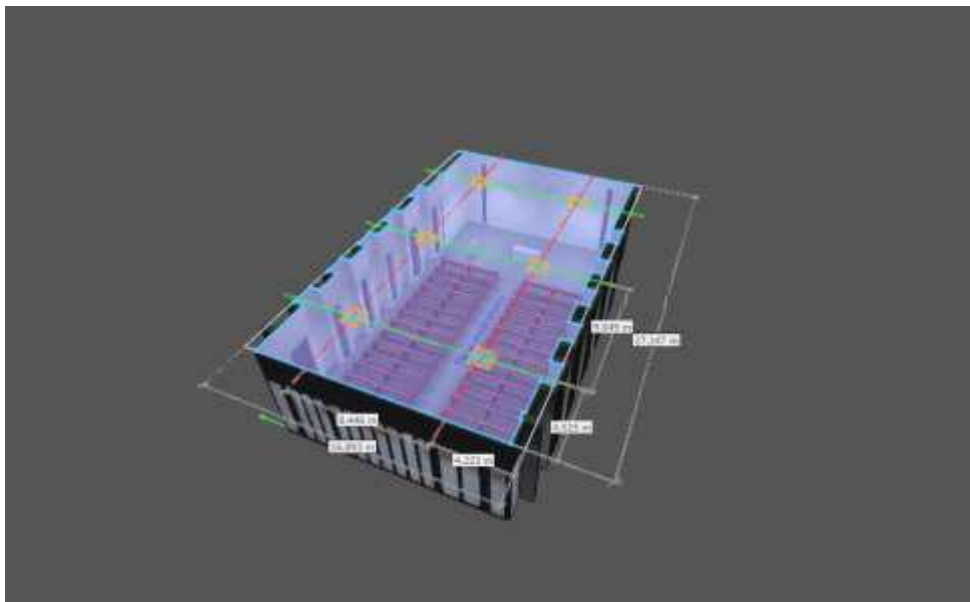


Figura 7.8. Estudio lumínico en Dialux (1)

En la ventana de acciones, atendiendo a la pestaña de *Calculador estimativo* podemos ver que según esta estimación de los cálculos se ha alcanzado el objetivo de lux definido por la normativa que en este caso eran 200 lux, ya que esta disposición de luminarias ofrece 265 lux.



Figura 7.9. Cálculo estimativo de lux en Dialux

Sin embargo este resultado no representa la iluminación final que va a tener la estancia. Para poder hacer un cálculo más óptimo y saber la iluminación de una forma más exacta que se va a tener, se hará clic en la opción *Proyecto completo*, en la parte superior derecha de la barra de herramientas horizontal. Con esto, Dialux comenzará a hacer cálculos de iluminación teniendo en cuenta todos los parámetros que intervienen en el nivel de iluminación final del área a estudio. En la parte derecha de la pantalla, se obtienen los resultados de estos cálculos, en los que se puede observar como en este caso se ha reducido el número de lux en comparación con la estimación anterior. Según este nuevo cálculo estimativo no se estarían cumpliendo las exigencias lumínicas establecidas por la norma, ya que con esta distribución de luminarias solo se llega a los 141 lux.

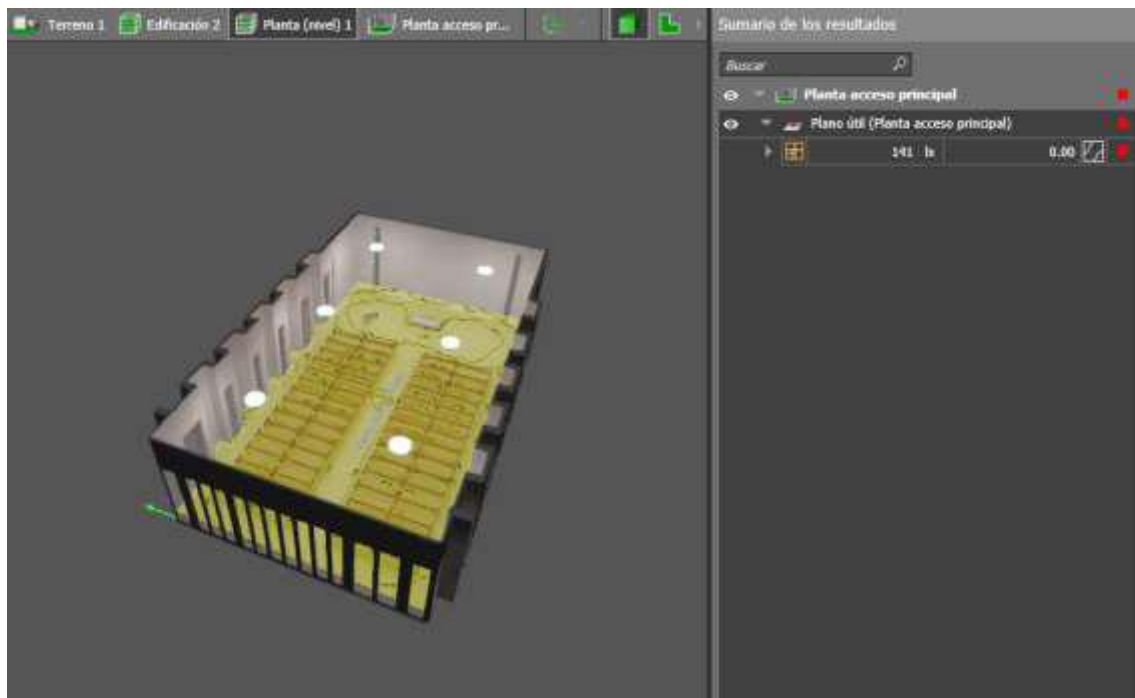


Figura 7.10. Estudio lumínico en Dialux (2)

Dada esta situación, se plantean dos opciones: modificar la altura de las luminarias o añadir más luminarias. Para nuestro proyecto optaremos por una combinación de ambas. Se realizará un nuevo cálculo con Dialux estableciendo una altura de montaje para las luminarias de 5 m y además se añadirán dos luminarias más a cada fila, sumando un total de 8 luminarias.

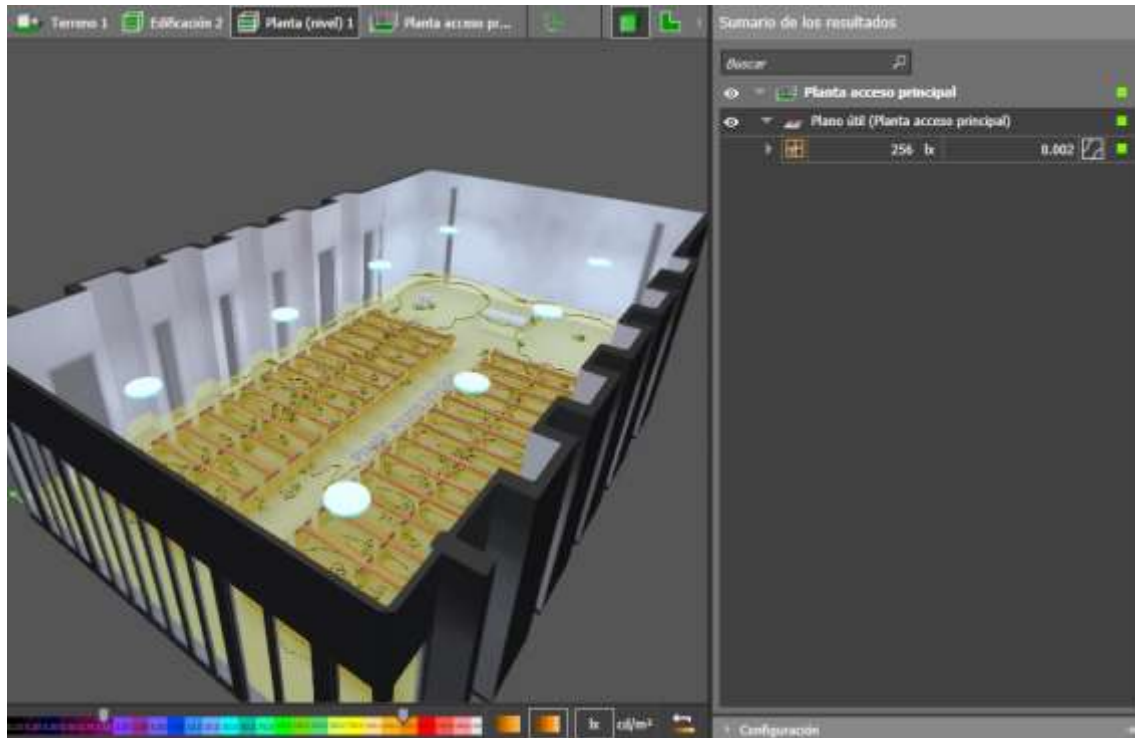


Figura 7.11. Estudio lumínico en Dialux (3)

En la figura 7.11 puede observarse cómo con estas modificaciones se obtiene un resultado válido, ya que esta nueva configuración del sistema de luminarias hace que se alcancen los 200 lux. Por tanto, de esta forma es como quedará definido en el proyecto el sistema de iluminación de la planta principal de acceso. Se añadirán además en los laterales los apliques de led especificados anteriormente para crear puntos de luz.

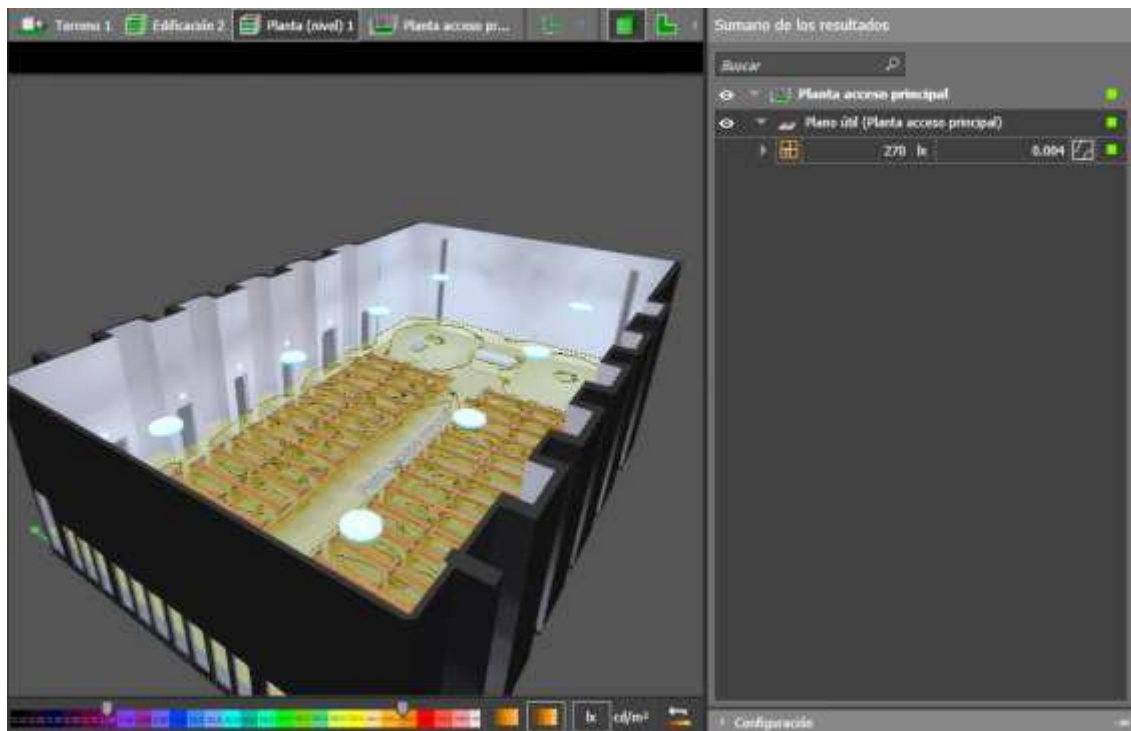


Figura 7.12. Resultado estudio lumínico en Dialux

Para el resto de estancias se seguirá un procedimiento completamente análogo al que se acaba de describir, obteniendo como resultado la cantidad de luminarias necesarias para cada una de ellas.

ESPACIO	LUMINARIA	UNIDADES
Planta acceso principal	POP CORE ROUND 48 LED- 14000-4500 Lumen - 4000K	8
	FORTEX 2 LED- 400 Lumen – 4000K	12
Aseo	SHELL ROUND SURFACE 12” -1200 Lumen	2
Habitación 1	SHELL ROUND SURFACE 12” -1200 Lumen	3
Habitación 2	SHELL ROUND SURFACE 12” -1200 Lumen	2
Habitación 3	SHELL ROUND SURFACE 12” -1200 Lumen	2
Coro	PRIMO 2X2 LED SURFACE – 4200 Lumen – 4000K	6

Tabla 7.7. Tipos y cantidad de luminarias en cada una de las zonas

7.2.5. Iluminación de emergencia (ITC-BT-28)

Dado que este local que ocupa el proyecto ha quedado clasificado como local de pública concurrencia, contará con el correspondiente alumbrado de emergencia.

Suministros complementarios o de seguridad

Este establecimiento no contará con suministro complementario ya que su capacidad es inferior a 300 personas.

Alumbrado de emergencia

Tiene por objeto asegurar, en caso de fallo de la alimentación al alumbrado normal, la iluminación en los locales y accesos hasta las salidas, para una eventual evacuación del público o iluminar otros puntos que se señalen.

La alimentación del alumbrado de emergencia será automática con corte breve (alimentación automática disponible en 0.5 s como máximo).

La puesta en funcionamiento del alumbrado de emergencia (de seguridad en este caso), se realizará al producirse la falta de tensión en los circuitos alimentados por los diferentes suministros procedentes de la empresa distribuidora de energía eléctrica, o cuando aquella tensión descienda por debajo del 70% de su valor nominal.

Alumbrado de seguridad

Este tipo de alumbrado es el previsto para la garantía de seguridad de aquellas personas que evacuen una zona.

La instalación de este alumbrado será fija y estará provista de propias fuentes de energía. Para este proyecto se utilizarán aparatos autónomos de diferente intensidad lumínica en función del local a iluminar.

Alumbrado de evacuación

Es la parte del alumbrado que tiene por objetivo el correcto reconocimiento de las distintas rutas de evacuación.

En rutas de evacuación, el alumbrado de evacuación debe proporcionar a nivel de suelo y en el eje de los pasos principales una iluminación horizontal mínima de 1 lux.

Lugares en los que se debe instalar el alumbrado de emergencia

Será obligatorio situar el alumbrado de seguridad en las siguientes zonas:

1. Aseos
2. Salidas del recinto

3. Todo cambio de dirección en la ruta de evacuación
4. A menos de 2 m de las escaleras, de modo que cada tramo de escalera reciba una iluminación directa
5. A menos de 2 m de cada equipo manual destinado a la extinción de incendios
6. En el cuadro de distribución de la instalación eléctrica

7.2.6. Receptores de alumbrado (ITC-BT-44)

Las luminarias serán conformes a los requisitos establecidos en las normas de la serie UNE-EN 60598. La masa de las luminarias suspendidas excepcionalmente de cables flexibles no debe exceder de 5 Kg. Los conductores, que deben ser capaces de soportar este peso, no deben presentar empalmes intermedios y el esfuerzo deberá realizarse sobre un elemento distinto del borne de conexión. Las partes metálicas accesibles de las luminarias que no sean de Clase II o Clase III, deberán tener un elemento de conexión para su puesta a tierra, que irá conectado de manera fiable y permanente al conductor de protección del circuito.

El uso de lámparas de gases con descargas a alta tensión (neón, etc.), se permitirá cuando su ubicación esté fuera del volumen de accesibilidad o cuando se instalen barreras o envolventes separadoras. En instalaciones de iluminación con lámparas de descarga realizadas en locales en los que funcionen máquinas con movimiento alternativo o rotatorio rápido, se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la posibilidad de accidentes causados por ilusión óptica originada por el efecto estroboscópico.

Los circuitos de alimentación estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque. Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1.8 veces la potencia en vatios de las lámparas. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase. Será aceptable un coeficiente diferente para el cálculo de la sección de los conductores, siempre y cuando el factor de potencia de cada receptor sea mayor o igual a 0.9 y si se conoce la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas y las corrientes de arranque, que tanto éstas como aquéllos puedan producir. En este caso, el coeficiente será el que resulte.

En el caso de receptores con lámparas de descarga será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0.9. En instalaciones con lámparas de muy baja tensión (p.e. 120 V) debe preverse la utilización de transformadores adecuados, para asegurar una adecuada protección térmica, contra cortocircuitos y sobrecargas y contra los choques eléctricos. Para los rótulos luminosos y para instalaciones que los alimentan con tensiones asignadas de salida en vacío comprendidas entre 1 y 10 kV se aplicará lo dispuesto en la norma UNE-EN 50.107.

7.3. Previsión de potencia

En este apartado se va a determinar la potencia total demandada por la instalación a partir de los consumos previstos de los receptores de fuerza, alumbrado y otros usos que se puedan dar.

- **Potencia total de fuerza instalada**

Nivel	Zona	Elemento	Unidades	Potencia Unitaria	Potencia instalada
				W/d	W
P.b	Acceso Principal	Tomas de corriente 16 A	10	3680	36800
		Ventilador	6	30	180
		Equipo sonido	2	80	160
		Megafonía	1	100	100
P.b	Aseo	Tomas de corriente 16 A	2	3680	7360
		Secador manos	1	1800	1800
P.b	Sala 2	Tomas de corriente 16 A	2	300	7360
P.b	Sala 3	Tomas de corriente 16 A	2	300	7360
		Ventilador	1	30	
P.1	Coro	Tomas de corriente 16 A	4	300	14720
		Equipo sonido	1	80	80
TOTAL					42800

Tabla 7.8. Previsión de potencia total fuerza instalada

- **Potencia total iluminación instalada**

Nivel	Zona	Luminaria	Uds	Potencia Unitaria	Potencia instalada
				W/d	W
P.b	Acceso Principal	POP CORE ROUND 48 LED- 14000-4500 Lumen - 4000K	8	151.5	1212
		FORTEX 2 LED- 400 Lumen – 4000K	12	4	48
P.b	Aseo	SHELL ROUND SURFACE	2	13.2	26.4
P.b	Sala 1	SHELL ROUND SURFACE	2	13.2	26.4
P.b	Sala 2	SHELL ROUND SURFACE	3	13.2	39.6
P.b	Sala 3	SHELL ROUND SURFACE	2	13.2	26.4
P.1	Coro	PRIMO 2x2 LED SURFACE	6	43	258
Luces emerg.		Luz emerg.	30	3	90
TOTAL					1726.8

Tabla 7.9. Previsión de potencia total iluminación instalada

- **Previsión potencia equipos aire acondicionado**

Además de las exigencias que presenta el edificio, se tendrá en cuenta a la hora del diseño de la red eléctrica una previsión de potencia para una posible instalación de aire acondicionado.

Para dicha previsión de potencia se hará una estimación haciendo uso del reglamento de ventilación RITE, en el que a partir de la ocupación y de las dimensiones del establecimiento va a ser posible determinar la cantidad de frigorías que harían falta.

Las frigorías al igual que los vatios constituyen unidades de medida que expresan potencia para los sistemas de refrigeración y aire acondicionado. Al hablar de frigorías hablamos de potencia térmica, que refiere a la capacidad de refrigeración o calefacción de un equipo. Para este apartado interesa determinar la potencia eléctrica, que es la que indica el consumo eléctrico que los aparatos producen. Ambos aspectos se relacionan ya que se deberán escoger máquinas de ventilación acordes con las demandas que presenta el edificio.

En este trabajo no se va a incluir cómo sería el cálculo exhaustivo de los requerimientos del edificio en cuanto a ventilación. Simplemente teniendo en cuenta algunos aspectos se hará una estimación de un consumo de potencia de **20000 W** para una posible instalación de ventilación en un futuro. Dicha instalación se supone que contará con dos equipos de ventilación que supondrán un consumo de 1000 W cada uno y cuatro máquinas de aire acondicionado con un consumo por máquina de 4500 w.

Resulta por lo tanto un total de potencia instalada:

POTENCIA TOTAL INSTALADA (W)	
FUERZA	62800
ILUMINACIÓN	1726.8
TOTAL	64526.8

Tabla 7.10. Total potencia instalada

Una vez determinada la potencia total instalada, se deberá proceder a realizar una estimación de la potencia real necesaria. Para ello se hará uso de factores de simultaneidad y de uso, de forma que se obtengan valores más acordes a las necesidades reales que presenta la instalación.

Nivel	Zona	Elemento	Potencia instalada (W)	Factor de uso	Factor de simultaneidad	Previsión de carga
P.b	Acceso Principal	Tomas de corriente 16 A	36800	1	0.1	3680
		Ventilador	180	0.9	1	162
		Equipo de sonido	160	0.9	1	144
		Megafonía	100	0.9	1	90
P.b	Aseo	Tomas de corriente 16 A	7360	1	0.1	736
		Secador de manos	1800	0.9	1	1620
P.b	Sala 2	Tomas de corriente 16 A	7360	1	0.1	736
P.b	Sala 3	Tomas de corriente 16 A	7360	1	0.1	736
		Ventilador	30	0.9	1	27
P.1	Coro	Tomas de corriente 16 A	7360	1	0.1	736
		Equipo sonido	80	0.9	1	72
		Ventilación	20000	-	-	20000
TOTAL						28739

Tabla 7.11. Estimación de potencia total fuerza necesaria

Para la previsión de carga del sistema de iluminación, se aplicará un coeficiente de simultaneidad global.

Potencia total iluminación instalada (W)	Factor de simultaneidad global	Previsión de carga (W)
1936.8	1	1726.8

Tabla 7.12. Estimación de potencia total iluminación necesaria

Una vez queda determinada de esta forma la previsión de carga tanto para la instalación de fuerza como iluminación, se podrá obtener un valor de potencia de cálculo para el proyecto.

PREVISIÓN POTENCIA FUERZA	28739 W
PREVISIÓN POTENCIA ILUMINACIÓN	1726.8 W
POTENCIA DE CÁLCULO	30465.8 W

Tabla 7.13. Potencia de cálculo

Con esto se ha calculado la potencia eléctrica necesaria para este edificio. Teniendo en cuenta factores de simultaneidad y uso se consigue tener en cuenta de mejor forma las necesidades de consumo y no contratar más potencia de la que realmente se necesita.

7.4. Características generales de la instalación eléctrica

El suministro de energía eléctrica se llevará a cabo en baja tensión. La instalación eléctrica partirá del centro de transformación hasta llegar al cuadro general de distribución, del cual se alimentarán tanto cada uno de los receptores de fuerza y alumbrado como los cuadros auxiliares.

El suministro eléctrico se llevará a cabo a través de una red de baja tensión, siendo la tensión de cálculo y de distribución de 230V entre fase y neutro.

La energía eléctrica se tomará de la red de Baja tensión que la compañía suministradora de electricidad posea en la zona, siendo la tensión existente de 230/400 V entre fases y fase-neutro respectivamente. Para esta instalación, atendiendo a las necesidades de demanda de potencia se contratará una potencia mínima de 31kW. Dado que no se alcanza la demanda de 100 kW, no es necesario que la instalación esté dotada de un propio centro de transformación.

7.4.1. Acometida

Es la parte de la instalación de la Red de distribución que alimenta la caja general de protección o unidad funcional equivalente (CGP). Esta línea está regulada por la ITC-BT 11. No forma parte de la instalación de enlace y es responsabilidad de la empresa suministradora.

Atendiendo a su trazado, al sistema de instalación y a las características de la red, se distinguen los siguientes tipos de acometidas:

TIPO	SISTEMA DE INSTALACIÓN
Aéreas	- Posada sobre fachada - Tensada sobre poste
Subterráneas	- Con entrada y salida - En derivación
Mixtas	- Aero-Subterráneas

Tabla 7.14. Tipos acometidas

En este caso, será subterránea y por tanto los cables deberán cumplir los requisitos de la ITC-BT-07.

Los conductores de los cables utilizados serán de cobre o aluminio y estarán aislados con mezclas apropiadas de compuestos poliméricos. Los cables podrán ser de uno o más conductores y de tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV. Además deberán cumplir los requisitos especificados en la parte correspondiente de la Norma UNE-HD 603. La sección de estos conductores será adecuada a las intensidades y caídas de tensión previstas, y en todo caso, esta sección no será inferior a 6 mm² para conductores de cobre y 16 mm² para conductores de aluminio.

Para este proyecto los cables de acometida se definirán como conductores de aluminio unipolares, contando con aislamiento de polietileno reticulado XLPE y cubierta de PVC, con tensión asignada 0.6/1 kV. Se protegerán normalmente con tubo de polietileno de 160 mm de diámetro nominal en su paso hasta el nivel de la CGP, siguiendo las Normas UNE EN 50086-2-4 y UNE EN 50086-2-4/A1.

Tabla 1. Sección mínima del conductor neutro en función de la sección de los conductores de fase

Conductores fase (mm ²)	Sección neutro (mm ²)
6 (Cu)	6
10 (Cu)	10
16 (Cu)	10
16 (Al)	16
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

Tabla 7.15. Sección mínima del conductor neutro [27]

Los cálculos de la línea de la acometida no se incluirán en el modelo de Revit, por lo que quedan detallados a continuación.

- Cálculo acometida

Tensión de servicio: 400 V

Canalización: Enterrada bajo tubo (R. Subt)

Longitud: 5 m

Factor de potencia: 0.8

Potencia a instalar: 31000 W

Potencia de cálculo: $4500 \times 1.25 + 26500 = 32125$ W

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos(\varphi)}$$

$I = 32125 / (1.732 \times 400 \times 0.8) = 57.96$ A

Se escogen conductores Unipolares 4x16mm²Al

Aislamiento, Nivel de aislamiento: XLPE, 0.6/1 kV

Diámetro exterior tubo: 63 mm

7.4.2. Instalación de enlace

Se denominan instalaciones de enlace aquellas que unen la caja general de protección o cajas generales de protección, incluidas estas, con las instalaciones interiores o receptoras del usuario.

Comenzarán, por tanto, en el final de la acometida y terminarán con los dispositivos generales de mando y protección.

Una instalación de enlace queda constituida por las siguientes partes:

- Caja General de Protección (CGP): da alojamiento a los distintos elementos de protección para la línea de suministro. Consta en su interior de tres fusibles, uno para cada fase.
- Línea General de Alimentación (LGA): Es la línea que une el CGP con el cuadro principal que esté situado en el interior del edificio. Discurre entubada bajo tierra.
- Elementos de ubicación de contadores (CC)
- Derivaciones Individuales (DI):

- Caja Interruptor de Control de Potencia (IPC): limita el consumo de energía del usuario respecto a la potencia que haya contratado a la compañía, de forma que si la potencia consumida por los aparatos eléctricos es superior a la potencia contratada, se cortará el suministro inmediatamente.
- Dispositivos Generales de Mando y Protección (DGMP): Tiene por cometido la protección de toda la instalación interior frente a sobrecargas y cortocircuitos. También se encarga de la protección de los ocupantes del edificio contra contactos directos e indirectos.

Estas instalaciones se situarán y discurrirán siempre por lugares de uso común y quedarán de propiedad del usuario, que se responsabilizará de su conservación y mantenimiento.

- **Esquema de distribución**

Debemos seleccionar un sistema de puesta a tierra con el objetivo de limitar la tensión con respecto a tierra que se puedan presentar.

El esquema de distribución a seleccionar debe escogerse en función de las características técnicas y económicas de la instalación. Sin embargo existen casos en los que queda restringida dicha elección tal como ocurre en el caso a estudio.

El reglamento establece que el esquema de distribución para instalaciones receptores alimentadas directamente de una red de distribución pública de baja tensión debe ser el TT.

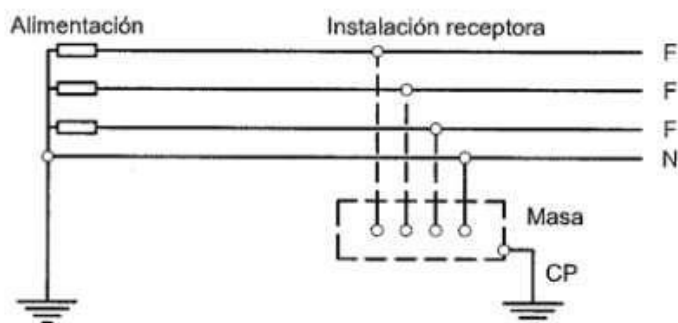


Figura 7.13. Esquema puesta a tierra TT [27]

- **Caja de protección y medida**

De acuerdo con la ICT-BT- 12, dado que el suministro va destinado a un único usuario no existe línea general de alimentación, por lo que se colocará en un único elemento la caja general de protección y el equipo de medida; dicho elemento se denominará caja de protección y medida, como se recoge en la ITC-BT-13, apartado 2. En consecuencia, el fusible de seguridad ubicado antes del contador coincide con el fusible que incluye una CGP. El esquema general para una instalación de enlace de único usuario se corresponde con la figura 7.14.

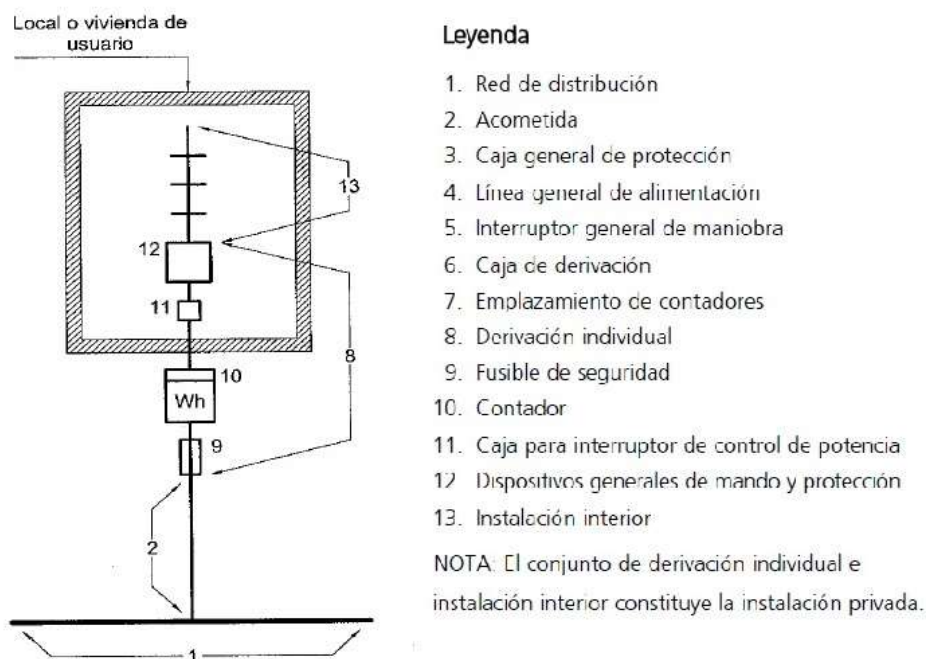


Figura 7.14. Esquema instalación de enlace usuario único [27]

El contador de la nueva instalación se instalará sobre la fachada principal, en un lugar libre y de permanente acceso. Su situación quedará reflejada en el posterior modelado de la instalación. Los dispositivos de lectura de los equipos de medida deberán quedar situados a una altura comprendida entre 0.7 y 1.8 m.

Las cajas de protección y medida a utilizar corresponderán a uno de los tipos recogidos en las especificaciones técnicas de la empresa suministradora que hayan sido aprobadas por la Administración Pública competente, en función del número y naturaleza del suministro. Dentro de las mismas se instalarán cortacircuitos fusibles en todos los conductores de fase, con poder de corte al menos igual a la corriente de cortocircuito prevista en el punto de su instalación.

En el nicho se dejarán previstos los orificios necesarios para alojar los conductos de entrada de la acometida.

Con la intensidad de cálculo determinada en la acometida, se seleccionará una caja CGP-7-63, cuya intensidad máxima de fusible es de 63 A. Puede comprobarse en la tabla 7.16.

Tabla 3.1: Cajas generales de protección (CGP) homologadas

Designación de la CGP	Bases		Intensidad máxima del fusible (A)
	Número	Tamaño	
CGP-7-63	3	22x58	63
CGP-7-100	3	00	100
CGP-7-160	3	0	160
CGP-7-250	3	1	250
CGP-7-400	3	2	400
CGP-9-160	3	0	160
CGP-9-250	3	1	250
CGP-9-400	3	2	400

Tabla 7.16. CGP homologadas [27]

• **Derivación individual**

Es la parte de la instalación que, partiendo de la caja de protección y medida, suministra energía eléctrica a una instalación de usuario. Comprende los fusibles de seguridad, el conjunto de medida y los dispositivos generales de mando y protección. Está regulada por la ITC-BT-15.

Los cables serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida – tipo RZ1-K (AS). Los cables con características equivalentes a las de la norma UNE 21.123 parte 4 ó 5 o a la norma une 211002 cumplen con esta prescripción.

La caída máxima de tensión admisible será menor de 1.5% en nuestro caso, al ser un único abonado.

La derivación individual estará constituida por conductores aislados en el interior de tubos enterrados o cañalatas. Se utilizarán conductores de cobre, aislados y unipolares, de tensión asignada 0.6/1 kV.

- **Cálculo DI**

Tensión de servicio: 400 V

Canalización: B-Unip. Tubos Supf.o emp. en obra

Longitud: 10 m

Factor de potencia: 0.8

Potencia a instalar: 31000 W

Potencia de cálculo: $4500 \times 1.25 + 26500 = 32125$ W

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos(\varphi)}$$

$I = 32125 / (1.732 \times 400 \times 0.8) = 57.96$ A

Se escogen conductores Unipolares 4x16+TTx16mm²Cu0

Aislamiento, Nivel de aislamiento: XLPE, 0.6/1 kV

Diámetro exterior tubo: 63 mm

Interruptor magnetotérmico tetrapolar: 63 A

• **Dispositivos generales e individuales de mando y protección**

El dispositivo general de mando y protección o C.G.M.P. se situará lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual.

Dado que la instalación se clasifica como local de pública concurrencia, se tomarán las precauciones necesarias para que los dispositivos de mando y protección no sean accesibles al público en general; por ello, se colocará un cuadro con puerta opaca y cerradura, a fin de evitar el fácil acceso a dichos dispositivos.

La altura a la cual se situarán los dispositivos generales e individuales de mando y protección de los circuitos, medida desde el nivel del suelo, estará comprendida entre 1 y 2 m.

El instalador fijará de forma permanente sobre el cuadro de distribución una placa en la que conste su nombre o marca comercial, fecha en la que se realizó la instalación, así como la intensidad asignada del interruptor general automático.

Los dispositivos generales e individuales de mando y protección serán:

- Un interruptor general automático de corte omnipolar, dotado de elementos de protección contra sobrecarga y cortocircuitos según la ITC-BT-22. Tendrá poder de corte suficiente para la intensidad de cortocircuito que pueda producirse en el punto de su instalación, 4.5 kA como mínimo.
- Por el tipo de instalación, un interruptor diferencial por cada grupo de circuitos, quedando protegidos todos los circuitos. Su principal función es la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos según la ITC-BT-24.

7.4.3. Instalaciones interiores

Tienen por finalidad la utilización de la energía eléctrica, pudiendo estar situadas tanto en el interior como en el exterior, con montaje aéreo, empotrado o enterrado.

La determinación de las características de la instalación deberá efectuarse de acuerdo con lo señalado en la Norma UNE 20.460-3.

• **Conductores**

Los conductores que se empleen en las instalaciones serán de cobre y siempre estarán aislados. La tensión asignada será 0.6/1 kV. La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea menor del 3% para el alumbrado y del 5% para los demás usos.

Por tratarse de un local de pública concurrencia, todos los cables a colocar en el interior del edificio serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida.

En instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles equilibrios/desequilibrios, la sección del conductor neutro será como mínimo igual a la de las fases. No se utilizará el mismo conductor neutro para varios circuitos.

Las intensidades máximas admisibles, se regirán en su totalidad por lo indicado en la Norma UNE 20.460-5-523 y su anexo Nacional. Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la siguiente tabla:

Sección conductores fase (mm ²)	Sección conductores protección (mm ²)
Sf < 16	Sf
16 < Sf < 35	16
Sf > 35	Sf/2

Tabla 7.17. Sección mínima conductores [27]

- **Identificación de conductores**

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respecta al conductor neutro y al conductor de protección. Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos. Cuando exista conductor neutro en la instalación o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, se identificarán estos éstos por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el color verde-amarillo. Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no se prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por colores marrón, negro o gris.

- **Subdivisión de las instalaciones**

Las instalaciones se subdividirán de forma que las perturbaciones originadas por averías puedan producirse en un punto de ellas, afecten solamente a ciertas partes de la instalación, por ejemplo a un sector del edificio, a una planta... etc., para lo cual los dispositivos de protección de cada circuito estarán adecuadamente coordinados y serán selectivos con los dispositivos generales de protección que les precedan.

Toda instalación se divide en varios circuitos, según las necesidades, a fin de:

- Evitar las interrupciones innecesarias de todo el circuito y limitar las consecuencias de fallo.
- Facilitar las verificaciones, ensayos y mantenimientos.
- Evitar los riesgos que podrían resultar del fallo de un solo circuito que pudiera dividirse, como por ejemplo si solo hay un circuito de alumbrado.

- **Equilibrado de cargas**

Para que se mantenga el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores que forman parte de una instalación, se procurará de aquella que quede repartida entre sus fases o conductores polares.

7.4.4. Prescripciones generales para locales de reunión (ITC-BT-28)

El local que nos ocupa en este trabajo, al tratarse de un templo queda clasificado como Local de Pública Concurrencia, de reunión, según queda recogido en la siguiente tabla presente en la ITC-BT-18.

Tabla A. Resumen de tipos de locales de pública concurrencia:

TIPOS DE LOCAL		EJEMPLOS	SERA LOCAL DE PÚBLICA CONCURRENCIA
1. Espectáculos y actividades recreativas		Cines, teatros, auditorios, estadios, pabellones de deportes, plazas de toros, hipódromos, parques de atracciones, ferias, salas de fiesta, discotecas, salas de juegos de azar.	siempre
2. Locales de reunión, trabajo y usos sanitarios	2.1. Locales de reunión	Templos, salas de conferencias y congresos, bares, cafeterías, restaurantes, museos, casinos, hoteles, hostales, zonas comunes de centros comerciales, aeropuertos, estaciones de viajeros, parking de uso público cerrado de más de 5 vehículos, asilos, guarderías,	siempre
		centros de enseñanza, bibliotecas, establecimientos comerciales, residencias de estudiantes, gimnasios, salas de exposiciones, centros culturales, clubes sociales y deportivos	Ocupación > 50 personas ajenas al local
	2.2. Locales de trabajo	Oficinas con presencia de público,	Ocupación > 50 personas ajenas al local
	2.3. Locales de uso sanitario	Hospitales, ambulatorios, sanatorios, consultorios médicos, clínicas	siempre Ocupación > 50 personas ajenas al local
3. Según dificultad de evacuación de cualquier local	3.1. BD2 (baja densidad de ocupación, difícil evacuación)	Edificios de gran altura, sótanos.	siempre
	3.2. BD3 (alta densidad de ocupación, fácil evacuación)	Locales abiertos al público: grandes almacenes	
	3.3. BD4 (alta densidad de ocupación, difícil evacuación)	Edificios de gran altura abiertos al público. Locales en sótanos, abiertos al público.	
4. Otros locales		Cualquier local no incluido en los otros epígrafes con capacidad superior a 100 personas ajenas al local	siempre
<p><i>Nota 1: Cuando un local pueda estar considerado bajo dos epígrafes, uno de ellos "siempre obligatorio" y el otro "depende de la ocupación", se tomará la condición de "siempre obligatorio".</i></p> <p><i>Nota 2: Cuando en un local sea difícil evaluar el número de personas ajenas al mismo o la dificultad de evacuación en caso de emergencia, se considerará el local como de pública concurrencia.</i></p>			

Tabla 7.18. Resumen tipos de locales pública concurrencia [27]

Por estar nuestra instalación en un local de pública concurrencia, cumplirá las condiciones de carácter general que a continuación se señalan:

- El cuadro general de distribución se colocará lo más cerca posible a la entrada de la derivación individual.
- El cuadro general se instalará en un lugar al que no tengan acceso el personal ajeno al mismo.
- Cerca de cada uno de los interruptores del cuadro se colocará una placa indicadora del circuito al que pertenecen.
- Los cables y sistemas de conducción de cables deben instalarse de manera que no se reduzcan las características de la estructura del edificio en la seguridad contra incendios.
- Los cables eléctricos a utilizar en las instalaciones de tipo general y en el conexionado interior de cuadros eléctricos en este tipo de locales, serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida. Se definirán además como libres de halógenos.

7.4.5. Protección contra sobrecargas (ITC-BT-22)

Todo circuito estará protegido contra los efectos de las sobrecargas que puedan presentarse en el mismo, para lo cual la interrupción de este circuito se realizará en un tiempo conveniente o estará dimensionado para las sobrecargas previsibles.

Las sobrecargas pueden estar motivadas por:

- a) Protección contra sobrecargas. El límite de intensidad de corriente admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizada por el dispositivo de protección utilizado. El dispositivo de protección podrá estar constituido por un interruptor automático de corte omnipolar con curva térmica de corte, o por cortocircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.
- b) Protección contra cortocircuitos. En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su conexión. Se admite, no obstante, que cuando se trate de circuitos derivados de uno principal, cada uno de estos circuitos derivados disponga de protección contra sobrecargas, mientras que solo un dispositivo general pueda asegurar la protección contra cortocircuitos para todos los circuitos derivados. Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistemas de corte omnipolar.
- c) Descargas eléctricas atmosféricas. La norma UNE 20.460-4-43 recoge todos los aspectos requeridos para los dispositivos de protección. La norma UNE 20.460-4-473 define la aplicación de las medidas de protección expuestas en la norma UNE 20.460-4-43 según sea por causa de sobrecargas o cortocircuito, señalando en cada caso su emplazamiento u omisión.

7.4.6. Protección contra sobretensiones (ITC-BT-23)

- **Categorías de las sobretensiones**

Las categorías indican los valores de tensión soportada a la onda de choque de sobretensión que deben de tener los equipos, determinando, a su vez, el valor límite máximo de tensión residual que deben permitir los diferentes dispositivos de protección de cada zona para evitar el posible daño de dichos equipos.

Se distinguen 4 categorías diferentes, indicando en cada caso el nivel de tensión soportada a impulsos, en kV, según la tensión nominal de la instalación.

Tensión nominal de la instalación		Tensión soportada a impulsos			
Sistemas III	Sistemas II	Categoría IV	Categoría III	Categoría II	Categoría I
230/400	230	6	4	2.5	1.5
400/690	1000	8	6	4	2.5

Tabla 7.19. Tensión nominal de la instalación [27]

Categoría I. Se aplica a los equipos muy sensibles a las sobretensiones y que están destinados a ser conectados a la instalación eléctrica fija (ordenadores, equipos electrónicos muy sensibles, etc.).

Categoría II. Se aplica a los equipos destinados a conectarse a una instalación eléctrica fija (electrodomésticos, herramientas portátiles y otros equipos similares).

Categoría III. Se aplica a los equipos y materiales que forman parte de la instalación eléctrica fija y a otros equipos para los cuales se requiere un alto nivel de fiabilidad (armarios de distribución, embarrados, aparatos: interruptores, seccionadores, tomas de corriente, etc., canalizaciones y sus accesorios: cables, caja de derivación, etc., motores con conexión eléctrica fija: ascensores, máquinas industriales, etc).

Categoría IV. Se aplica a los equipos y materiales que se conectan en el origen o muy próximos al origen de la instalación, aguas arriba del cuadro de distribución (contadores de energía, aparatos de telemedida, equipos principales de protección contra sobreintensidades, etc.).

- **Medidas para el control de las sobretensiones**

Se pueden presentar dos situaciones diferentes:

1. Situación natural: cuando no es preciso la protección contra las sobretensiones transitorias, pues se prevé un bajo riesgo de sobretensiones en la instalación (debido a que está alimentada por una red subterránea en su totalidad). En este caso se considera suficiente la resistencia a las sobretensiones de los equipos indicada en la tabla de categorías, y no se requiere ninguna protección suplementaria contra las sobretensiones transitorias.
2. Situación controlada: cuando es preciso la protección contra las sobretensiones transitorias en el origen de la instalación, pues la instalación se alimenta por, o incluye, una línea aérea con conductores desnudos o aislados.

También se considera situación controlada aquella situación natural en que es conveniente incluir dispositivos de protección para una mayor seguridad (continuidad de servicio, valor económico de los equipos, pérdidas irreparables, etc.).

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico deben seleccionarse de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se prevé que se vayan a instalar.

Los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro o compensador y la tierra de la instalación.

- **Selección de los materiales en la instalación**

Los equipos y materiales deben escogerse de manera que su tensión soportada a impulsos no sea inferior a la tensión soportada prescrita en la tabla anterior, según su categoría.

Los equipos y materiales que tengan una tensión soportada a impulsos inferior a la indicada en la tabla, se pueden utilizar, no obstante:

- en situación natural, cuando el riesgo sea aceptable.
- en situación controlada, si la protección contra las sobretensiones es adecuada.

7.5. Distribución de la instalación eléctrica

7.5.1. Cuadros eléctricos

Los cuadros eléctricos constituyen el punto de partida de la instalación en el que se encuentra el paso de la corriente eléctrica y en el que tiene lugar la instalación de los dispositivos generales e individuales de mando y protección.

Para este proyecto se instalará un único cuadro principal de suministro para fuerza y alumbrado que se ubicará en la planta baja. La distribución dentro de este cuadro eléctrico general quedará definida

Se ha de tener en cuenta que Revit no permite la distinción de diferentes líneas dentro de un mismo circuito.

7.5.2. Circuitos

Los circuitos de la instalación quedarán distribuidos de forma que para cada máquina de ventilación de aire acondicionado prevista habrá un circuito independiente. Las luminarias de la planta baja quedarán divididas en un total de 6 circuitos, incluyendo luminarias de emergencia que irán previstas de una batería independiente. El resto de luminarias del edificio quedarán definidas en un total de 7 circuitos. Por último se establecerán 8 circuitos de fuerza.

Todos estos circuitos quedarán representados tanto en el diagrama unifilar como en Revit, teniendo una identificación clara y sencilla.

7.5.3. Protecciones en la instalación

Cada circuito de esta instalación dispondrá de interruptores magnetotérmicos para la protección de cortocircuitos y sobrecargas y de interruptores diferenciales para proteger a las personas.

- Interruptor magnetotérmico

El interruptor magnetotérmico tiene por cometido la protección del cableado de las instalaciones y aparatos eléctricos frente a sobrecargas y cortocircuitos. Este interruptor salta en el momento en que la corriente eléctrica sobrepasa ciertos valores o tiene lugar un cortocircuito. Es llamado magnetotérmico debido a que su funcionamiento consiste en los efectos magnéticos y térmicos que provoca la corriente.



Figura 7.15. Interruptor magnetotérmico [28]

- Interruptor diferencial

El diferencial es un interruptor que tiene la capacidad de detectar fugas de electricidad al medir la diferencia entre la corriente de entrada y salida en un circuito. Esta corriente diferencial es llamada sensibilidad, y generalmente queda definida en valores en torno a los 10 mA y 30 mA. En el momento en que esta diferencia supera un valor determinado, el interruptor corta inmediatamente el flujo eléctrico, protegiendo de esta forma a las personas y a la instalación eléctrica. Este interruptor debe trabajar siempre junto a un magnetotérmico, no sustituyéndose uno al otro ya que el interruptor magnetotérmico no está destinado a la protección de personas.



Figura 7.16. Interruptor diferencial [28]

7.6. Diseño y modelado de la instalación con Revit

Por último en este apartado se tratará de llevar a cabo el modelado eléctrico en Revit desde un punto de vista analítico, consiguiendo una mejor representación general de la instalación y de la información del proyecto.

Revit permite trabajar con modelos eléctricos aportando herramientas de modelado y cálculo, permitiendo mostrar esquemáticamente los diferentes circuitos y las relaciones entre ellos.

7.6.1. Configuración plantilla eléctrica

Como se hizo para el proyecto de fontanería y saneamiento, el primer paso para comenzar un nuevo proyecto en Revit será configurar la plantilla acorde con la disciplina que vayamos a abordar.

La configuración que trae Revit por defecto se corresponde con la normativa americana. En este apartado lo que haremos será explicar cómo se va a modificar la plantilla eléctrica adaptándola al REBT, consiguiendo con esto que posteriormente los cálculos que realice el software sean de válida aplicación.

Para acceder a la configuración eléctrica, haremos clic en la ficha Gestionar ► grupo Configuración ► menú desplegable Configuración MEP ► Configuración eléctrica.

Encontramos un gran despliegue de opciones donde se permite especificar parámetros de cables, definiciones de voltajes, sistemas de distribución, bandejas de cables y configuración de tubos, junto con configuración de cálculo de carga y numeración de circuitos.

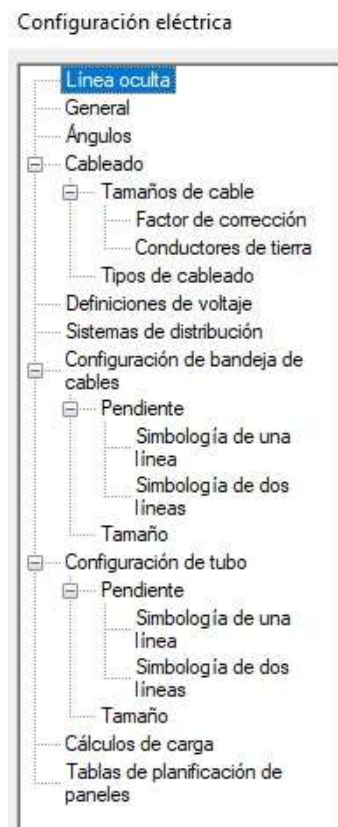


Figura 7.17. Configuración eléctrica Revit

A continuación se van a detallar las opciones de configuración en las que se han realizado modificaciones:

- ❖ **Ángulos:** aquí se permite especificar los ángulos de unión que se desean utilizar al añadir o modificar una bandeja de cables o tubos. En nuestro caso, escogeremos la opción Utilizar ángulos concretos. Con esto Revit solo utilizará los ángulos especificados para el diseño de acuerdo a la normativa de instalaciones interiores de baja tensión.

- ❖ **Cableado:** este grupo ofrece la configuración de la tabla de cables, que determinan el modo en que Revit calcula el tamaño de cable y el modo en que los conductores se muestran en los planos del sistema eléctrico del proyecto.

A la hora de configurar este parámetro en la plantilla eléctrica lo que habría que hacer es identificar los diferentes conductores que voy a necesitar en la instalación y crear tipos de cables para cada situación que se pueda dar conforme al reglamento vigente. Para este caso, hemos especificado en los apartados anteriores todas las condiciones que han de reunir los diferentes conductores de cada una de las partes de la instalación. Procederemos a introducir en Revit toda esta información.

- **Tamaño de cable:** atendiendo al material, temperatura y tipo de aislamiento, se nos proporciona información sobre todos los tamaños de cable disponibles en función de la corriente máxima que sería capaz de atravesarlo.

Los materiales que se vienen por defecto son el aluminio y el cobre. La temperatura (60°C, 75°C y 90°C) determina que tipos de aislamientos están disponibles para cada material en específico. Los valores por defecto que aparecerán de aislamiento dependerán del tipo de material y temperatura seleccionada. La REBT contempla tres tipos de aislantes:

AISLANTE	CARACTERÍSTICAS
XLPE – Polietileno reticulado	Material termoestable. Excelente aislante en baja, media y alta tensión. Ofrece baja resistencia a los hidrocarburos y una cierta rigidez mecánica, lo que hace que su tendido sea un poco más dificultoso. Temperatura máxima de servicio de 90°C
PVC – Policloruro de vinilo	Dado que se trata de un termoplástico, este material se deforma con la temperatura. Su principal inconveniente es la emisión de humos opacos y gases tóxicos corrosivos en caso de incendio. Se usa como aislante en media tensión. Tiene una temperatura máxima de servicio de 70°C.
EPR – Etileno Propileno	Material termoestable. Excelente aislante en baja, media y alta tensión. Muy flexible incluso a bajas temperaturas. Excelente comportamiento a altas temperaturas y gran resistencia al envejecimiento térmico. Gran resistencia al ozono, la ionización y las descargas parciales. Temperatura máxima de servicio de 90°C

Tabla 7.20. Tipos de aislantes

Para poder introducir estos aislantes en la plantilla hay que definir nuevos tipos de aislantes. Seleccionaremos la opción de *Agregar tipo de aislamiento*. Debemos identificar el tipo de aislante al que se pueden asemejar dentro de los que ya vienen incluidos en Revit (correspondientes a la norma americana).

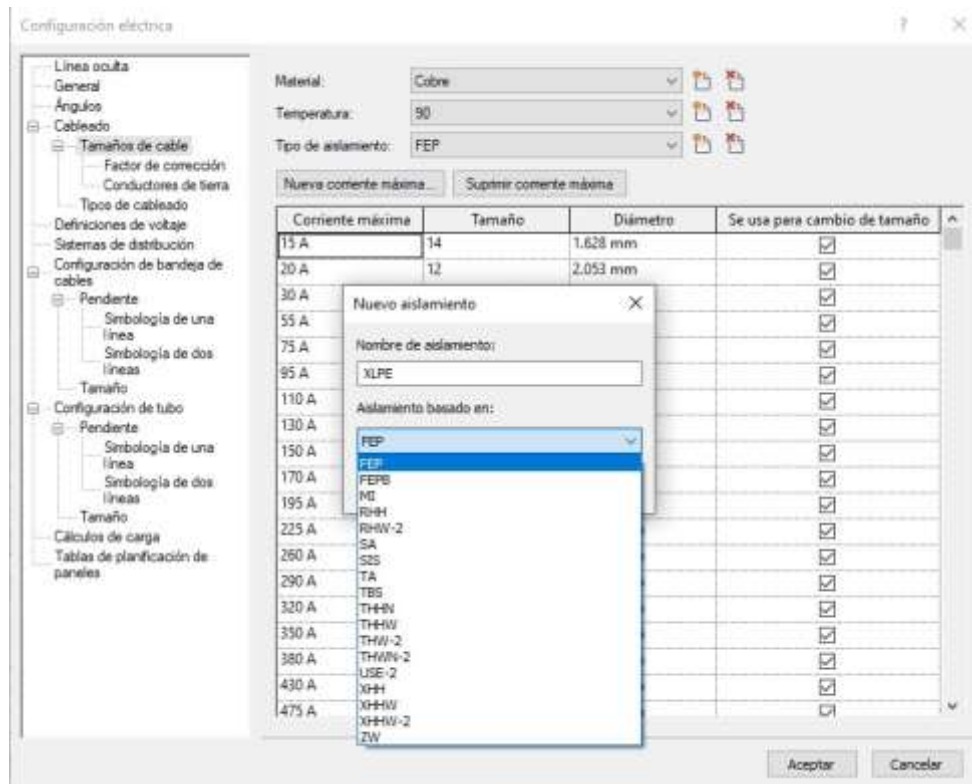


Figura 7.18. Tamaños de cable. Configuración eléctrica Revit

Una vez se han definido los tipos de aislamientos de acuerdo al material y temperatura, se atenderá a la configuración de las corrientes máximas en relación a la sección del cable de acuerdo a la normativa. Para cada tipo de cable la norma proporciona una relación entre la sección y la corriente máxima que es capaz de atravesar el cable. Se usará la siguiente tabla de equivalencias respecto al sistema americano para introducir los diámetros de acuerdo con la normativa:

Columna 1a	Columna 1b	Columna 2	Columna 3	Columna 4	Columna 5a	Columna 5b				
Indicación de sección norteamericana buscada	Conversión geométrica	Sección nominal métrica que cumple los requisitos eléctricos	Sección nominal métrica buscada	Magnitud norteamericana que cumple los requisitos eléctricos	Indicación de sección norteamericana buscada	Conversión geométrica	Sección nominal métrica que cumple los requisitos eléctricos	Sección nominal métrica buscada	Magnitud norteamericana que cumple los requisitos eléctricos	
AWG	kcmil	mm ²	mm ²	mm ²	AWG	kcmil	AWG	kcmil	AWG	kcmil
750	380,03	400	400	800	9	6,63	8			
500	253,35	300	300	750	10	5,26	6			
450	228,02	240	240	500	11	4,17	10			
400	202,68			450	12	3,31	4			
350	177,35	185	185	400	13	2,62	12			
300	152,01			350	14	2,08	2,5	2,5	13	
250	126,68	150	150	300	15	1,65	14			
4/0	107,22	120	120	250	16	1,31	1,5	1,5	15	
3/0	85,01	95	95	4/0	17	1,04	16			
2/0	67,43	70	70	3/0	18	0,82	1	1	17	
1/0	53,49			2/0	19	0,65	0,75	0,75	18	
1	42,41	50	50	1/0	20	0,52			19	
2	33,62	35	35	1	21	0,41	0,5	0,5	20	
3	26,67			2	22	0,33	0,34	0,34	21	
4	21,15	25	25	3	23	0,26			22	
5	16,77			4	24	0,20	0,25	0,25	23	
6	13,30	16	16	5	25	0,16			24	
7	10,55			6	26	0,13	0,14	0,14	25	
8	8,37	10	10	7						

Tabla 7.21. Equivalencias secciones de cable sistema americano[29]

Para los cables pertenecientes a las instalaciones interiores se atenderá a la ITC-BT-19, donde en la tabla 1 del apartado 2.2.3. indica las intensidades admisibles para una temperatura ambiente del aire de 40°C y para distintos métodos de instalación, agrupamientos y tipos de cable.

Tabla 1. Intensidades admisibles (A) al aire 40 °C. Nº de conductores con carga y naturaleza del aislamiento

			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes											
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
B		Conductores aislados en tubos ^{a)} en montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
B2		Cables multiconductores en tubos ^{a)} en montaje superficial o empotrados en obra		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR			2x XLPE o EPR			
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared ^{b)}				3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
E		Cables multiconductores al aire libre ^{c)} Distancia a la pared no inferior a 0.3D ^{b)}					3x PVC			2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR	
F		Cables unipolares en contacto mutuo ^{d)} Distancia a la pared no inferior a D ^{b)}						3x PVC				3x XLPE o EPR ^{e)}	
G		Cables unipolares separados mínimo D ^{b)}									3x PVC ^{e)}	3x XLPE o EPR	
		mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cobre		1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
		2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
		4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
		6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
		10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
		16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
		25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	133	166
		35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
		50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
		70				149	160	171	188	202	224	244	321
		95				180	194	207	230	245	271	296	391
		120				208	225	240	267	284	314	348	455
		150				236	260	278	310	338	363	404	525
	185				268	297	317	354	386	415	464	601	
	240				315	350	374	419	455	490	552	711	
	300				360	404	423	484	524	565	640	821	

Tabla 7.22. Secciones e intensidades máximas instalaciones interiores [27]

- **Factor de corrección:** Representa como la temperatura ambiente afecta a la capacidad de transporte de corriente del cable. El efecto queda especificado en forma de valor para el material del cable a temperaturas ambiente determinadas a través de este factor. Se utilizarán para el cálculo de los tamaños de diseño de cable del proyecto. Revit nos permite personalizar estos factores.
- **Conducciones de tierra:** muestra la corriente máxima del cableado que se utiliza para seleccionar el tamaño de los conductores a tierra para Revit.
- **Tipos de cableado:** este grupo permite especificar diferentes campos para todos los tipos de cable que se van a utilizar en el proyecto. Al tratarse de un local de pública concurrencia, de acuerdo con la ITC-BT-28 y tal como se ha especificado anteriormente, los cables deberán ser no propagadores de incendio y con emisión de humos y opacidad reducida, además de libres de halógenos. En este caso, atendiendo a las diferentes líneas que se van a definir, se especificará un tipos de cable equivalente a que se usará para los circuitos interiores.
- ❖ **Definiciones de voltaje:** esta tabla define los rangos de voltajes que es posible asignar a los sistemas de distribución del proyecto. Cada definición de voltaje estará especificada como un rango de voltajes para diferentes valores de voltaje en dispositivos de distintos fabricantes.

Aquí deberá definir los valores de voltaje correspondientes a los utilizados España. Se definirá un voltaje monofásico de 230 V y un voltaje trifásico de 400 V, quedando definidos los valores de voltaje que se van a utilizar en este proyecto.

Es sabido que estos valores de voltaje se corresponden con un valor de referencia, y que pueden darse situaciones en las que se vea ligeramente aumentado o disminuido el voltaje, por lo que Revit permite añadir cierta tolerancia a estos valores que se definirán en torno al $\pm 9\%$.

	Nombre	Valor	Mínimo	Máximo
1	120	120.00 V	110.00 V	130.00 V
2	208	208.00 V	200.00 V	220.00 V
3	230	230.00 V	209.30 V	250.70 V
4	240	240.00 V	220.00 V	250.00 V
5	277	277.00 V	260.00 V	280.00 V
6	400	400.00 V	364.00 V	436.00 V
7	480	480.00 V	460.00 V	490.00 V

Tabla 7.23. Voltajes para el proyecto en Revit

- ❖ **Sistemas de distribución:** se definen los sistemas de distribución del proyecto. Revit incluye por defecto algunos sistemas de distribución.

La red de distribución procederá de una las centrales generadores presentes en todo el territorio, llegando a través de líneas de alta tensión hacia los puntos finales de distribución. Con carácter general, en España los centros de transformación para distribución eléctrica pública de alta a baja tensión tienen una relación de transformación 230/400 V.

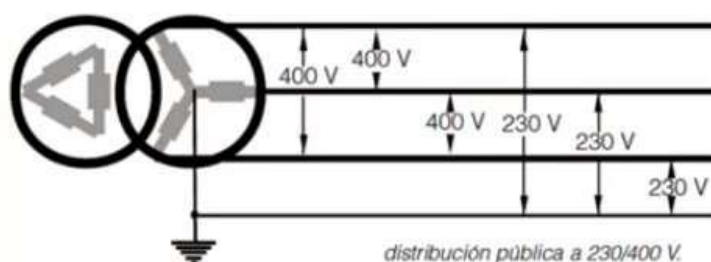


Figura 7.19. Esquema red de distribución pública [27]

Este sistema de distribución descrito quedará definido en este apartado de la configuración eléctrica. Para cada sistema de distribución Revit permite especificar el número de fases, el tipo de configuración estableciendo “Y” para hacer referencia a conexiones en estrella y “Delta” para las conexiones en triángulo, número de cables, voltaje entre fases y voltaje entre fase y neutro.

Es importante haber definido previamente los valores de los voltajes que se quieran usar, ya que Revit no permite establecer sistemas de distribución con valores de voltaje que no haya contemplado previamente.

Para este proyecto se definirá un sistema de distribución trifásico y otro monofásico.

	Nombre	Fase	Configuración	Cables	Voltaje entre fases	Voltaje L-T
1	120/208 Wye	Trifase	En Y	4	208	120
2	120/240 simple	Individual	Ninguno	3	240	120
3	230 V	Individual	Ninguno	3	230	230
4	230/400 V	Trifase	En Y	4	400	230
5	480/277 Wye	Trifase	En Y	4	480	277

Tabla 7.24. Sistemas de distribución para el proyecto en Revit

7.6.2. Colocación y configuración de elementos eléctricos

En este apartado vamos a detallar todos los pasos seguidos en Revit para la colocación de los elementos necesarios en la instalación. Anteriormente se ha detallado cualitativamente como se van a disponer algunos de

dichos elementos, pero será a continuación donde se vea la localización exacta de los mismos a través de su modelado.

Como paso previo, se crearán unos planos de techo para la correcta colocación de las luminarias en las habitaciones, el aseo y el coro. Para ello dentro del cuadro de diálogo de Vista haremos clic sobre *Vistas de plano* ➤ *Plano de techo reflejado* y seleccionaremos los niveles que me interesan, que en este caso son el nivel equivalente a la planta de acceso y al coro. En el navegador de proyectos veremos cómo aparecen estos planos que acabamos de crear. Debemos modificarlos en la ventana de propiedades especificando la disciplina en la que se va a trabajar, en este caso la eléctrica.

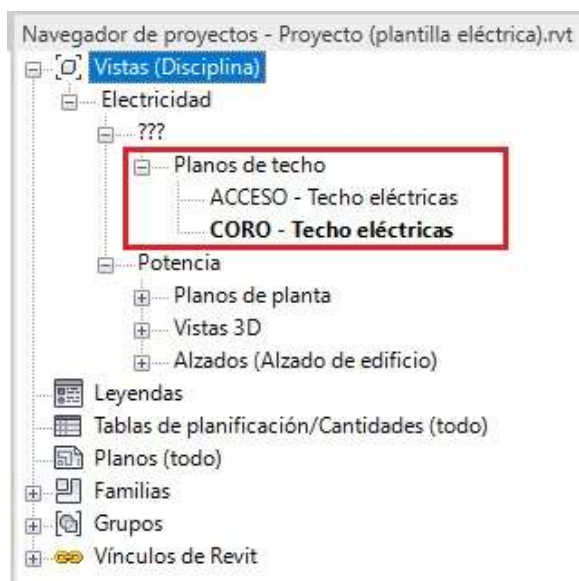


Figura 7.20. Visualización planos de techo. Navegador de proyectos

Este edificio presenta la particularidad de que los techos no quedan perfectamente compartimentados a partir de la definición del nivel superior. Esto es lo que ocurre en la planta de acceso principal, donde con el plano de techo no se reconoce realmente la superficie donde van a colgarse las luminarias en este espacio. Más adelante se verá como habrá que crear planos de trabajo en esta zona y será posible colocar las correspondientes luminarias.

Una vez hecho esto, se consigue que a continuación se puedan colocar las luminarias correctamente.

Para poder empezar a colocar elementos se deberán cargar las familias correspondientes. El distribuidor de luminarias que se ha seleccionado facilita archivos en formato rfa de sus productos, proporcionando la familia de luminaria concreta que se ha escogido para cada una de las estancias como un elemento con configuración MEP. Cargaremos en el proyecto las cuatro familias de luminarias seleccionadas. Para el resto de elementos se usará la propia librería de Revit.

También es importante destacar que previamente a la generación de circuitos se debe realizar la comprobación de que todos los elementos que vayan a pertenecer al mismo tengan la configuración correcta. Por ello, se detallarán a continuación todos los parámetros a los que se deberá atender para no dar lugar a errores en la creación de circuitos posteriormente.

Esto se traduce en saber configurar los conectores eléctricos que aparecen en cada uno de los elementos. Estos conectores tienen un gran variedad de configuraciones, permitiendo modificar el número de polos, factor de potencia, clasificación de carga, equilibrio entre fases, voltaje... etc.

- **Equipos eléctricos**

En primer lugar se ubicarán dentro del modelo los cuadros eléctricos de protección, ya que puede decirse que son el origen de la instalación, encargados de dotar de electricidad a los diferentes elementos conectados. Revit denomina a estos cuadros como “Aparatos eléctricos”.

En este proyecto requiere de la dotación de dos aparatos que cumplan la función encomendada a la CGP y el

cuadro general. Para ello, instalarán dos tipos de cuadros los cuales se cargarán previamente desde la biblioteca de Revit. La ubicación de dichos elementos será, para la caja de protección y medida la fachada del edificio y para el cuadro general una de las salas de la planta baja.

Para la colocación de todos los elementos de la instalación se trabajará sobre el cuadro de diálogo de sistemas. Para seleccionar el aparato precargado seguiremos la ruta *Sistemas* ► *Eléctricos* ► *Equipos eléctricos*.

Una vez se hayan colocado en el modelo los dos cuadros, se va a detallar como se han configurado cada uno de ellos.

Se hace especial hincapié en que es muy importante que en todos los elementos eléctricos queden perfectamente definidos los conectores. Para configurar un aparato eléctrico de tal modo que actúe como una CGP dentro del editor de familia, atendiendo al panel de sus propiedades se le asignarán tres polos y un voltaje de 400V. El resto de parámetros en principio se dejarán los que vienen por defecto. Con esto se está definiendo el aparato como trifásico. Es importante definir bien si se va a tratar de un aparato monofásico o trifásico ya que posteriormente a la hora de tener que asignar el sistema de distribución únicamente se dará la opción de escoger aquellos que tengan concordancia con el número de polos que se hayan definido.

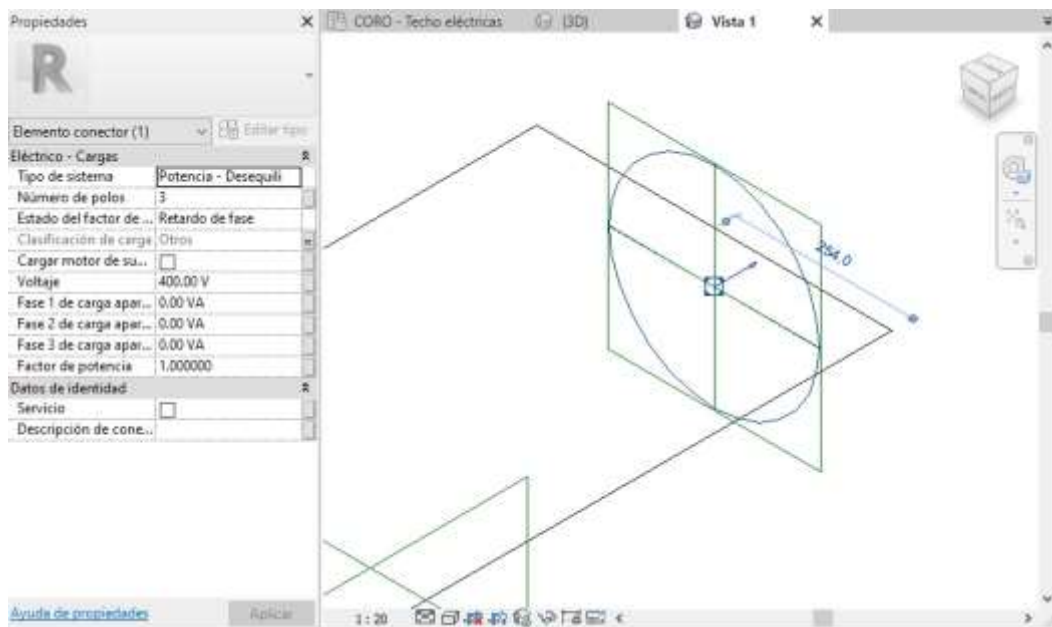


Figura 7.21. Configuración conector equipos eléctricos (1). Editor de familias

Una vez hecho esto y cargando el cuadro al modelo, al seleccionarlo desde cualquier vista se podrá escoger el sistema de distribución. Para este caso, tal cual se acaban de definir sus propiedades se podrá escoger la opción del sistema de distribución 230/400V, tal y como debe ser para una CGP.

Si en la configuración anterior no se hubieran definido bien el número de polos, por ejemplo se hubiera seleccionado 1 polo, únicamente aparecerían sistemas de distribución monofásicos.

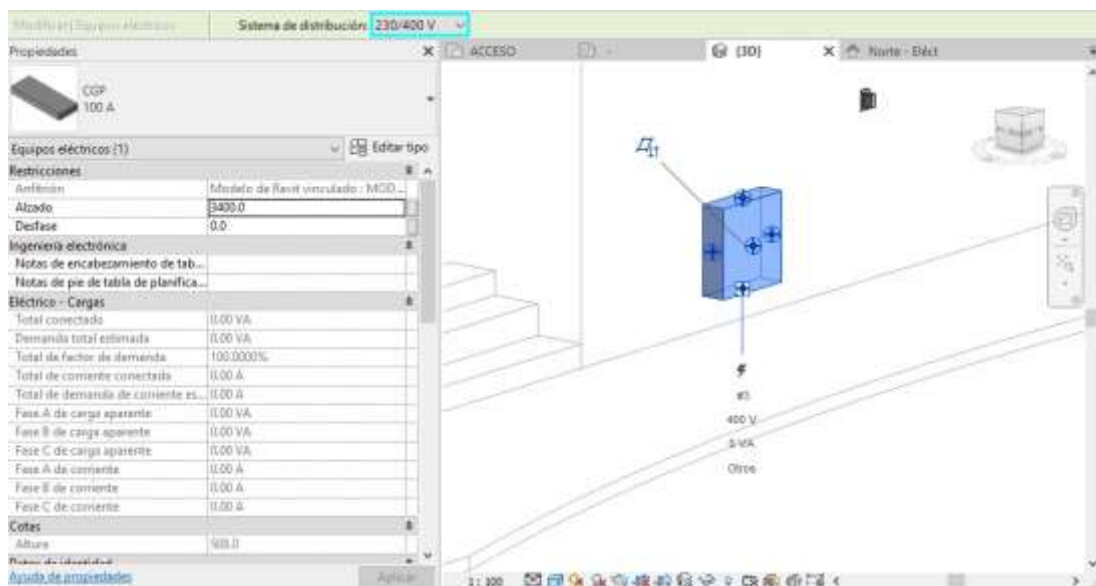


Figura 7.22. Asignación sistema de distribución a la CGP

Para la configuración del cuadro general el procedimiento a seguir es el mismo. Dentro del editor de familias se asignarán un polo y una tensión de 230 V.

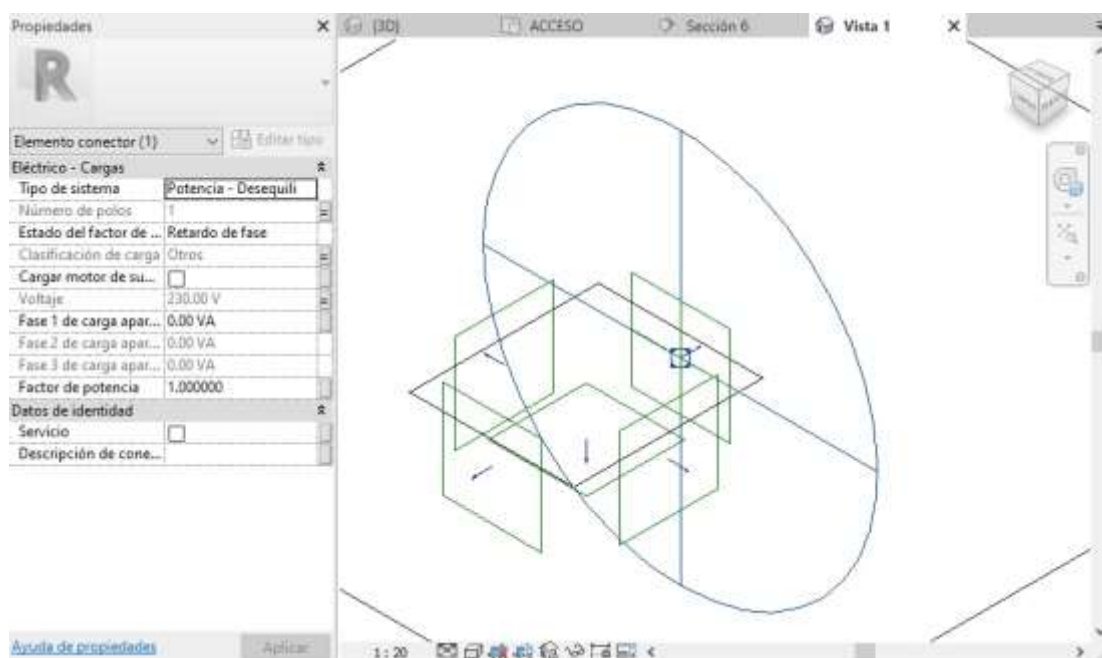


Figura 7.23. Configuración conector equipos eléctricos (2). Editor de familias

El sistema de distribución será monofásico y se corresponderá al de 230V que se ha definido previamente en la configuración de la plantilla.

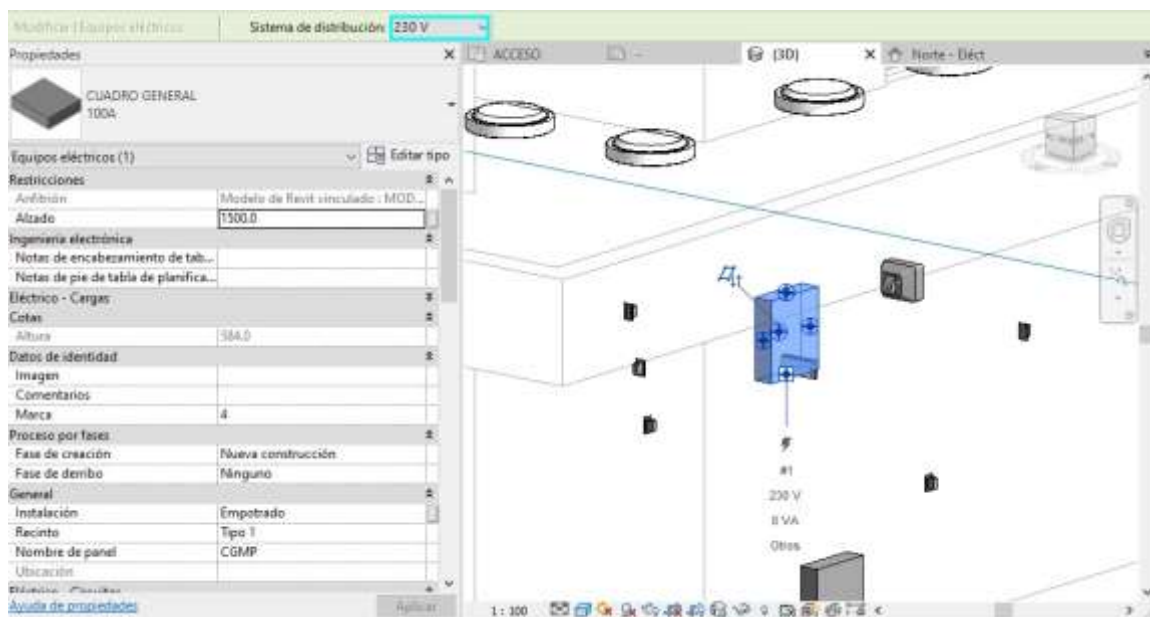


Figura 7.24. Asignación sistema de distribución al cuadro general

De esta forma quedan definidos los paneles eléctricos de la instalación y se podrá comenzar a conectar los circuitos con sus correspondientes elementos. Es muy importante que todos los elementos que vayan a ser conectados a un panel estén configurados de acuerdo al panel al que vayan a estar referidos, de no ser así se dará un error.

- **Tomas de corriente**

Dentro del cuadro de diálogo de sistemas se seleccionará *Eléctricos* ► *Dispositivos* ► *Aparatos eléctricos* y buscaremos la familia de interruptores que se ha debido cargar previamente. En este proyecto los interruptores contarán con un voltaje de 230 V, que se corresponde con el voltaje convencional de las tomas de corriente en España. Todas las tomas de corriente serán colocadas en caras verticales, que se corresponden con las paredes del modelo.

Tal y como se ha comentado anteriormente, la plantilla eléctrica está configurada de acuerdo a las normas estadounidenses. Esto también afecta a la simbología de los elementos. Revit facilita familias estándar pero que están adaptadas a la representación según el reglamento estadounidense. Para poder modificarlos, se realizará un procedimiento que consistirá en crear símbolos de acuerdo al REBT dentro de Revit para posteriormente asignárselos a las tomas de corriente.

Siguiendo la ruta *Archivo* ► *Nuevo* ► *Familia* ► *Anotaciones* ► *Anotación Genérica Métrica* se generará en el programa una nueva pestaña en la cual se dibujarán los símbolos utilizados en España para designar enchufes en las instalaciones eléctricas. Se aprovecha también para dibujar el símbolo correspondiente a los interruptores que posteriormente harán falta para la colocación de los sistemas de luminarias.

Con esto se están creando simplemente anotaciones, no representan un elemento eléctrico. La intención es a continuación poder modificar las familias que proporciona Revit asignándole esta simbología.

Para ello se colocará un interruptor cualquiera de la biblioteca de Revit en el modelo. Una vez seleccionado, desde el editor de familias se realizarán las modificaciones. Además de cambiar la simbología, se especificará un voltaje de 230V y una potencia aparente de 409VA.

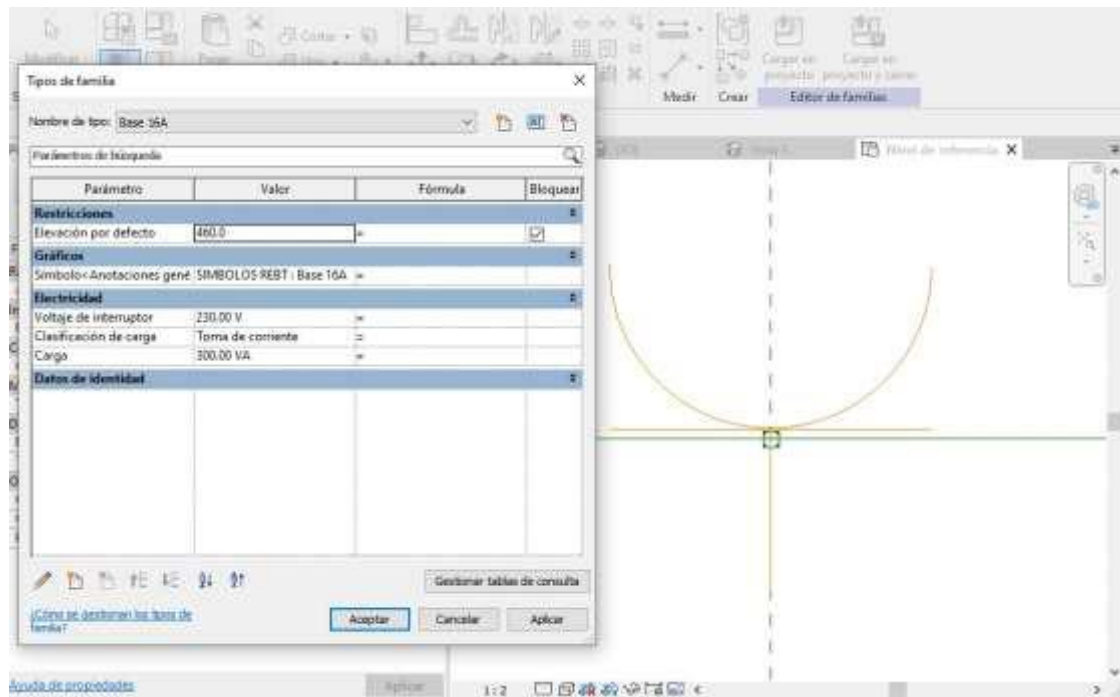


Figura 7.25. Configuración dispositivos eléctricos. Editor de familias

Se guardará la familia y se cargará en el proyecto para proceder con la colocación en planta de todas las tomas de corriente.

- **Luminarias e interruptores**

Al igual que en las tomas de corriente, para la colocación de luminarias se partirá de la pestaña de sistemas eléctricos y se hará clic en *Luminarias*. La ventana de propiedades dará la opción de escoger entre todas las familias de luminarias cargadas previamente. Tanto para la colocación de luminarias como de interruptores en el proyecto Revit ofrece tres opciones:

1. Colocar en cara vertical: Esta opción se usará para la colocación de los apliques que van sobre las paredes en la sala principal de la planta de acceso.
2. Colocar en cara: Para las luminarias que van sobre el techo.
3. Colocar en plano de trabajo: Esta opción permite colocar luminarias sobre un plano de trabajo que se puede definir previamente. Debemos usar esta opción para la colocación de luminarias en la sala principal del edificio. Se definirán como planos de trabajo ambos lados de la cubierta y el techo del altar.

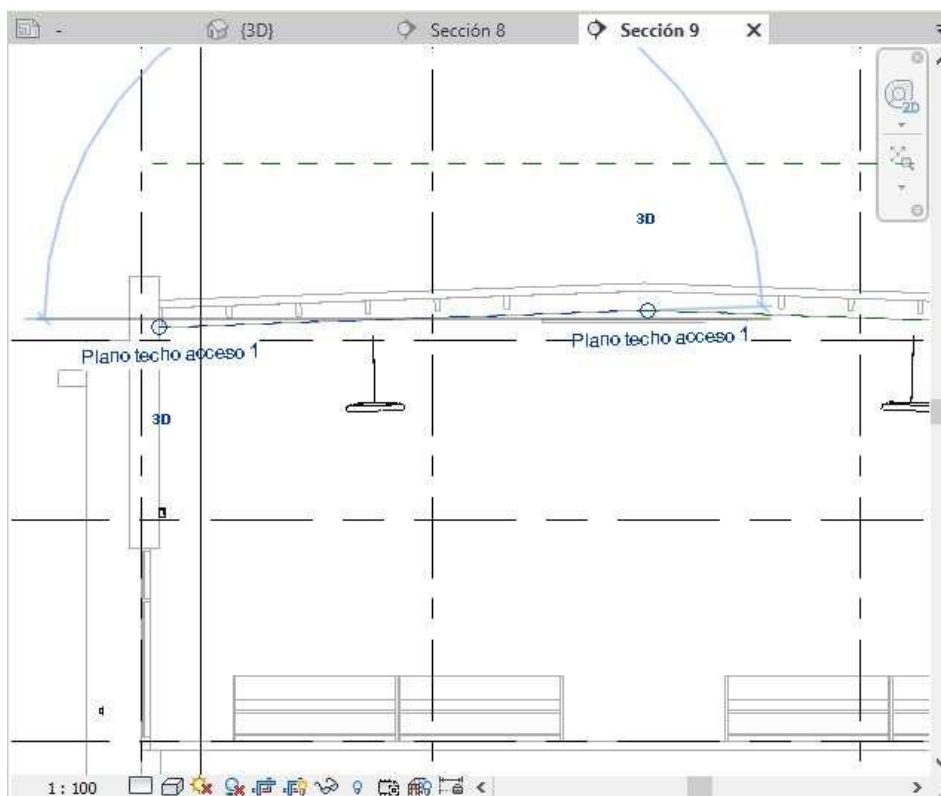


Figura 7.26. Colocación luminarias sobre plano de trabajo definido

La disposición de las luminarias quedaría definida tal y como se ha detallado previamente en el estudio luminotécnico.

Cada tipo de luminaria debe tener sus conectores eléctricos configurados de tal modo que tengan asignados un voltaje de 230V y un número de polos de 1 polo. También se añadirá el valor de la potencia aparente, que dependerá de cada tipo. Dicha información se obtendrá directamente de la ficha técnica proporcionada por el fabricante.

En cuanto a los interruptores, irán dispuestos en caras verticales. Es importante crear correctamente los circuitos de interruptores, asignando a cada interruptor las luminarias que le corresponden. Para ello basta con seleccionar una luminaria y entre la opción de crear circuito de potencia o interruptores, seleccionar este último.

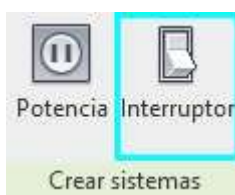


Figura 7.27. Creación de sistemas de interruptores

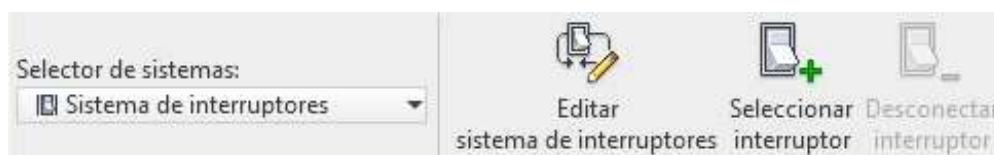


Figura 7.28. Edición de sistemas de interruptores

Se ha de tener en cuenta que a la hora de la creación de circuitos, es importante que las luminarias e interruptores que estén vinculados queden incluidos en el mismo circuito.

De la misma forma, para la colocación de alumbrado de emergencia se descargarán de bimobject una familia de luminarias que se deberán instalar en los distintos puntos requeridos. Pueden realizarse cortes de vista para comprobar que se están colocando correctamente.

- **Conectores de instalación de ventilación**

Para poder representar dentro del modelo la estimación de demanda de potencia necesaria por si en un futuro se requiere de una instalación de ventilación, se incluirán unos conectores de alimentación para aparatos eléctricos.

Se añadirán al modelo un total de 6 conectores en representación a 6 máquinas de aire acondicionado y ventilación, cada una de ellas con un consumo en función a la estimación anteriormente realizada.

Para poder colocar estos conectores, se cargará previamente una familia de conectores para un aparato eléctrico. De esta forma, se podrán colocar en cualquier punto del modelo tal como se ha hecho con los anteriores dispositivos de la instalación. La localización de dichos conectores se establecerá de forma que se obtenga la situación más desfavorable posible, ya que no se va a realizar ningún estudio de las necesidades de ventilación de cada uno de los espacios.

Es importante también a la hora de la configuración de cada uno de los elementos asignarles una clasificación de carga. Asignar una clasificación de carga en Revit permitirá posteriormente poder establecer para cada grupo de clasificación unos factores de demanda. Los factores de demanda quedan asociados a cada clasificación de carga para poder aproximar de una forma más realista el consumo de los elementos de la instalación. Este tipo de configuración se encuentra en el cuadro de diálogo de *Gestión* ➤ *Configuración MEP*.

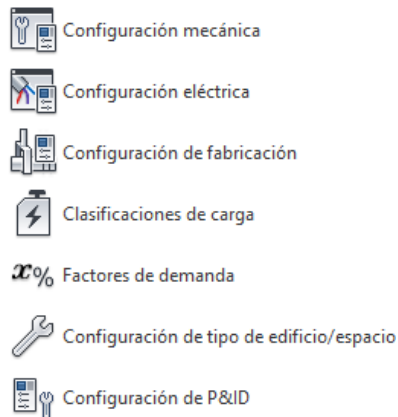


Figura 7.29. Configuración MEP

En este proyecto, para poder ajustar lo máximo posible los cálculos a la norma, estos factores habrán quedado añadidos mediante los factores de uso y simultaneidad en el cálculo realizado anteriormente de estimaciones de potencia. Los valores acerca del consumo en cada uno de los aparatos son los equivalentes a la potencia de demanda estimada para la instalación, con lo que todos los valores calculados en Revit serán los correspondientes a valores reales teniendo ya aplicados los coeficientes de simultaneidad y uso.

7.6.3. Creación de circuitos y cableado

A la hora de la creación de circuitos se ha de entender que en Revit los circuitos no existen físicamente, simplemente constituyen una relación lógica entre elementos. Los circuitos y sistemas eléctricos, a diferencia de lo que ocurre en otras disciplinas, no requieren de conexiones. Se veía anteriormente como a la hora de modelar sistemas de fontanería se podía con el propio modelado de la instalación ir generando de manera bastante automática los diferentes sistemas lógicos, aportando información acerca de dicha instalación.

Cuando se realiza el trazado de circuitos, Revit muestra una representación esquemática y anotativa, con el único propósito de ayudar a comprender el enfoque para el diseño del cableado, pero no representa realmente una disposición de los cables.

Es por ello por lo que lo más importante en Revit a la hora del modelado es tener correctamente definidos los sistemas, con la correcta definición de sus conectores. El tipo de sistema define el tipo de circuito que se puede crear para el dispositivo, constituyendo relaciones lógicas entre cuadros y puntos de consumo o entre puntos de consumo y mecanismos. Este último sería el caso por ejemplo de los sistemas de interruptores, en los que se

establece una relación entre lámpara e interruptor.

Otro aspecto a destacar dentro de Revit es que no se permite la creación de diferentes líneas dentro de un mismo circuito, constituyendo los circuitos como si únicamente tuvieran una línea. Por ello se añadirán a los archivos del proyecto el correspondiente esquema unifilar con el que se pretende completar información acerca del diseño de la instalación.

Desde el navegador de sistemas se podrán ver todos los circuitos creados con todos los elementos que los componen.

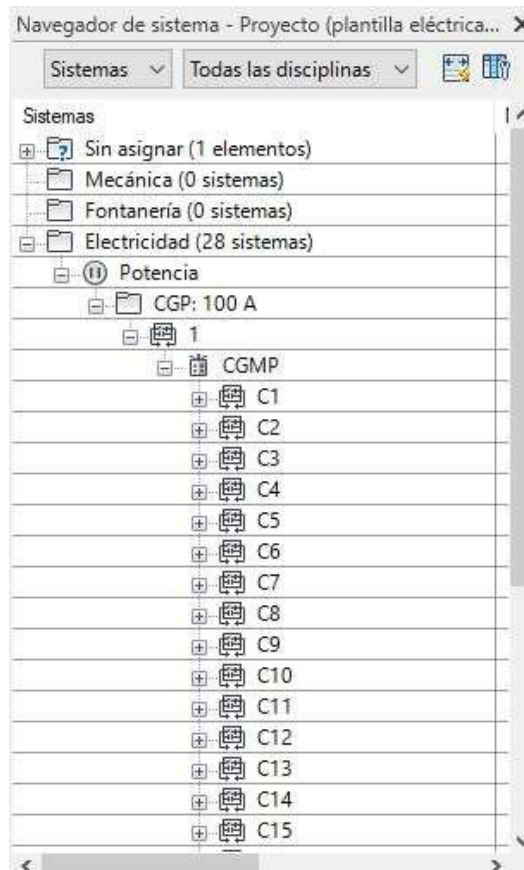


Figura 7.30. Visualización de circuitos. Navegador de sistemas

Aquí se podrá comprobar que todo está bien conectado y que no quedan elementos por asignar. El único componente de la instalación que debe quedar sin asignar es la caja de protección y medida, que constituye el punto de partida de la instalación.

Los cálculos de la instalación se llevarán a cabo mediante tablas de planificación, en las cuales se deberán introducir todos los parámetros necesarios para que la instalación quede perfectamente definida. Se crearán parámetros compartidos para poder definir propiedades dentro del modelo.

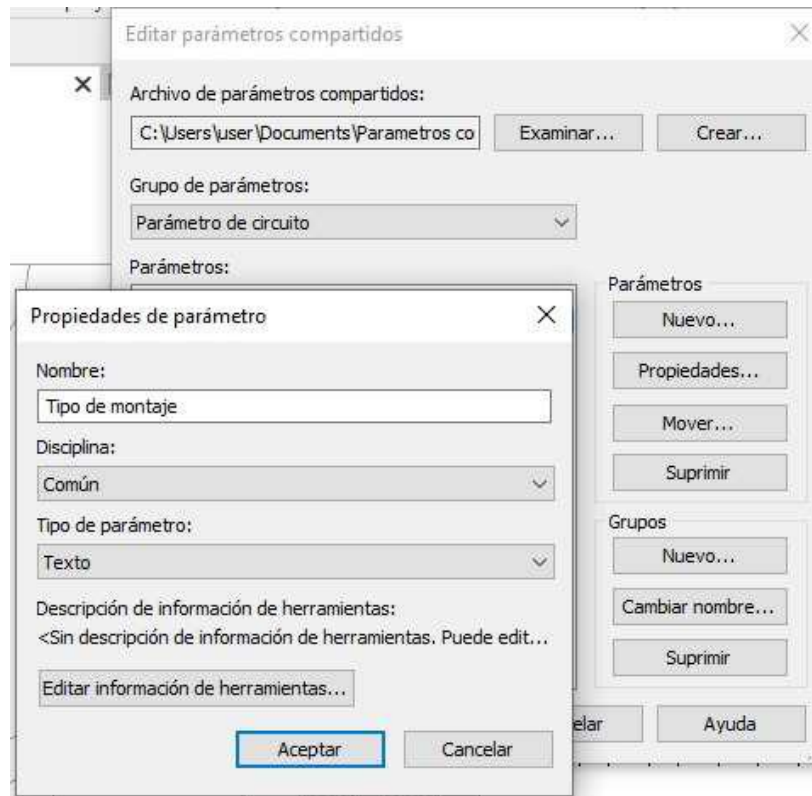


Figura 7.31. Edición de parámetros compartidos

De esta forma, se generará una tabla de planificación de circuitos, en la cual se partirá de los datos de potencia y corriente aparente. Para la creación de una tabla de planificación de circuitos se sigue el mismo procedimiento que para la creación de cualquier tabla de cantidades. Especificando en la lista de filtros *Electricidad*, aparecerá la opción de creación de tabla de circuitos eléctricos.

En dicha tabla quedarán por definir aquellos cables que dan lugar a las distintas agrupaciones, los cuales quedan recogidos tanto en el diagrama unifilar como en la siguiente tabla:

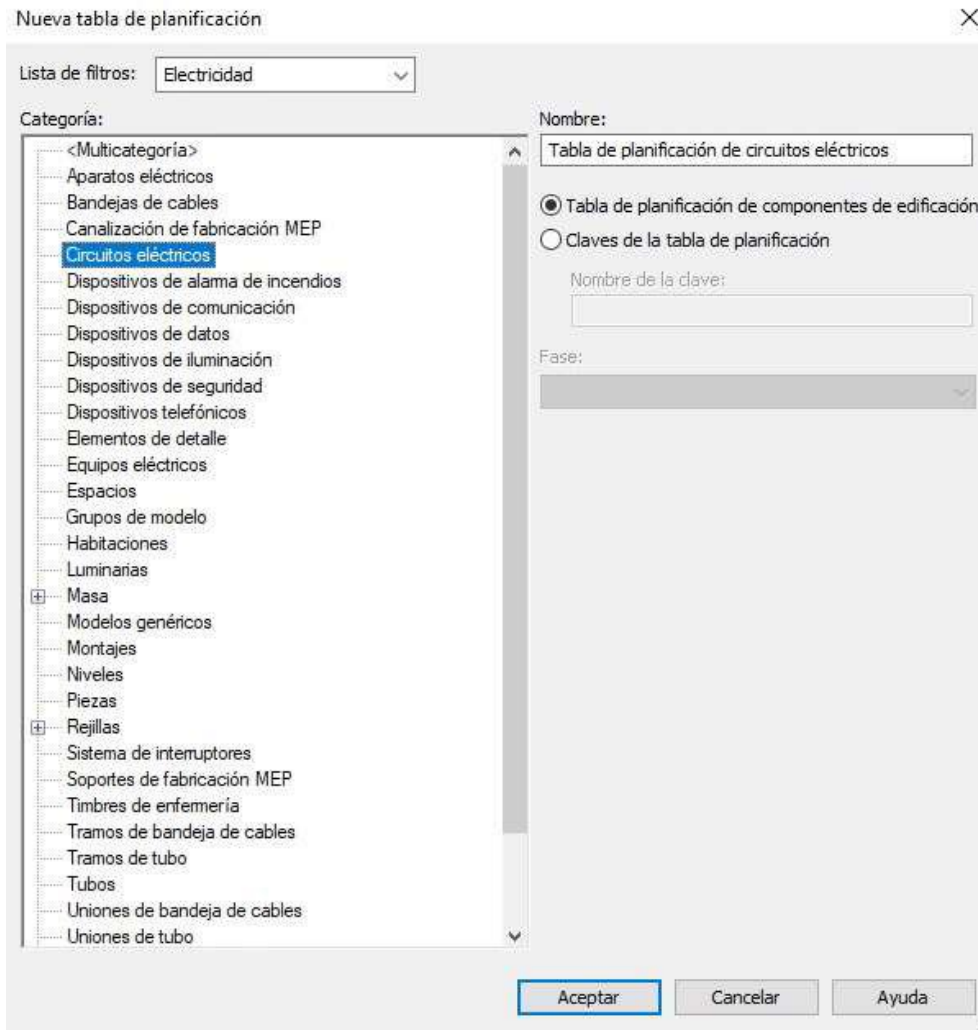


Figura 7.32. Creación de tablas de planificación eléctrica

El objetivo es poder dimensionar la sección de los cables haciendo uso de esta herramienta, realizando un control de la densidad de corriente y las caídas de tensión en cada uno de los circuitos.

Para ello, en primer lugar se especificarán algunos aspectos en cuanto al diseño:

Una vez quede determinada la corriente aparente, deberá escogerse el tipo de montaje y el conductor utilizado. Los circuitos interiores descritos tendrán una montaje tipo B (Unipolares bajo tubo sobre pared o emp. en obra) y la instalación se llevará a cabo con cables de cobre PVC2X. Ambas propiedades quedarán reflejadas en el modelo a través de la creación de un parámetro de tipo texto para el tipo de montaje y añadiendo el parámetro de tipo de cable.

Dentro de dicha tabla se realizaran las comprobaciones necesarias para la asignación de protecciones:

- **Protección frente a sobrecargas**

Se dice que un circuito está siendo sometido a una sobrecarga cuando por él se encuentra circulando una intensidad que es superior a la intensidad asignada (nominal). Para controlar esto, debe definirse un equipo de protección previsto para interrumpir cualquier intensidad de sobrecarga antes de que esta pueda producir daños por calentamiento en algún elemento de la instalación.

En la norma UNE-20460 se establecen las condiciones que debe satisfacer un dispositivo de protección para hacer frente a sobrecargas, logrando proteger de este modo la canalización. Dichas condiciones son:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1.45 \cdot I_z$$

En las que:

I_b = intensidad de diseño del circuito

I_n = intensidad nominal del dispositivo de protección

I_z = intensidad máxima admisible en la canalización

I_2 = intensidad convencional de funcionamiento. Este valor garantiza un efectivo funcionamiento del dispositivo de protección antes del tiempo convencional.

Esta última intensidad convencional de funcionamiento, en función de que dispositivo se trate, queda especificada en la norma como:

$$I_2 = 1.3 \cdot I_r \text{ para interruptores automáticos}$$

$$I_2 = 1.45 \cdot I_n \text{ para interruptores magnetotérmicos}$$

$$I_2 = 1.6 \cdot I_n \text{ para fusibles tipo gG}$$

Cabe señalar que tanto para los interruptores automáticos como los magnetotérmicos, la única condición que se debe comprobar es la primera, ya que cumpliéndose esta se cumple la segunda. [30]

Para este proyecto se usarán interruptores magnetotérmicos.

I_n (A)	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
-----------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----

Tabla 7.25. Intensidades nominales interruptores magnetotérmicos

- **Comprobación caída de tensión**

Debe comprobarse que para cada tramo la caída de tensión no sobrepasa los límites establecidos por la norma. Dichos límites dependerán del tipo de línea que se trate. Haciendo uso de las tablas de planificación de circuitos se deberá incluir el parámetro de caídas de tensión, ya que Revit es capaz de poder calcularla a partir de los datos apartados al modelo.

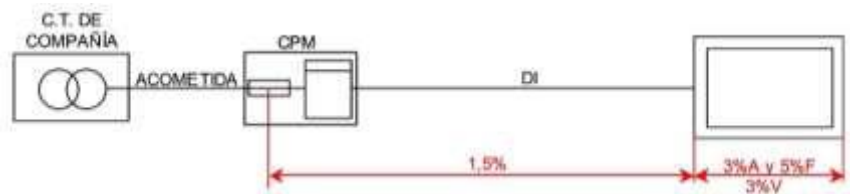


Figura 7.33. Esquema para un único usuario [27]

Una vez se comprueben sobretensiones y caídas de tensión quedaría definido el cable.

Tal y como se ha comentado anteriormente, Revit no permite la representación agrupaciones de circuitos. Por ello quedan expresados en la siguiente tabla los cálculos correspondientes a las 5 agrupaciones que sí que quedan representadas en el esquema unifilar:

Agrupación	Potencia de calculo	Factor de potencia	Corriente aparente	Tipo de montaje agrupación	Tipo de cable agrupación	Sección de cable	Corriente nominal	Corriente máxima admisible
A1	727 W	0.8	3.95 A	C-Unip. Mult sobre pared	Cobre PVC 2X	1.5 mm ²	16 A	16.5 A
A2	730 W	0.8	3.97 A	C-Unip. Mult sobre pared	Cobre PVC 2X	1.5 mm ²	16 A	16.5 A
A3	458 W	0.8	2.49 A	C-Unip. Mult sobre pared	Cobre PVC 2X	1.5 mm ²	16 A	16.5 A
A4	6135 W	0.8	26.66 A	C-Unip. Mult sobre pared	Cobre PVC 2X	4 mm ²	25 A	31 A
A5	4588 W	0.8	19.95 A	C-Unip. Mult sobre pared	Cobre PVC 2X	2.5 mm ²	20 A	23 A

Tabla 7.26. Características cableado agrupaciones

Una vez conocidos todos estos valores, como interruptores diferenciales para la instalación se escogerá un interruptor monofásico de dos polos cuyo poder de corte sea 25 A y la sensibilidad seleccionada será de 30mA. Este dato quedará registrado dentro del modelo de Revit introduciendo un nuevo parámetro compartido.

7.6.4. Renderizaciones con Revit

Por último, dentro de este apartado del estudio de instalaciones eléctricas con Revit se mostrará la capacidad de este programa en cuanto a la realización de renderizaciones del modelo.

Con carácter general, se entiende por renderizado como una imagen obtenida a partir de un modelo digital 3D con la finalidad de ofrecer una visualización del mismo lo más realista posible.

Por tanto, las renderizaciones en Revit van a permitir la visualización del modelo en todos sus aspectos de una manera mucho más realista. En el presente apartado, mediante el uso de renderizaciones se logrará apreciar mejor como queda el resultado de iluminación, pudiéndolo comparar con una situación de iluminación natural.



Figura 7.34. Renderización en Revit

Con Dialux se ha visto anteriormente que se consigue una buena representación del nivel de luminosidad en cada una de las zonas, pero no entra en demasiado detalle. Se usará esta herramienta para apreciar sobre el modelo real el resultado de la colación de luminarias, haciendo posible una visualización del resultado que se corresponde más con el resultado final en la realidad.

Para ello, será necesaria una correcta configuración de las luminarias y sus materiales.

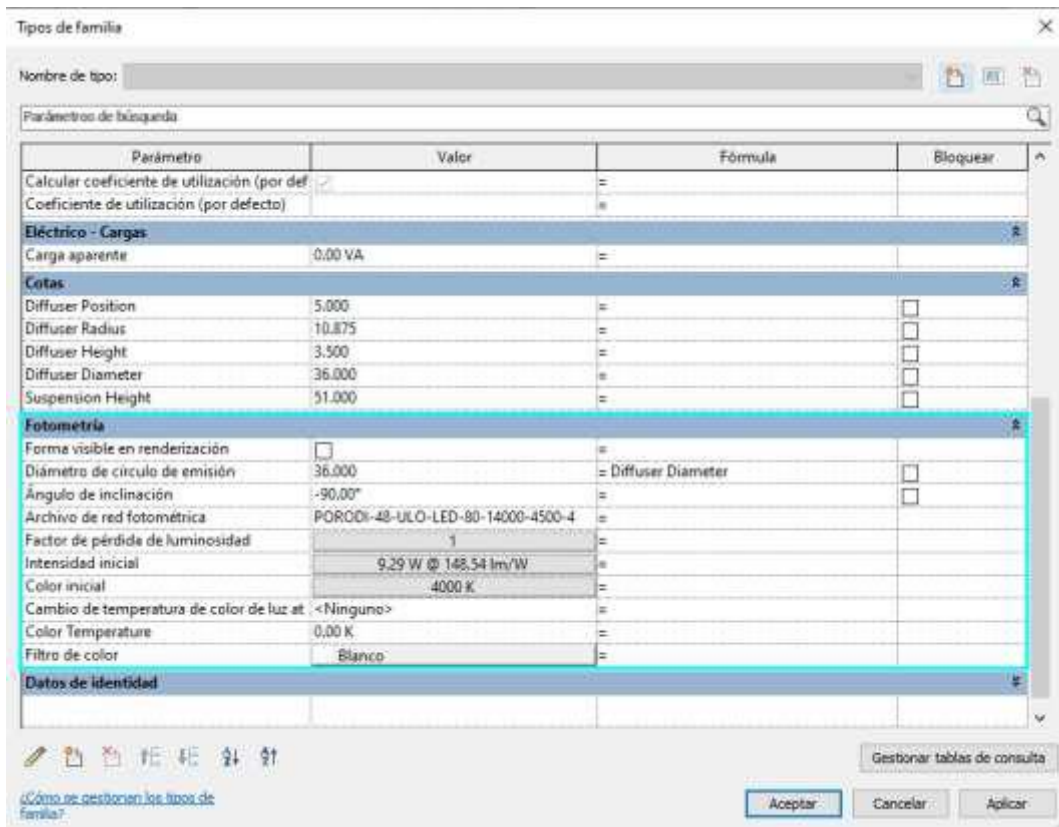


Figura 7.35. Propiedades tipos de familia luminarias



Figura 7.36. Configuración intensidad inicial luminarias

Dentro del editor de familia para cada tipo de lámpara, se tiene la opción de poder ajustar todos los parámetros luminotécnicos de la lámpara en cuestión. Dado que se están usando luminarias que no pertenecen a la biblioteca de Revit, se deberán ajustar adecuadamente estos parámetros, acordes a los del estudio realizado en Dialux. En la opción de *Archivo de red fotométrica*, se podrá adjuntar el archivo de la fotometría correspondiente a la luminaria, el mismo que se usó en Dialux.

Una vez se realice esta configuración, se debe comprobar también que el aspecto de los materiales de las lámparas estén bien definidos. En este caso, se dejarán los establecidos por el fabricante.

Además de realizar estas configuraciones, debe de tenerse en cuenta que a la hora de la renderización de un modelo ha de tenerse en cuenta también la configuración del sol y colocar adecuadamente las cámaras desde donde se quiera tener la visualización del renderizado, asegurando que ofrece una vista coherente en función de aquello que se quiera representar.

En las siguientes imágenes, se pueden observar el contraste entre iluminación natural y el resultado de la iluminación artificial por el sistema de luminarias propuesto en la planta baja de acceso principal.



Figura 7.37. Renderización planta principal de acceso con iluminación natural (1)



Figura 7.38. Renderización planta principal de acceso con iluminación artificial (1)



Figura 7.39. Renderización planta principal de acceso con iluminación natural (2)



Figura 7.40. Renderización planta principal de acceso con iluminación artificial (2)

7.6.5. Obtención de planos

El procedimiento, como para toda creación de planos en este proyecto se hará mediante la generación de vistas a partir de duplicados, en las cuales se incluirán todos los elementos anotativos y filtros que ayuden a la representación.

Mediante la creación de planos se buscará tener identificados de una forma fácil y rápida cada uno de los elementos de la instalación. Para ello se procederá a etiquetar cada uno de los elementos de forma que sean rápidos de encontrar o ubicar en las tablas de planificación. Dichas etiquetas se crean automáticamente a partir del parámetro por el que se quieren agrupar.

Se incluirán también en los planos de la parte eléctrica el diagrama unifilar de la instalación junto con los renderizados obtenidos con Revit de la iluminación de la planta baja de acceso.

En la siguiente imagen se ve como el navegador de proyectos muestra resumidos todos los planos con su correspondiente contenido para esta instalación.

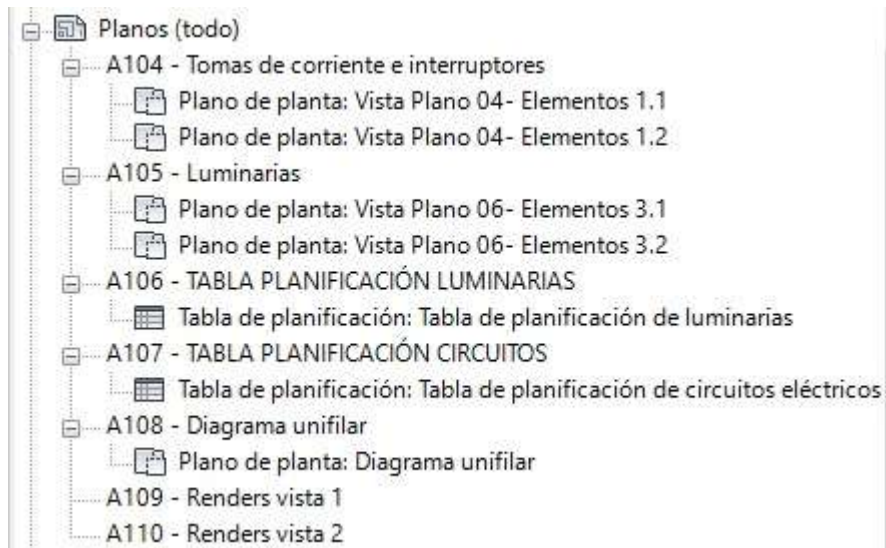


Figura 7.41. Visualización de planos de electricidad. Navegador de proyectos

8 INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

8.1. Introducción

En el presente apartado se pretende dar cumplimiento al Documento Básico de Seguridad contra Incendios del código técnico de la edificación, teniendo como finalidad principal evitar la generación de cualquier tipo de incendio, y en el caso de ser producido, conseguir un suficiente nivel de seguridad. Para ello se deberá buscar la limitación de su propagación y posibilitar su extinción, a fin de atenuar en su mayor medida los daños o pérdidas que el incendio pueda producir sobre los bienes materiales y fundamentalmente sobre las personas que se encuentren en el edificio.

Se distinguen dos tipos de actividades a la hora de contemplar una instalación contra incendios. Por un lado se tienen las actividades preventivas de incendios, las cuales tienen como objetivo la limitación de la presencia de fuego, así como limitar las circunstancias que puedan dar lugar a un incendio. Por otra parte, se tienen las actividades de respuesta, encargadas de controlar el incendio para extinguirlo tratando con ello de minimizar los daños que se pudieran ocasionar.

El ámbito de aplicación de este documento de seguridad contra incendios se establece con carácter general para el conjunto del CTE, excluyendo edificios, establecimientos y zonas de uso industrial.

Se tomará como uso previsto para este establecimiento el de pública concurrencia y quedará definido un único sector de incendios.

8.2. Cumplimiento con la normativa

8.2.1. Evacuación de ocupantes

En este apartado se desarrollarán las comprobaciones en relación al apartado SI -3 del CTE-DB-SI, abarcando todo lo relacionado con el cálculo de ocupación del edificio, número de salidas y longitud de recorridos de evacuación.

8.2.1.1. Cálculo de ocupación

Para el cálculo de la ocupación la norma establece que se tomen valores de densidad de ocupación en función de la superficie útil de cada zona. La tabla 2.1. Recoge las densidades de población en función del uso previsto y de la actividad que se esté desarrollando en cada zona.

En la siguiente tabla se detallan los valores de ocupación asignados para cada una de las zonas siguiendo el criterio anteriormente comentado:

Planta - Recinto	Uso previsto	Superficie útil (m ²)	Densidad de ocupación (m ² /persona)	Ocupación (Personas)
PB-P. acceso	P. conc.	240 asient.	1	240
		68	0.25	17
PB- Sala 1-almacén	P. conc.	10.01	40	1
PB- Sala 2-despacho	P. conc.	6.93	10	1
PB- Sala 3-despacho	P. conc.	7.27	10	1
PB- Aseo	P. conc.	6.78	3	3
P1-Coro	P. conc.	56.71	5	12

Tabla 8.1. Cálculo ocupación en cada una de las zonas

Siguiendo este Documento básico, para los usos previstos no contemplados en dicho documento, deben procederse por asimilación en función de la densidad de ocupación, movilidad de los usuarios... etc.

8.2.1.2. Número de salidas, longitud de recorridos de evacuación

En la tabla 3.1. de la norma se encuentra indicado el número mínimos de salidas que deben disponerse como mínimo en cada caso, así como la longitud de los recorridos de evacuación hacia dichas salidas.

Atendiendo al Anejo A del CTE, se entiende por Salida de Planta:

- El arranque de una escalera no protegida que conduce a una salida de edificio, siempre que el área del hueco del forjado no exceda a la superficie en planta de la escalera en más de 1.30 m².
- El arranque de una escalera compartimentada como los sectores de incendio, o una puerta de acceso a una escalera protegida, a un pasillo protegido, o a un vestíbulo de independencia de una escalera especialmente protegida.
- Una puerta de paso a través de un vestíbulo de independencia, a un sector de incendio diferente, que exista en la misma planta.
- Una salida de planta también es una salida del edificio.

El uso del edificio que ocupa en este proyecto, quedando considerado como de Pública Concurrencia y tener además una ocupación superior a 100 personas debe tener más de una salida en planta. Es por ello por lo que consta de un total de tres salidas.

De acuerdo a la normativa, para plantas o recintos en los que se dispone de más de una salida en planta, la longitud de los recorridos de evacuación hasta alguna de dichas salidas no debe ser superior a 50m.

8.2.1.3. Dimensionado de los medios de evacuación

La normativa enumera en el apartado *CTE-DB-SI3-4.1.* los criterios a considerar a la hora de la asignación de ocupantes. Para el dimensionado de los elementos de evacuación se seguirá la tabla 8.2.

Tipo de elemento	Dimensionado
Puertas y pasos	$A \geq P / 200^{(1)} \geq 0,80 \text{ m}^{(2)}$ La anchura de toda hoja de puerta no debe ser menor que 0,80 m, ni exceder de 1,23 m.
Pasillos y rampas	$A \geq P / 200 \geq 1,00 \text{ m}^{(3)(4)(5)}$
En zonas al aire libre:	
Pasos, pasillos y rampas	$A \geq P / 600^{(10)}$
Escaleras	$A \geq P / 480^{(10)}$

Tabla 8.2. Dimensionamiento medios de evacuación [21]

Dónde:

A: Anchura del elemento (m)

P: Número de personas total que tiene previsto paso por el punto de anchura a dimensionar

El cálculo por tanto de la anchura de las salidas del recinto, de planta o de edificio se realizará, según se establece, teniendo en cuenta la inutilización de una de las salidas bajo la hipótesis más desfavorable cuando haya más de una, que es el caso que ocupa este edificio.

Exceptuando cuando los ocupantes son habituales o conocedores del edificio, las pautas que siguen las personas para elegir una de las salidas es sumamente variable y aleatoria. Es por ello por lo que dicha asignación de ocupantes por salida quede a juicio del proyectista.

Contando con que este edificio consta de tres salidas en planta, quedando una de ellas inutilizada se establecerá $P=145$ como caso más desfavorable. Con esto se tendrán que cumplir las siguientes anchuras mínimas de los elementos de evacuación:

$$\text{Puertas y pasos : } A \geq \frac{P}{200} = \frac{145}{200} < 0,8 \text{ m} \rightarrow A = 0,8 \text{ m}$$

Esto implica que las puertas interiores previstas como una salida de evacuación deben ser de al menos 0.8m de anchura. Aquellas puertas previstas como salida de planta o de edificio y las previstas para la evacuación de más de 50 personas serán abatibles con eje de giro vertical y su sistema de cierre, o bien no actuará mientras haya actividad en las zonas a evacuar o bien consistirá en un dispositivo de fácil y rápida apertura desde el lado el cual provenga dicha evacuación, sin tener que utilizar llaves o actuar sobre más de un mecanismo.

$$\text{Pasillos y rampas: } A \geq \frac{P}{200} = \frac{145}{200} < 1 \text{ m} \rightarrow A = 1 \text{ m}$$

Deberán comprobarse también los pasos entre las filas de asientos. La norma establece que las filas de asientos con salidas a pasillo en sus dos extremos tendrán una anchura de 30cm en filas de 14 asientos, sumando 1.25cm por cada asiento adicional. Contando con que aproximadamente se tendrán 10 asientos por fila, se establece que la anchura entre filas de asientos deberá ser igual o superior a 30 cm.

En cuanto a las escaleras, deberán contar con una anchura mínima de un metro en todo su recorrido.

8.2.1.4. Señalización de los medios de evacuación

A continuación se atenderán a las señales de evacuación que deben ser utilizadas definidas en la norma UNE 23034:1988. Se dispondrán conforme a los siguientes criterios:

- Las salidas de recinto, planta o edificio tendrán una señal con el rótulo “SALIDA”, excepto en edificios de uso Residencial Vivienda y, en otros usos, cuando se trate de salidas de recintos cuya superficie no exceda de 50 m^2 , serán fácilmente visibles desde todo punto de dichos recintos y los ocupantes estén familiarizados con el edificio.
- La señal con el rótulo “Salida de emergencia” debe utilizarse en toda salida prevista para uso exclusivo en caso de emergencia. Este edificio no cuenta con salidas destinadas únicamente para

emergencias, por lo que esta señalización no será aplicable.

- c) Se dispondrán señales indicativas para la dirección de los recorridos de incendio, visibles desde todo origen de evacuación desde el que no se perciban directamente las salidas.
- d) Aquellos puntos de los recorridos de evacuación en los que existan alternativas que puedan inducir a error, deberán disponer de señales con el rótulo “Sin salida”, situándolo en un lugar fácilmente visible.
- e) Aquellos elementos de protección contra incendios de utilización manual estarán señalizados mediante señales definidas en la norma UNE 23033-1.

8.2.2. Dotación de instalaciones de protección

Dentro del *CTE-DB-SI 4* se encuentran reunidas las exigencias a la hora de disponer de instalaciones de detección, control y extinción de incendios. En la tabla 1.1. de esta sección podrán observarse dichas exigencias en función del uso previsto, niveles de riesgo, etc.

La norma recoge que aquellas zonas cuyo uso previsto sea distinto y subsidiario del principal del edificio en el que estén integradas y que constituyan un sector de incendio diferente, deben disponer de la dotación de instalaciones particular que se indique para el uso previsto de esa zona concreta.

Tal y como se viene especificando, este proyecto queda definido por un único sector de incendios clasificado como pública concurrencia, por lo que atenderemos a estas exigencias particulares.

Uso previsto del edificio o establecimiento	Condiciones
Instalación	
En general	
Extintores portátiles	Uno de eficacia 21A -113B: <ul style="list-style-type: none"> - A 15 m de recorrido en cada planta, como máximo, desde todo <i>origen de evacuación</i>. - En las zonas de riesgo especial conforme al capítulo 2 de la Sección 1⁽¹⁾ de este DB.

Tabla 8.3. Dotación de instalaciones de protección en general [21]

Pública concurrencia

Bocas de incendio equipadas	Si la superficie construida excede de 500 m ² . ⁽⁷⁾
Columna seca ⁽⁵⁾	Si la altura de evacuación excede de 24 m.
Sistema de alarma ⁽⁶⁾	Si la ocupación excede de 500 personas. El sistema debe ser apto para emitir mensajes por megafonía.
Sistema de detección de incendio	Si la superficie construida excede de 1000 m ² . ⁽⁸⁾
Hidrantes exteriores	En cines, teatros, auditorios y discotecas con superficie construida comprendida entre 500 y 10.000 m ² y en recintos deportivos con superficie construida comprendida entre 5.000 y 10.000 m ² . ⁽³⁾

Tabla 8.4. Dotación de instalaciones de protección en locales de pública concurrencia [21]

Sector de incendio	Extintores portátiles	Columna seca	B.I.E	Detección	Instalación de alarma	Rociadores automáticos
Pública concurrencia	Norma Proy. SI SI	Norma Proy. NO NO	Norma Proy. SI SI	Norma Proy. NO NO	Norma Proy. NO NO	Norma Proy. NO NO

Tabla 8.5. Dotación de instalaciones contra incendio para este proyecto

8.3. Distribución de extintores portátiles

Los criterios a seguir para la ubicación de los extintores en planta serán los siguientes:

- No debe haber más de 15m de recorrido libre de evacuación sin estar protegido por al menos un extintor.
- Aquellas zonas de riesgo especial, deberán disponer de un extintor en el exterior del local o en la zona más próxima a la puerta de acceso.
- En los locales de riesgo especial, el recorrido libre de evacuación será como máximo 10 m.

A continuación se realiza una distribución en planta de los extintores y se comprueba que cubren la distancia de acción mínima.

8.4. Selección e instalación de bocas de incendio equipadas

8.4.1. Introducción

Se define B.I.E (Boca de Incendio Equipada) como un dispositivo capaz de llevar a cabo la lucha contra incendios previsto para una primera intervención, permitiendo transportar y proyectar agua hasta el lugar del fuego. Constituyen un sistema de extinción de incendio bastante eficaz, ya que son capaces de proporcionar un suministro de agua inmediato y continuo. Son especialmente útiles para las primeras fases del incendio.

Un sistema de bocas de incendio equipadas está formado por:

- Una fuente de abastecimiento de agua, que debe garantizar la correcta presión y caudal.
- Red de tuberías
- Bocas de incendio

Las bocas de incendio equipadas son de obligada instalación en determinados usos y actividades, como es el caso de este proyecto. Dicha obligada instalación depende de múltiples factores, como son el tipo de actividad a desarrollar, la superficie de desarrollo de la misma o la carga de fuego existente. El Código Técnico de la Edificación y el Reglamento de Seguridad Contra Incendios en Establecimientos Industriales son las normativas reguladoras de la obligatoriedad de este tipo de instalaciones.

En los siguientes apartados se realizará un estudio de todas las prescripciones necesaria que debe tener esta instalación para posteriormente poder modelarla con Revit.

8.4.2. Tipos de B.I.E.

En función del diámetro interior de la manguera, el Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios define dos tipos de BIES:

- **BIE 45 mm**

Este tipo de BIES son de común instalación en aquellos lugares donde se prevé que pueden producirse incendios importantes, ya sea por ejemplo por la presencia de combustibles que den lugar a una gran carga calorífica. Son muy apropiadas para establecimientos de tipo industrial. Este tipo de BIES además funcionan a una presión bastante elevada, y por tanto su utilización requiere de personal que esté familiarizado con el uso de las mismas. Están dotadas de una manguera flexible que es necesario desplegar totalmente antes de abrir la válvula. En la figura 8.1 se observa una imagen que muestra las diferentes partes que componen este tipo de BIES.

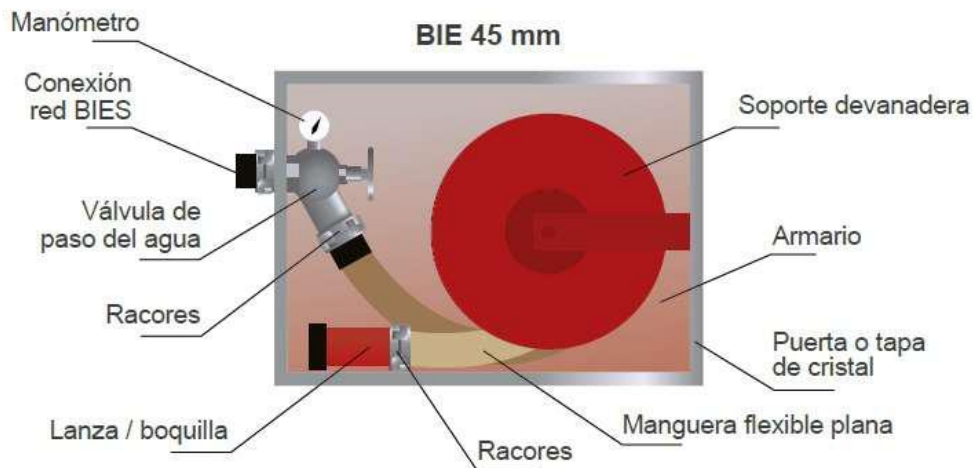


Figura 8.1. Esquema BIE 45 mm [31]

- **BIE 25 mm**

Las BIES 25 mm presentan otro tipo de funcionamiento y características. Debido a su reducido caudal y estar dotadas de una manguera semirrígida son capaces de funcionar sin la necesidad de ser desplegadas completamente. Esto quiere decir que es posible la circulación del agua por su interior aun cuando se encuentre parcialmente recogida sobre un soporte. Estas características hacen que, al contrario que las BIES 45mm, pueden ser usadas por cualquier persona. Este tipo de BIES se recomiendan para locales cuya carga calorífica no es elevada, como ocurre en viviendas, hoteles, centros educativos.... Cada uno de los elementos que las componen se observan en la figura 8.2. .

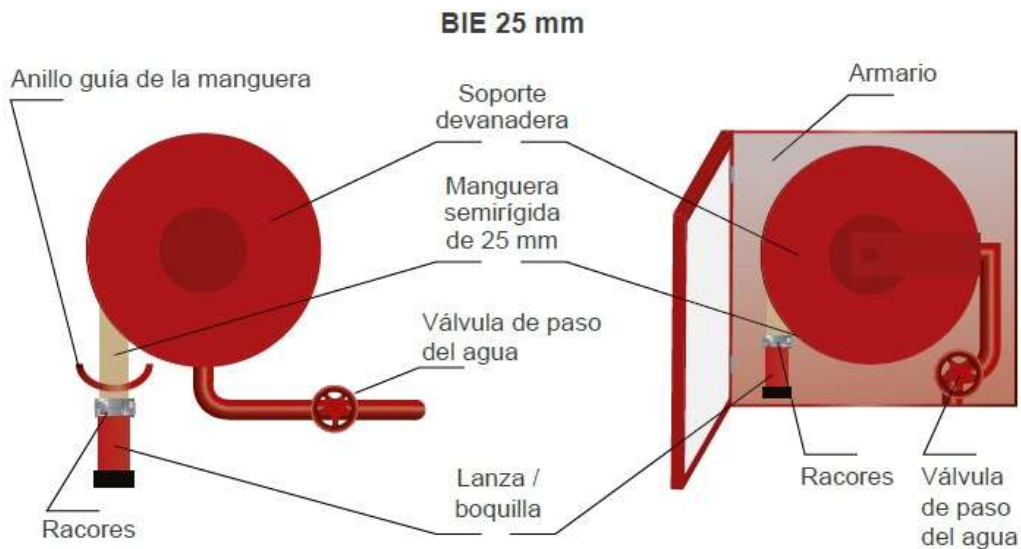


Figura 8.2. Esquema BIE 25 mm [31]

Para este proyecto, se usarán BIES de 25mm tal como especifica el reglamento.

8.4.3. Emplazamiento y distribución

A la hora de establecer el alojamiento de las BIES se han de tener en cuenta las siguientes condiciones:

- Se instalarán siempre que sea posible en el interior del edificio, en lugares accesibles y operables. Debe situarse en zonas libres de obstáculos que permitan su fácil acceso y maniobra.
- Deberán montarse sobre un soporte rígido, de forma que la boquilla y la válvula de apertura manual y

el sistema de apertura del armario, si existen, estén situadas como máximo 1.5m del nivel del suelo.

- Deberán situarse a una distancia máxima de 5m de las salidas del sector de incendios. Dicha medida deberá efectuarse sobre el correspondiente recorrido de evacuación, sin que constituyan un obstáculo para su utilización.
- La separación máxima entre BIES deberá ser de 50m.
- Ningún punto del establecimiento protegido distará más de 25m de la BIE más próxima.

8.4.4. Presiones y caudales

Para el correcto funcionamiento de la instalación, el sistema de BIES debe disponer de un abastecimiento de agua que sea capaz de proporcionar el caudal de agua necesario y la presión suficiente. En función de las características del establecimiento, deberá contemplarse la necesidad de hidrantes exteriores.

La eficacia de extinción de incendios del sistema va a depender, en el caso de la BIES del caudal que sean capaces de arrojar, dependiendo esto directamente de la presión y las características de descarga del orificio de salida del agua.

La expresión hidráulica que hace esta relación viene dada como:

$$Q = K \sqrt{P}$$

Q: Caudal (l/min)

K: Factor de descarga. Indica la pérdida de carga en el orificio de salida

P: Presión (bar)

El factor de descarga que se usará en este proyecto será el correspondiente al de BIES de 25mm: **K= 42**

El RIPCI (Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios) establece como exigencia que “la red de tuberías deberá proporcionar, durante una hora, en la hipótesis de funcionamiento simultáneo de las 2 BIES hidráulicamente más desfavorables, una presión dinámica a la entrada comprendida entre un mínimo de 300 kPa y un máximo de 600 kPa.

Siguiendo la norma UNE EN 671-1, atendiendo a la tabla 4 del apartado 10.3 Caudales mínimo, se pueden observar los caudales mínimos resultantes de los ensayos realizados sobre una BIE 25mm. Estos caudales mínimos en posición de chorro y pulverización no deben ser inferiores a los indicados en la tabla.

Tabla 4
Caudal mínimo y coeficiente K mínimo en función de la presión

Diámetro del orificio de la lanza-boquilla o diámetro equivalente (mm)	Caudal mínimo Q (l/min)			Coeficiente K (véase la nota)
	P = 0,2 MPa	P = 0,4 MPa	P = 0,6 MPa	
4	12	18	22	9
5	18	26	31	13
6	24	34	41	17
7	31	44	53	22
8	39	56	68	28
9	46	66	80	33
10	59	84	102	42
12	90	128	156	64

NOTA - El caudal Q a la presión P se obtiene por la ecuación $Q = K \sqrt{10 P}$ donde Q se expresa en litros/minuto y P en megapascales.

Tabla 8.6. Caudal y coeficiente K mínimo en función de la presión [32]

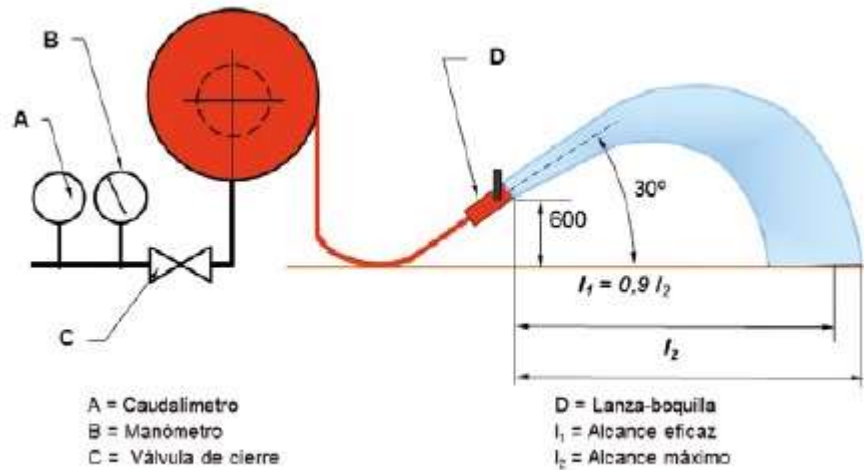


Figura E.4. – Método de ensayo para medir el alcance eficaz

Figura 8.3. Esquema método de ensayo [31]

De acuerdo a la norma, el alcance eficaz a la presión de 0.2 MPa no debe ser inferior a:

- Chorro compacto: 10m
- Pulverizador en cortina: 6m
- Pulverización cónica: 3m

En acuerdo a estas condiciones, se realizan los siguientes cálculos:

$$Q = 42 \cdot \sqrt{3} = 72.75 \text{ l/min}$$

$$Q = 42 \cdot \sqrt{6} = 102.88 \text{ l/min}$$

Por tanto se consideran como parámetros de diseño:

$$P_{\text{dinámica entrada BIE}} = 3 - 6 \text{ bar}$$

$$Q_{\text{diseño BIE}} \approx 100 \text{ l/min}$$

Este caudal viene establecido por la norma y se considera apropiado para una BIE de tipo 25 mm.

Haciendo uso de la misma expresión, para un caudal de diseño de 100 l/min, la presión mínima necesaria en la BIE se calcularía como:

$$100 = 42 \cdot \sqrt{P} \rightarrow P_{\text{BIE}} = 5,7 \text{ bar}$$

Teniendo en cuenta la exigencia de funcionamiento de 2 BIES simultáneamente, el caudal de abastecimiento de agua que se deberá proporcionar teniendo en cuenta lo anterior:

$$Q = 100 \cdot 2 = 200 \text{ l/min} = 12 \text{ m}^3/\text{h}$$

Además quedará definida la reserva mínima de agua durante el tiempo de autonomía:

$$Q = 100 \cdot 2 = 200 \text{ l/min} = 12 \text{ m}^3/\text{h}$$

Estas son para todo caso las **condiciones mínimas de suministro** según el reglamento para BIES de 25mm.

BIE	CUDAL INST.		RESRVA		
TIPO BIE	Núm.	Por cada BIE	Mínimo exigido	Tiempo	Capacidad de agua
25mm	2	100 l/min	200 l/min	60 min	12 m ³

Tabla 8.7. Propiedades tipo de BIE seleccionada para el proyecto

8.4.5. Red abastecimiento BIES

8.4.5.1. Condiciones de diseño

A la hora del diseño de una red de BIEs, de acuerdo al reglamento es necesaria la realización de un estudio de las pérdidas de carga totales que tienen lugar en la instalación en su situación más desfavorable. De esta forma, se obtiene la presión mínima que debe proporcionar el sistema de impulsión dispuesto para la instalación.

Los sistemas de BIES deberán estar compuestos por una fuente de abastecimiento de agua, una red de tuberías y las bocas de incendio que sean necesarias.

Tal y como se ha especificado en los cálculos anteriores, la red de tuberías deberá ser capaz de proporcionar durante una hora como mínimo unas condiciones de funcionamiento simultáneo de ambas BIEs, a una presión dinámica de 2 bares en el orificio de salida de cualquier BIE.

La red de abastecimiento de agua utilizada deberá ser específica, no permitiéndose que se tome agua de ella para otros usos. La procedencia de la fuente de agua utilizada podrá ser de la red pública de agua. Se deberá atender a la presión de abastecimiento de dicha red pública. En el caso que no cumpliera con los requisitos de presión establecidos para la instalación, deberá dotarse a la misma de un sistema de abastecimiento propio, dotado de un depósito y un sistema de presurización. Se deberán seguir las condiciones para sistemas de abastecimiento de agua contra incendios según la Norma UNE 23500.

La red de tuberías deberá cumplir también con dicha Norma, estableciendo para este proyecto unas tuberías de acero galvanizado.

8.4.5.2. Cálculo de la instalación

La red de uso exclusivo para la instalación de BIEs se abastecerá directamente desde el aljibe existente en el edificio y de capacidad 12 m³, tal y como se ha calculado anteriormente.

Las características para el cálculo son las siguientes:

- Volumen mínimo necesario aljibe: 12 m³
- Caudal en el grupo de presión: 12 m³/h
- Presión mínima del orificio de salida para funcionamiento simultáneo de las dos BIEs (presión dinámica de entrada mínima) : 2 Kg/cm² (200 kPa)
- Presión dinámica máxima: 5 Kg/cm² (500 kPa)
- Autonomía: 1 hora
- Velocidad máxima del agua en las tuberías: 1.8 m/s

La sección mínima de las tuberías puede establecerse a partir de la definición de caudal:

$$Q(l/s) = v (m/s) \cdot \frac{\pi d^2 (mm^2)}{4000}$$

CAUDAL	Diámetro mínimo
$Q_1 = 100 \text{ L/min} = 1.67 \text{ L/s}$	34.4 mm
$Q_2 = 200 \text{ L/min} = 3.34 \text{ L/s}$	48.6 mm

Tabla 8.8. Diámetros mínimos tuberías

Estos valores ayudarán a comparar posteriormente el dimensionamiento que se pueda obtener por parte de Revit.

8.4.5.3. Selección grupo de bombeo

Para la correcta selección del grupo de bombeo que asegure proporcionar el caudal necesario a la presión

requerida de salida de agua para cada una de las BIEs, hay que realizar un estudio de las pérdidas de carga que tienen lugar en la instalación.

El diseño de este grupo de presión debe estar sujeto a la normativa aplicable contra incendios y seguir el esquema general que puede observarse en la figura 8.4.

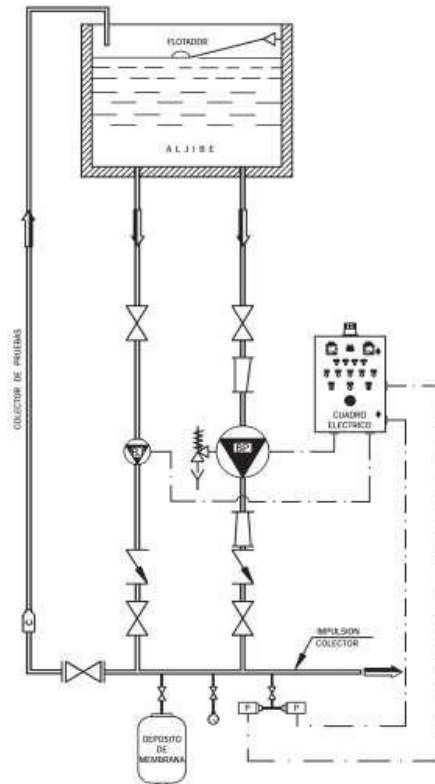


Figura 8.4. Esquema general grupo presión [33]

Para determinar el grupo de bombeo se tendrán en cuenta las siguientes pérdidas de carga:

- Pérdida de carga en tuberías: Mediante Revit, se lograrán obtener a continuación las pérdidas de carga que tienen lugar en cada uno de los tramos de la instalación.
- Altura geométrica: constituye la diferencia de cota entre la bomba y la BIE más desfavorable.
- Presión de aspiración: diferencia de cota entre el grupo de bombeo y el depósito.
- Presión mínima de la BIE.

8.5. Modelado de la instalación en Revit

8.5.1. Definición de espacios y tablas de planificación

Para trabajar esta instalación sobre Revit se comenzará con la determinación de los sectores de incendio. Para ello, se hará uso de la herramienta de espacios y zonas, ya que esto permitirá posteriormente la comprobación de superficies en tablas de planificación añadiendo parámetros adicionales. Con ello se conseguirá que los diferentes sectores queden bien identificados.

Dado que en este proyecto se va a considerar un único sector de incendio, no se realizarán tablas para enumerar y reunir características de los sectores.

Lo que se hará a continuación será crear una tabla de cantidades donde quede reflejado el cálculo de ocupación. De esta forma, se conseguirá que en Revit quede definido el nivel de ocupación de acuerdo con el CTE-DB-SI. Se definirán en estas tablas de planificaciones nuevos parámetros como el área total por persona

en función del tipo de espacio o el número de personas total según el reglamento.

Generar estas tablas de planificación ofrece la ventaja de que en ellas quedará reflejado cualquier cambio que tenga lugar en el proyecto.

Creación de tablas para cálculo de densidad de ocupación:

1. Definición de los distintos espacios mediante áreas: Para hacer esto previamente es importante crear un plano de áreas. Los planos de área definen las relaciones espaciales de un edificio. Una vez que sea creado un esquema para definir áreas en un plano, es posible asignar tipos de áreas individuales de un plano de áreas. Se crearán dos planos de área, uno correspondiente al nivel de acceso y otro para el coro. Dentro de opciones de visibilidad se podrán desactivar para esta vista de plano aquellos elementos que contenga el modelo que puedan dificultar la visibilidad o el trazado de las áreas, teniendo de este modo una vista más limpia y en la que sea puedan distinguir perfectamente los espacios. Además se podrán realizar modificaciones como puede ser el nombre del propio plano. En cada uno de ellos se definirán las áreas haciendo uso de la opción trazado del contorno de cada una de ellas. Se crean las diferentes áreas. Se deberá indicar cada tipo de área mediante anotaciones. Haciendo doble clic sobre dichas anotaciones se puede editar la forma del texto. Se indicará el nombre y sus metros cuadrados.

2. Incluir parámetros: Para esta tabla interesa incluir parámetros como actividad que se desarrolla y valor de densidad de ocupación. Estos datos son sacados directamente de la normativa. En apartados anteriores ya se ha visto el procedimiento a seguir para la creación de nuevos parámetros que puedan usarse dentro de las tablas de planificación.

Nivel	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Nivel	Nombre	Uso previsto	Tipo de actividad	Área	Asientos	Densidad de Ocupación 1	Comentarios	Densidad de Ocupación 2	Ocupación calculada 2	Ocupación calculada 1	Ocupación
ACCESO	Sala 1	Pública concurrencia	Asamblea	10 m²	0	40.00 m²		0	0	0.254205	1
ACCESO	Aseo	Pública concurrencia	Aseo	7 m²	0	3.00 m²		0	0	2.259807	3
ACCESO	Sala 2	Pública concurrencia	Despacho	7 m²	0	10.00 m²		0	0	0.683006	1
ACCESO	Acceso Iglesia	Pública concurrencia	Espectáculos teatrales	248 m²	248	1000000000.00 m²	Se añade este val	1	248	0	248
ACCESO	Aula	Pública concurrencia	Espacio polivalente	10 m²	0	40.00 m²		0	0	1.841056	2
ACCESO	Sala 3	Pública concurrencia	Despacho	7 m²	0	10.00 m²		0	0	0.127031	1
ACCESO	Escalera	Pública concurrencia	No aplica	8 m²	0	1000000000.00 m²	Se añade este val	0	0	0	0
CORO	Coro	Pública concurrencia	Aula docente/Sala music	31 m²	0	0.00 m²		0	0	11.320175	12
ACCESO	Escalera 2	Pública concurrencia	No aplica	19 m²	0	1000000000.00 m²	Se añade este val	0	0	0	0
ACCESO	Pasillo acceso	Pública concurrencia	Espectáculos de pie	90 m²	248	1000000000.00 m²	Se añade este val	0.25	60	0	60

Tabla 8.9. Tabla planificación cálculo de ocupación en Revit

De esta forma se consigue añadir información al modelo en cuanto a lo que se refiere a ocupación del edificio.

8.5.2. Configuración de la plantilla mecánica

Para el desarrollo de esta instalación en Revit se deberá configurar una plantilla, al igual que se ha hecho para las instalaciones anteriores.

Las tuberías que se usarán se corresponderán con tuberías de acero DIN 2440, teniendo que adaptar los diferentes tamaños de tubería a la plantilla sobre la que se va a trabajar. La ventaja que poseen las plantillas es que una vez configuradas, pueden volver a utilizarse para otros proyectos, quedando la información añadida a ellas guardada y reutilizable las veces que se quiera.

Tubo de acero según norma DIN 2440 (UNE EN 10255m)

	Ø NOMINAL PULG	Ø EXTERIOR MM	ESPESOR MM	PESO KG/M	VOLUMEN INT L/M	PESO TOTAL TUBO CON AGUA KG/M
TUBO ACERO; TUBERÍA INDICADA PARA LA CONDUCCIÓN DE FLUIDOS EN INSTALACIONES CONTRAINCENDIOS REFRIGERACIÓN, AIRE COMPRIMIDO, ACOMETIDAS Y REDES DE DISTRIBUCIÓN DE GAS.	1/4	13,50	2,35	0,68	0,061	0,74
	3/8	17,20	2,35	0,89	0,123	1,01
	1/2	21,30	2,65	1,27	0,201	1,47
	3/4	26,90	2,65	1,65	0,366	2,02
	1	33,70	3,25	2,55	0,581	3,13
	1 1/4	42,40	3,25	3,28	1,012	4,29
	1 1/2	48,30	3,25	3,77	1,372	5,14
	2	60,30	3,65	5,33	2,205	7,54
	2 1/2	76,10	3,65	6,80	3,716	10,52
	3	88,90	4,05	8,85	5,125	13,98
	4	114,30	4,5	12,60	8,704	21,30
	5	139,70	4,85	16,90	13,267	30,17
6	165,10	4,85	20,10	18,957	39,06	

Tabla 8.10. Tamaños tuberías de acero según norma DIN 2440 [34]

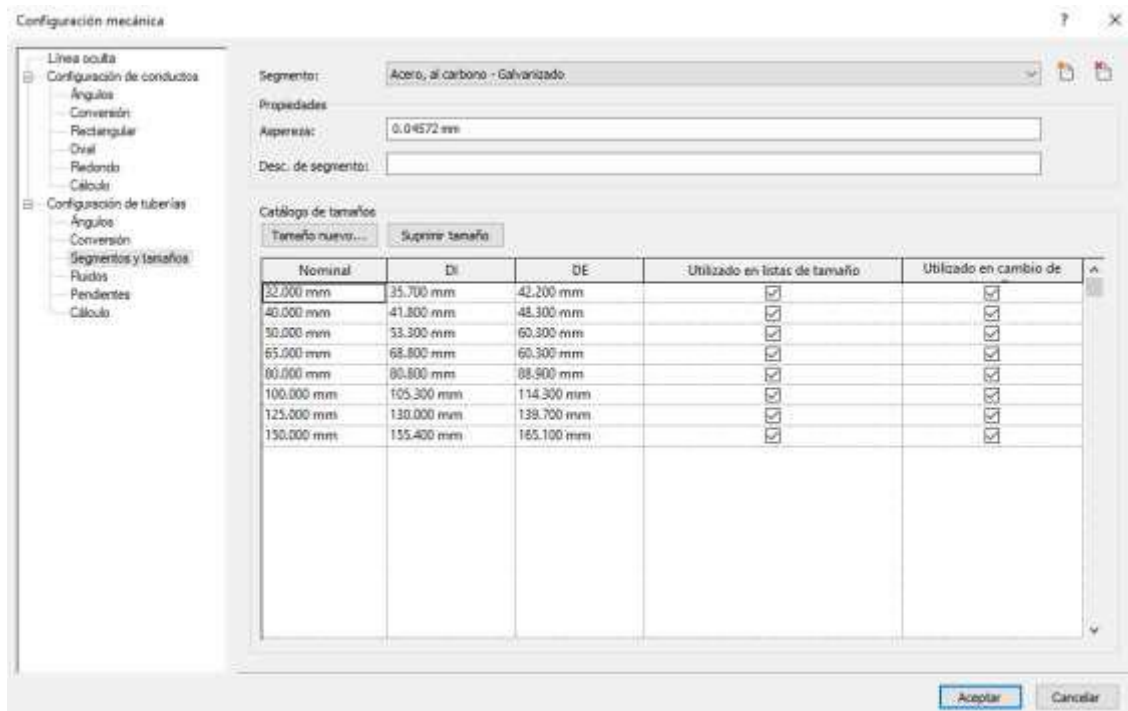


Figura 8.5. Introducción diámetros tuberías. Configuración mecánica

8.5.3. Colocación y configuración de elementos contra incendio

Tal y como se ha especificado anteriormente, el sistema contra incendios a instalar está dotado de dos BIES 25mm con su correspondiente red de tuberías.

La propia librería de Revit proporciona familias de BIES que se podrán colocar en el modelo. Tal y como se viene haciendo hasta ahora, es importante la correcta configuración del tipo de sistema que van a establecer estos aparatos y la configuración de sus conectores.

Una vez cargada la familia se colocarán los aparatos a partir del cuadro de diálogo de *Sistemas* ➤ *Equipos Mecánicos*.

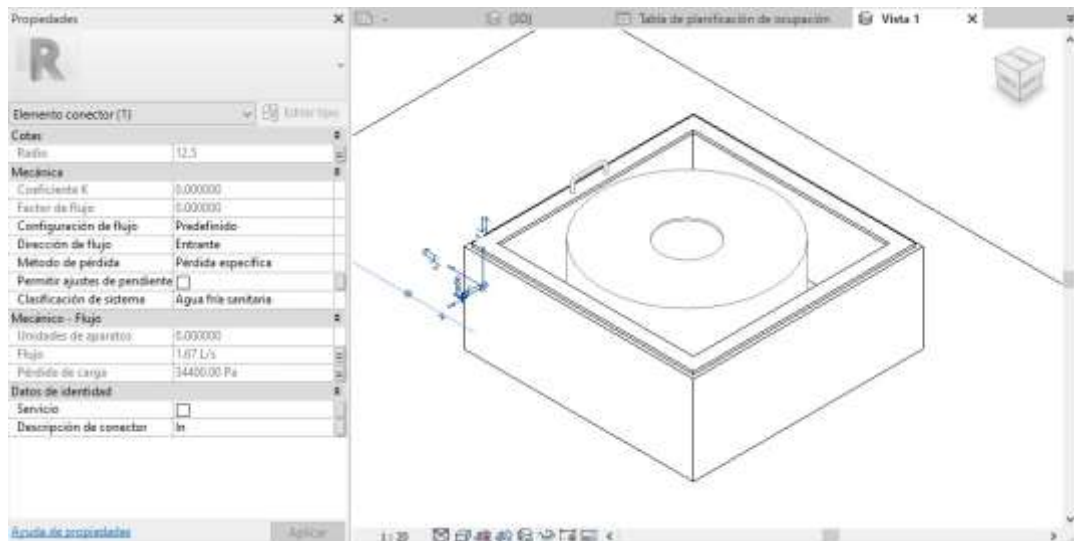


Figura 8.6. Configuración de los conectores. Editor de familias

En el editor de familia, deberemos configurar el conector de forma que quede indicado:

- La *Dirección de flujo* deberá quedar indicada como *Entrante*, ya que estos aparatos están siendo abastecidos de agua.
- Dentro de *Clasificación del sistema* se encuentra la opción de poder clasificarlo como un sistema de protección contra incendios húmedo. Si se escogiera este tipo de clasificación, posteriormente no podrá realizarse el cálculo de las tuberías para esta instalación, por lo que el sistema quedará clasificado como Agua fría Sanitaria. De este modo, se consigue que Revit sea capaz de realizar cálculos para el dimensionamiento de las tuberías.
- En cuanto al flujo y a la pérdida de carga, quedarán predefinidos a partir de los cálculos que han sido realizados en el apartado anterior.

Una vez se han colocado ambas bocas de incendio equipadas, puede realizarse el trazado de tuberías. Para ello se realizará el mismo procedimiento de trazado automático de tuberías utilizado anteriormente con el cual Revit propone diferentes rutas de trazado de tuberías. Del mismo modo que con la red de abastecimiento de agua fría, podrán dimensionarse las tuberías estableciendo límites de velocidad. Para este caso, tal y como se ha especificado anteriormente, se fijará una velocidad para el diseño de 1,8 m/s. De este modo quedará constituido el sistema contra incendios. En el caso de tener pérdidas de excesivas, puede cambiarse manualmente el valor de los diámetros de las tuberías.

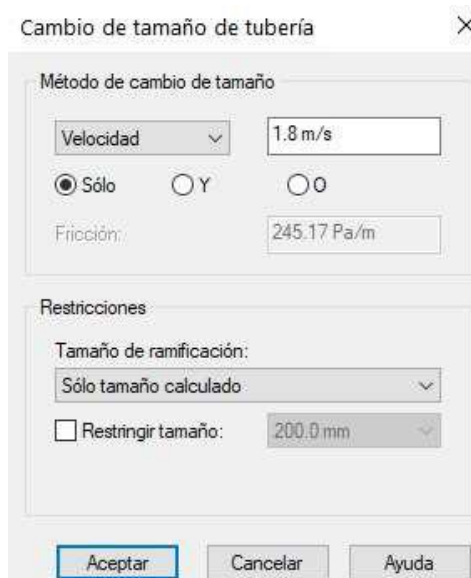


Figura 8.7. Condición velocidad. Dimensionamiento tuberías

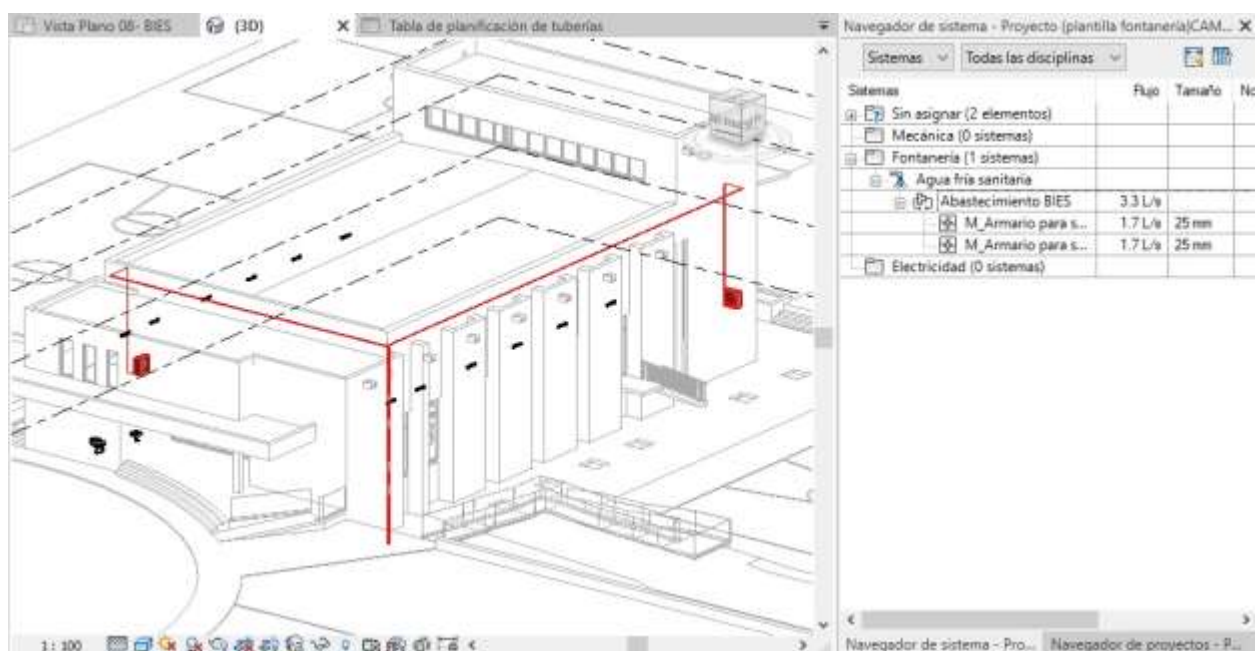


Figura 8.8. Sistema contra incendios

Una vez obtenido el trazado de tuberías podrá obtenerse la correspondiente tabla de planificación que incluya diferentes parámetros de interés de las tuberías. Gracias al cálculo que realiza Revit de las pérdidas de carga podrá realizarse cómodamente el estudio del grupo de bombeo que sería necesario para la instalación.

<Tabla de planificación pérdidas de carga tuberías>			
A	B	C	D
Tramo Tubería	Flujo	Pérdida de carga	Comentarios
AB	1.7 L/s	0.1 kPa	BIE I
BC	1.7 L/s	0.4 kPa	BIE I
CD	1.7 L/s	4.8 kPa	BIE I
DE	1.7 L/s	1.3 kPa	BIE I
EF	1.7 L/s	6.8 kPa	BIE I
FG	3.3 L/s	0.0 kPa	COMUN
GH	1.7 L/s	11.6 kPa	BIE II
GK	3.3 L/s	4.5 kPa	COMUN
HI	1.7 L/s	1.0 kPa	BIE II
IJ	1.7 L/s	5.4 kPa	BIE II
JJ	1.7 L/s	0.0 kPa	BIE II

Tabla 8.11. Tabla planificación pérdidas de carga en tuberías

Pérdidas BIE I	Pérdidas BIE II
17.9 kPa = 1.83 mca	22.5 kPa = 2.3 mca

Tabla 8.12. Pérdidas totales en cada BIE

Para escoger el grupo de bombeo se seleccionará el caso más restrictivo, por lo que se tendrán en cuenta las pérdidas que tienen lugar en la red hasta la BIE II.

A partir de estos resultados, se podrá determinar el grupo de presión necesario teniendo en cuenta:

Pérdida de carga en tuberías	2.3 mca
Altura geométrica	5 mca
Altura de aspiración	0 mca
Presión mínima en la BIE	57 mca
GRUPO DE PRESIÓN	64.3 mca

Tabla 8.13. Cálculo presión de grupo

Para estos valores se ha considerado que el grupo de presión puede estar colocado al nivel de PATIOS, lo que hace que la altura geométrica a la BIE más desfavorable sea de 5m. Por otro lado, se ha considerado que no se va a tener altura por aspiración, asumiendo que el depósito no se encontrará enterrado y que estará a igual cota que el grupo de bombeo y por último se hace referencia a la presión mínima en la BIE que fue calculada anteriormente. Con todo ello se obtiene una presión de grupo de 64.3 mca.

A partir de este valor y del caudal de grupo resultante de 12 m³/h (calculado en apartados anteriores), puede escogerse un grupo de presión adecuado para la instalación. Para ello, se hará uso de un catálogo proporcionado por EBARA, escogiendo los grupos de presión pertenecientes a la normativa UNE 23-500-90. Se buscará un grupo que cumpla con las características descritas de presión y caudal.

		CAUDAL TOTAL (m ³ /h)									
		12	24	36	48	60	72	84	100	120	150
ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL (m.c.l.)	40	AF MATRIX 18-6/4 AF 3M 32-200/4	AF 3M 40-200/5,5	AF 3M 50-200/9,2	AF 3M 50-200/9,2	AF ENR 65-200/15	AF ENR 65-200/15	AF ENR 65-200/18,5	AF ENR 80-200/18,5	AF ENR 80-200/22	AF ENR 100-200/30
	45	AF MATRIX 18-6/4 AF 3M 32-200/4	AF 3M 40-200/7,5	AF 3M 50-200/9,2	AF 3M 50-200/9,2	AF ENR 65-200/15	AF ENR 65-200/18,5	AF ENR 65-200/18,5	AF ENR 80-200/22	AF ENR 80-200/30	AF ENR 100-200/37
	50	AF MATRIX 18-6/4 AF 3M 32-200/3,5	AF 3M 40-200/7,5	AF 3M 50-200/11	AF 3M 50-200/11	AF ENR 65-200/18,5	AF ENR 65-200/22	AF ENR 65-200/22	AF ENR 80-200/30	AF ENR 80-200/30	AF ENR 100-200/37
	55	AF MATRIX 18-6/4 AF 3M 32-200/3,5	AF 3M 40-200/11	AF 3M 50-200/11	AF 3M 50-200/11	AF ENR 65-200/22	AF ENR 65-200/22	AF ENR 65-200/30	AF ENR 80-200/30	AF ENR 80-200/37	AF ENR 80-200/37
	60	AF MATRIX 18-6/4 AF 3M 32-200/3,5	AF 3M 40-200/11	AF 3M 50-200/15	AF 3M 50-200/15	AF ENR 65-200/30	AF ENR 65-200/30	AF ENR 65-250/30	AF ENR 80-200/37	AF ENR 80-200/37	AF ENR 100-250/45
	65	AF 3M 32-200/5,5	AF 3M 40-200/11	AF 3M 50-200/15	AF 3M 50-200/15	AF ENR 65-250/30	AF ENR 65-250/30	AF ENR 65-250/30	AF ENR 80-250/37	AF ENR 80-250/45	AF ENR 100-250/55
	70	AF MD 22-250/9,2 AF ENR 32-250/11	AF ENR 40-250/15	AF ENR 50-250/18,5	AF ENR 50-250/22	AF ENR 65-250/30	AF ENR 65-250/30	AF ENR 65-250/37	AF ENR 80-250/45	AF ENR 80-250/45	AF ENR 100-250/55
	75	AF MD 22-250/9,2 AF ENR 32-250/11	AF ENR 40-250/15	AF ENR 50-250/22	AF ENR 50-250/22	AF ENR 65-250/37	AF ENR 65-250/37	AF ENR 65-250/37	AF ENR 80-250/45	AF ENR 80-250/45	AF ENR 100-250/75
	80	AF MD 22-250/9,2 AF ENR 32-250/11	AF ENR 40-250/15	AF ENR 50-250/22	AF ENR 50-250/30	AF ENR 65-250/37	AF ENR 65-250/37	AF ENR 65-250/37	AF ENR 65-250/45	AF ENR 80-250/55	AF ENR 100-250/75
	85	AF MD 22-250/11 AF ENR 32-350/15	AF ENR 40-250/18,5	AF ENR 50-250/30	AF ENR 50-250/30	AF ENR 65-250/45	AF ENR 65-250/45	AF ENR 65-250/45	AF ENR 65-250/45	AF ENR 80-250/55	AF ENR 100-250/75
	90	AF MD 22-250/11 AF ENR 40-250/18,5	AF ENR 40-315/22	AF ENR 50-315/37	AF ENR 50-315/37	AF ENR 65-315/45	AF ENR 65-315/45	AF ENR 65-250/45	AF ENR 80-250/55	AF ENR 80-315/75	AF ENR 80-315/75
	95	AF ENR 40-315/18,5	AF ENR 40-315/22	AF ENR 50-315/37	AF ENR 50-315/37	AF ENR 65-315/45	AF ENR 65-315/45	AF ENR 65-315/45	AF ENR 80-315/75	AF ENR 80-315/75	AF ENR 80-315/75
	100	AF ENR 40-315/22	AF ENR 40-315/30	AF ENR 50-315/37	AF ENR 50-315/37	AF ENR 65-315/45	AF ENR 65-315/55	AF ENR 65-315/55	AF ENR 65-315/55	AF ENR 80-315/75	AF ENR 80-315/90
	PRESTACIONES SUPERIORES BAJO CONSULTA										

Tabla 8.14. Catálogo selección grupo de presión [33]

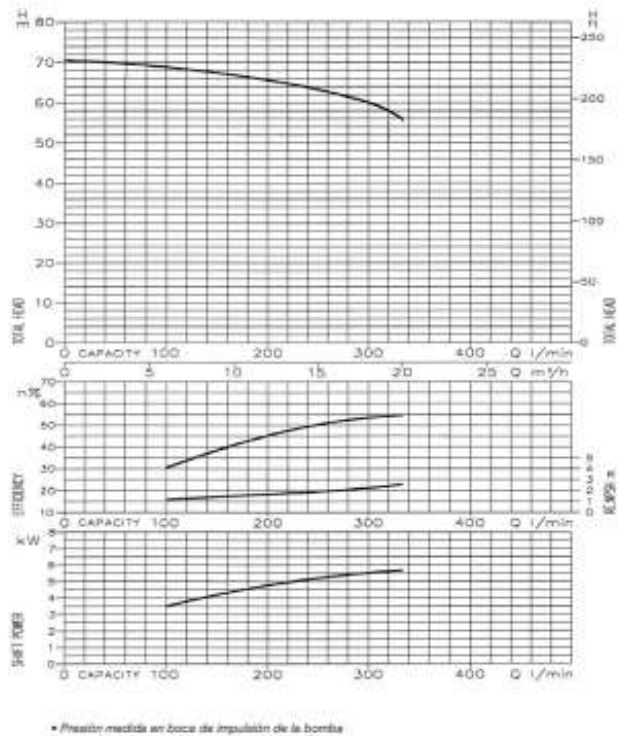


Figura 8.9. Curva característica – 3M/3P 32-200/5.5 [33]

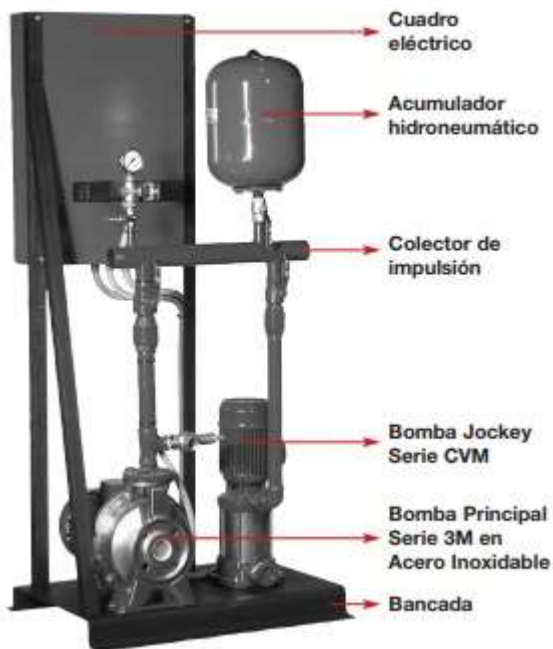


Figura 8.10. Grupo de presión AF 3M [33]

TABLA DE CARACTERÍSTICAS DE GRUPOS SERIE AF 3M
 Con Bomba Principal Monobloc en Acero Inoxidable Modelo "3M"

• Motores trifásicos eficiencia IE2.

Caudal m ³ /h	Altura manométrica total en m.c.a.		
	40	50	60
12	AF 3M 32-200/4.0	AF 3M 32-200/5.5	AF 3M 32-200/5.5
24	AF 3M 40-200/5.5	AF 3M 40-200/7.5	AF 3M 40-200/11
36	AF 3M 50-200/9.2	AF 3M 50-200/11	AF 3M 50-200/15
48	AF 3M 50-200/9.2	AF 3M 50-200/11	AF 3M 50-200/15
60	AF 3M 65-160/15	AF 3M 65-200/18,5	AF 3M 65-200/22

Bomba Jockey Modelo CVM (ver págs. 20, 21 y 22)

Tabla 8.15. Características grupo de presión serie AF 3M [33]

En cuanto a la colocación de los extintores de incendio portátiles, en primer lugar se deberá descargar una familia de extintores. Se obtendrá desde la página de bimobjects y quedará cargada en el proyecto. Una vez hecho esto, se colocarán de forma que su radio de actuación sea 15 m. Para poder realizar esta comprobación se harán uso de los círculos de anotación, mediante los cuales se podrán comprobar que todo el espacio quede perfectamente protegido por esa disposición de extintores.

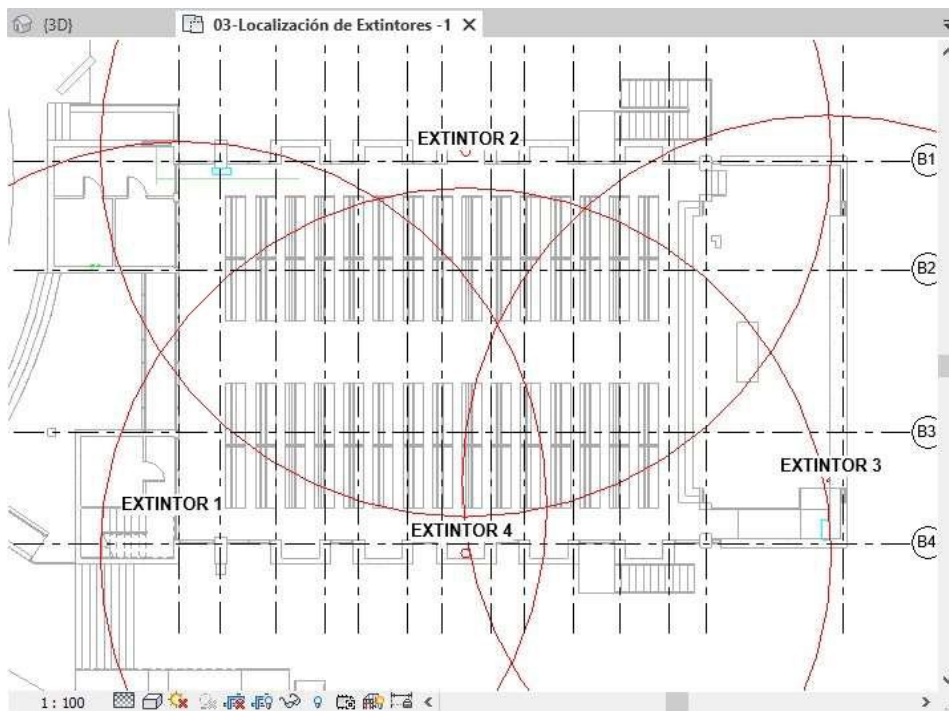


Figura 8.11. Anotaciones para comprobación radio de acción extintores (1)



Figura 8.12. Anotaciones para comprobación radio de acción extintores (2)

De esta forma, los extintores quedarán fijados a los pavimentos verticales, quedando como máximo a una altura de 1.70 m con respecto al suelo. Para conseguir esto último debe establecerse correctamente la altura en alzado respecto al nivel en cuestión en la ventana de propiedades o bien realizar una sección mediante la cual se tenga vista en alzado de la colocación del extintor.

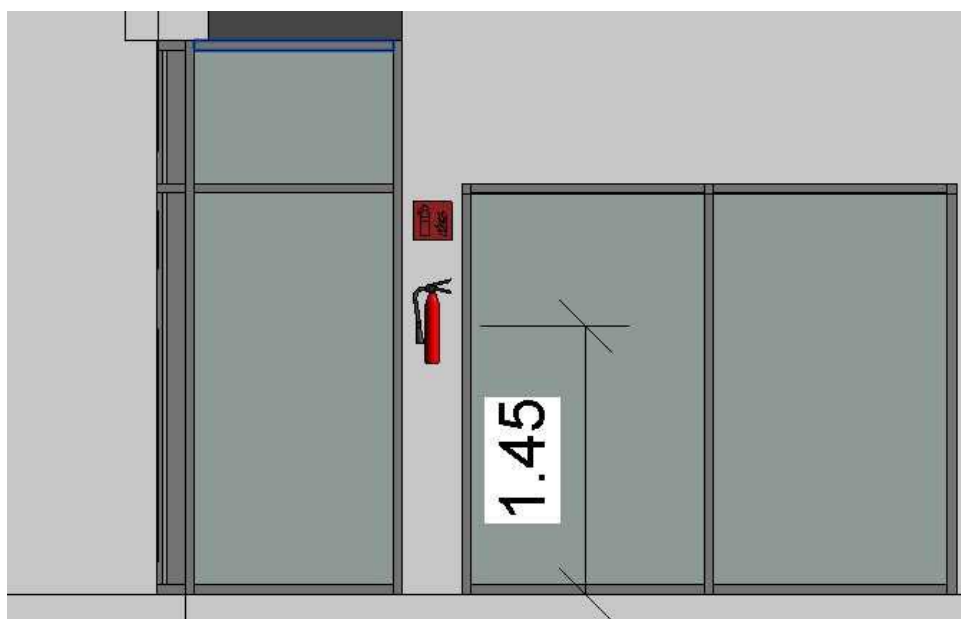


Figura 8.13. Colocación de extintores

8.5.4. Representación de elementos de evacuación

Para obtener una representación en planta de los recorridos de evacuación se realizarán planos mediante Revit. Se dibujarán en una vista en planta haciendo uso de la herramienta *Anotaciones* los recorridos más desfavorables, de forma que pueda comprobarse que no exceden de la distancia máxima establecida para cada recorrido. Dicha distancia se medirá desde el origen de evacuación hasta un punto en el que se transcurra en un espacio exterior seguro.

Esta medición podrá realizarse mediante la herramienta “Medir ➤ cadena” en Revit. Se procederá una vez

trazados y medidos cada uno de los recorridos a etiquetarlos mediante anotaciones de texto.

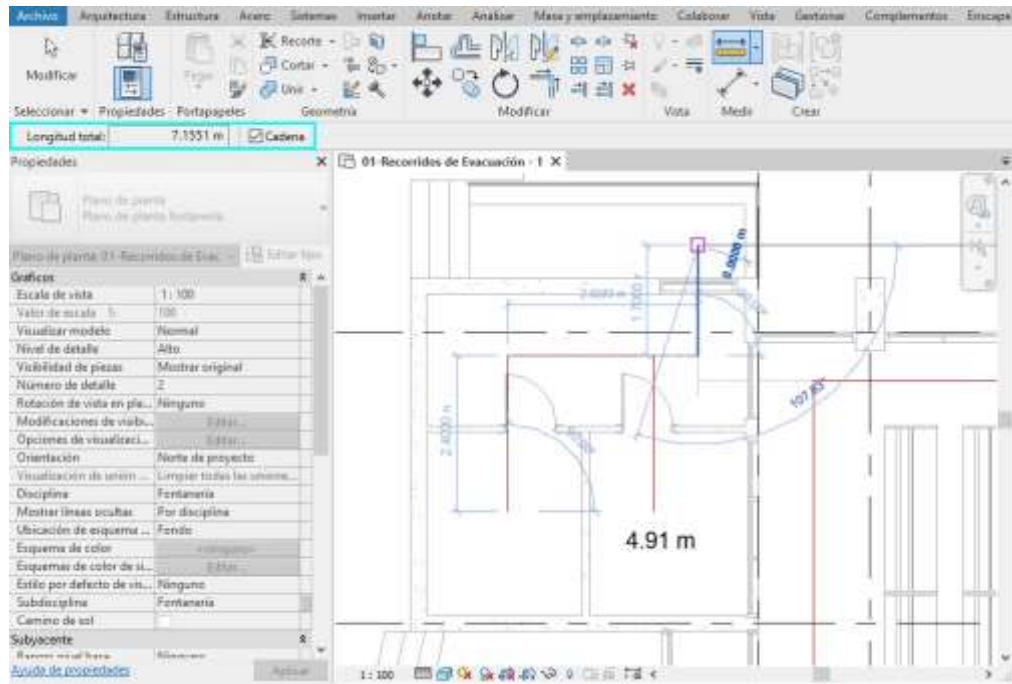


Figura 8.14. Anotaciones para medición de los recorridos de evacuación

En la figura 8.11 se observa directamente como todos los recorridos de evacuación cumplen con estos requisitos establecidos por la norma.

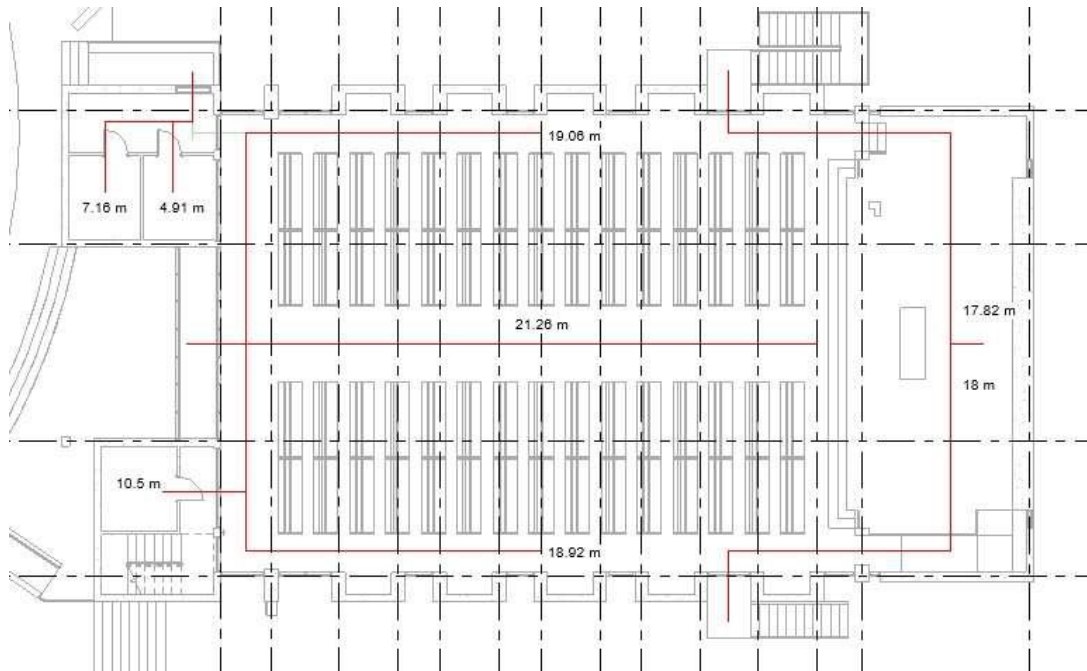


Figura 8.15. Recorridos de evacuación nivel ACCESO

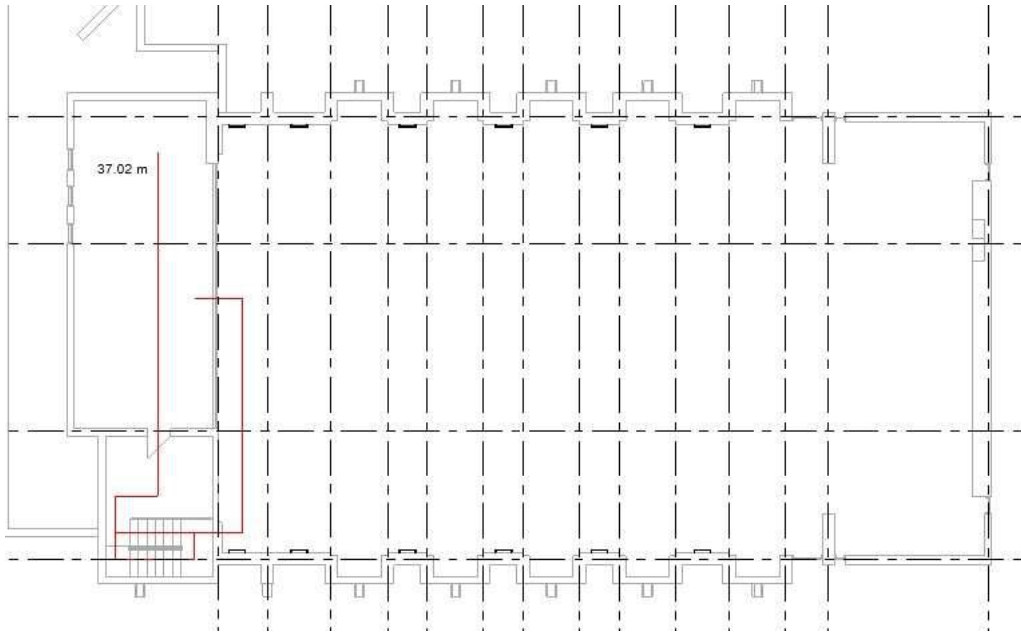


Figura 8.16. Recorridos de evacuación nivel CORO

A continuación se realizará la comprobación de las dimensiones de puertas, pasos y pasillos, comprobando que cumplen con las anchuras mínimas establecidas por el reglamento:

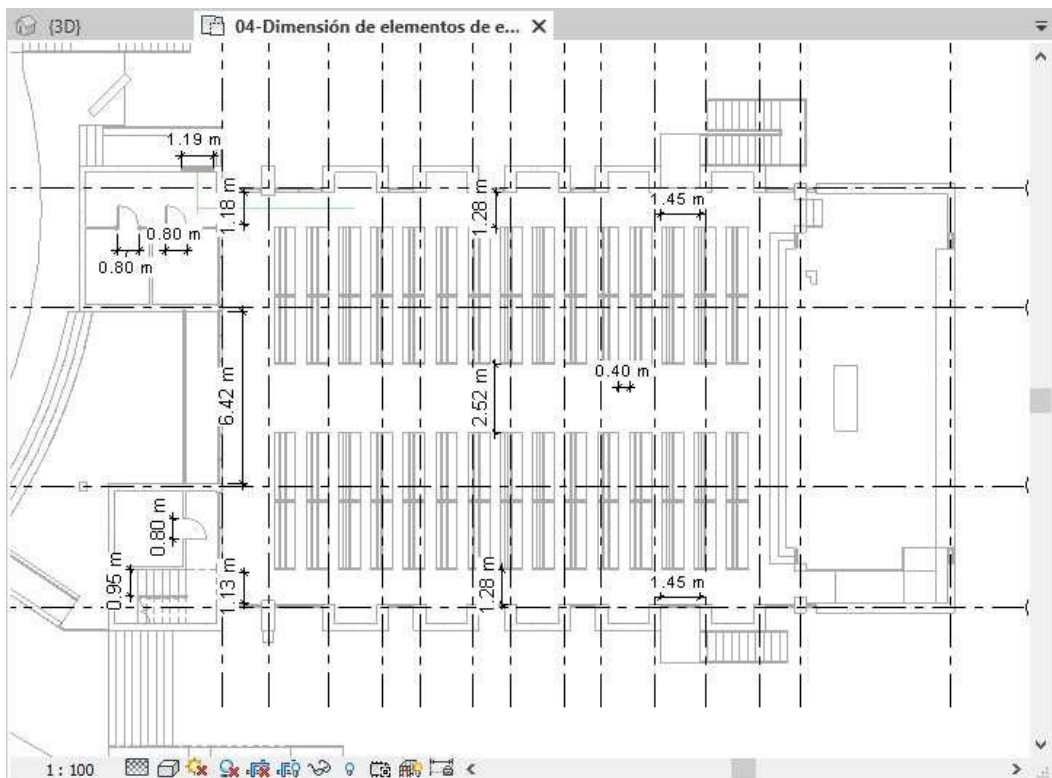


Figura 8.17. Comprobación dimensiones puertas, pasos y pasillos nivel ACCESO

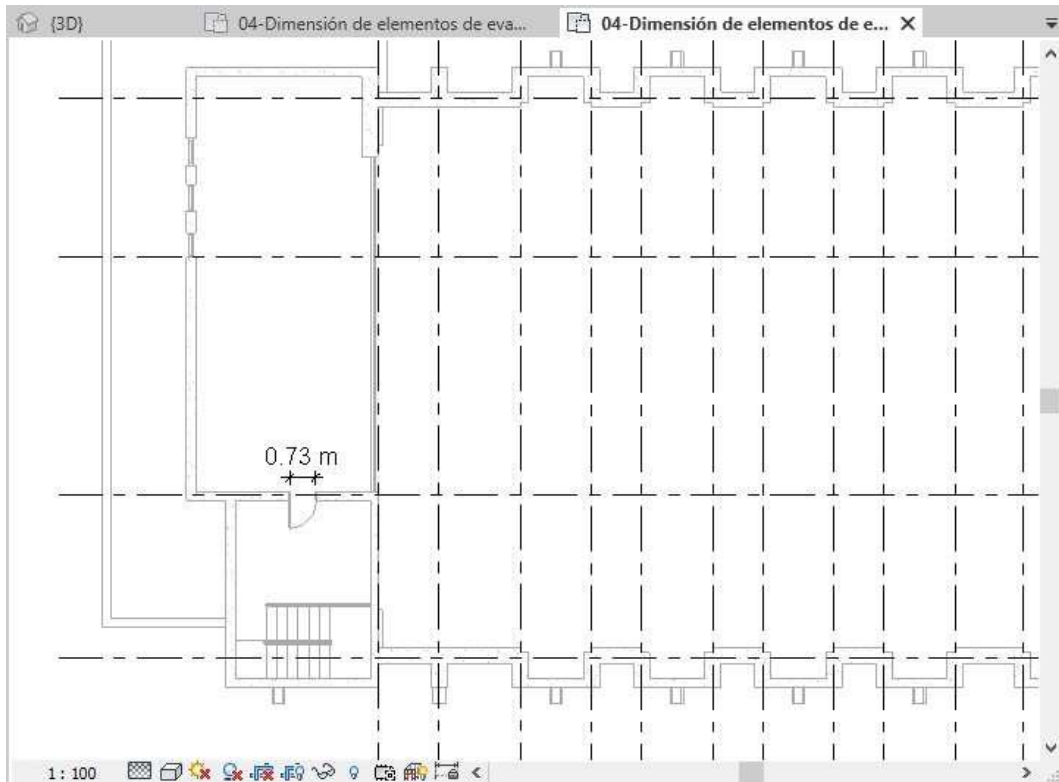


Figura 8.18. Comprobación dimensiones puertas, pasos y pasillos nivel CORO

De esta forma queda reflejado como todos los elementos de paso en los recorridos de evacuación cumplen con las dimensiones mínimas exigidas.

8.5.5. Señalización

Por último se procederá a la señalización de los medios de protección contra incendios de utilización manual y de la identificación de las salidas de los recorridos de evacuación. Para la colocación de estas señales se deberán descargar las familias correspondientes, las cuales una vez cargadas al proyecto se encontrarán dentro del cuadro de diálogo de Sistemas en la parte de Componentes. Para la colocación de las mismas, se procederá a relajar varios cortes de vista en alzado de forma que pueda tenerse una visualización clara de cómo quedará colocada cada una de las señales. En las siguientes imágenes se mostrarán las señales identificativas que se colocarán en los diferentes puntos en las cuales se requieren.



Figura 8.19. Señal ubicación extintor de incendios [35]



Figura 8.20. Señal ubicación BIE [35]



Figura 8.21. Señal salida (1) [35]



Figura 8.22. Señal salida (2) [35]



Figura 8.23. Señal salida (3) [35]

A continuación se muestran varios cortes de vista donde puede verse la ubicación exacta de algunas de las señales:

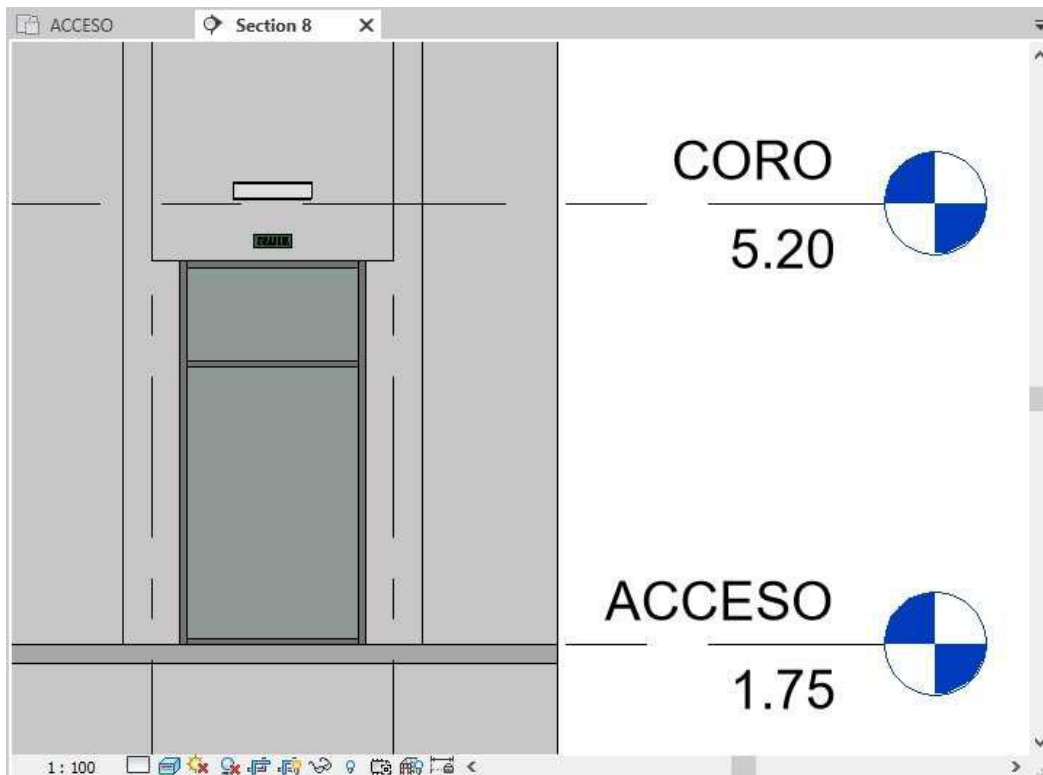


Figura 8.24. Alzado colocación señales (1)

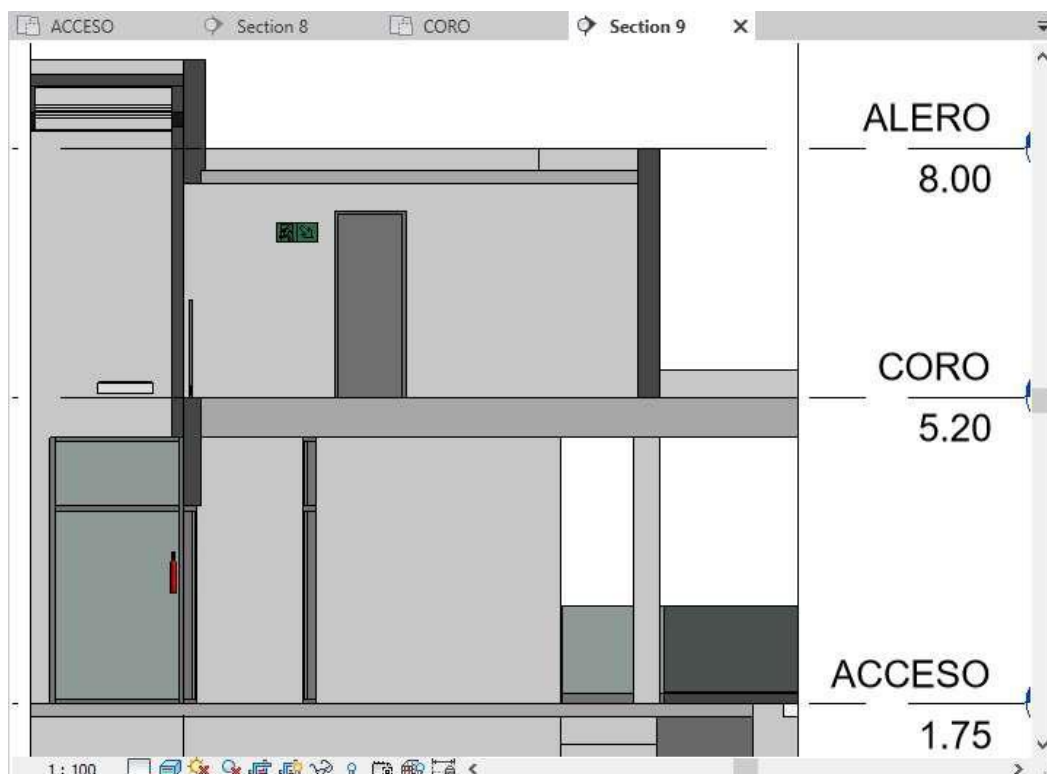


Figura 8.25. Alzado colocación señales (2)

8.5.6. Obtención de planos

Para la obtención de planos de esta parte de la instalación se ha seguido un procedimiento análogo al descrito anteriormente en las instalaciones de saneamiento y abastecimiento. El objetivo es mostrar claramente una representación del recorrido de las tuberías con el diámetro de las mismas. Para ello se han usado distintas secciones del plano que favorezcan la visualización.

En el navegador de proyectos puede observarse la organización de dichos planos con su contenido.

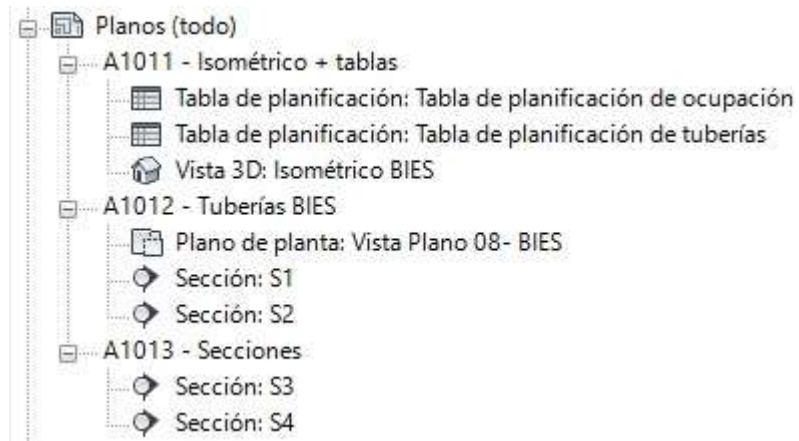


Figura 8.26. Visualización de planos sistema contra incendios. Navegador de proyectos

9 CONCLUSIONES

Finalizado el trabajo, pueden comentarse algunas conclusiones.

En primer lugar, se ha podido comprobar a lo largo del desarrollo de este trabajo de fin de grado como la implementación de la metodología BIM supone una revolución con respecto a la metodología tradicional. Ha sido posible conseguir un modelado de instalaciones integral, siendo el propio edificio y sus instalaciones un “todo”. Se ha conseguido introducir información al modelo a partir de los elementos que componen las instalaciones, consiguiendo un enlace constante de la información entre componentes. Esto permite un mayor control de los mismos a la vez que un diseño más eficaz. Queda atrás la forma de representación individualizada en 2D que se conocía hasta ahora, siendo posible la obtención de documentación del proyecto directamente de un modelo único. Esto implica el ahorro de mucho tiempo que puede pasar a invertirse en prestar más atención al diseño por ejemplo.

Se consigue en general bastante agilidad. A la hora de realizar modificaciones, cuando se ha querido por ejemplo cambiar la dimensión de un componente, realizando dicha modificación desde una única vista se consigue que ese cambio quede plasmado en el modelo en general. Esto no ha ocurrido hasta ahora, donde en los archivos de CAD eran totalmente independientes, no siendo capaces de enlazar información.

Hablando específicamente del software de Revit, sí que puede comentarse como a la hora de realizar el diseño de instalaciones supone una excelente herramienta de representación, pero en cambio tiene algunas carencias a la hora de realizar los cálculos. Esto puede deberse a que originalmente, Revit se presenta como un programa de representación y además debe tenerse en cuenta que en el mercado existen programas específicos de cálculo con los cuales se consiguen resultados más exactos. Un ejemplo de ello puede observarse en este trabajo, en el cual el uso de Dialux ha sido necesario para realizar el estudio lumínico.

Otro inconveniente es lo que cuesta encontrar a la hora de la colocación de elementos, catálogos de fabricantes que tengan sus productos adaptados a Revit. Este problema el software lo suple permitiendo adaptar las características de todos los elementos de sus librerías.

En definitiva, frente a los posibles inconvenientes, ha podido comprobarse que esta metodología ha llegado para quedarse, obligando de aquí a un futuro no muy lejano a que los profesionales del sector se adapten a esta metodología. Esto, como se ha comentado anteriormente, resulta costoso sobre todo para grupos de trabajo o empresas que ya tengan su propia metodología. En mi opinión, llegará un punto que todos los profesionales serán formados directamente con una visión en BIM, por todas las ventajas que se obtienen, quedando obsoletas y en casi extinción los métodos tradicionales.

Esto enlaza con la digitalización y desarrollo de la tecnología que tiene lugar no solamente en la industria de la construcción, si no en mercado en general. Vivimos en un mundo cada vez más globalizado y digital, donde el intercambio de información y el uso de nuevas tecnologías suponen el presente y el futuro. Esta perspectiva es necesaria para la evolución y crecimiento de cualquier empresa, pudiendo conseguir un aumento de su productividad y volumen de negocio.

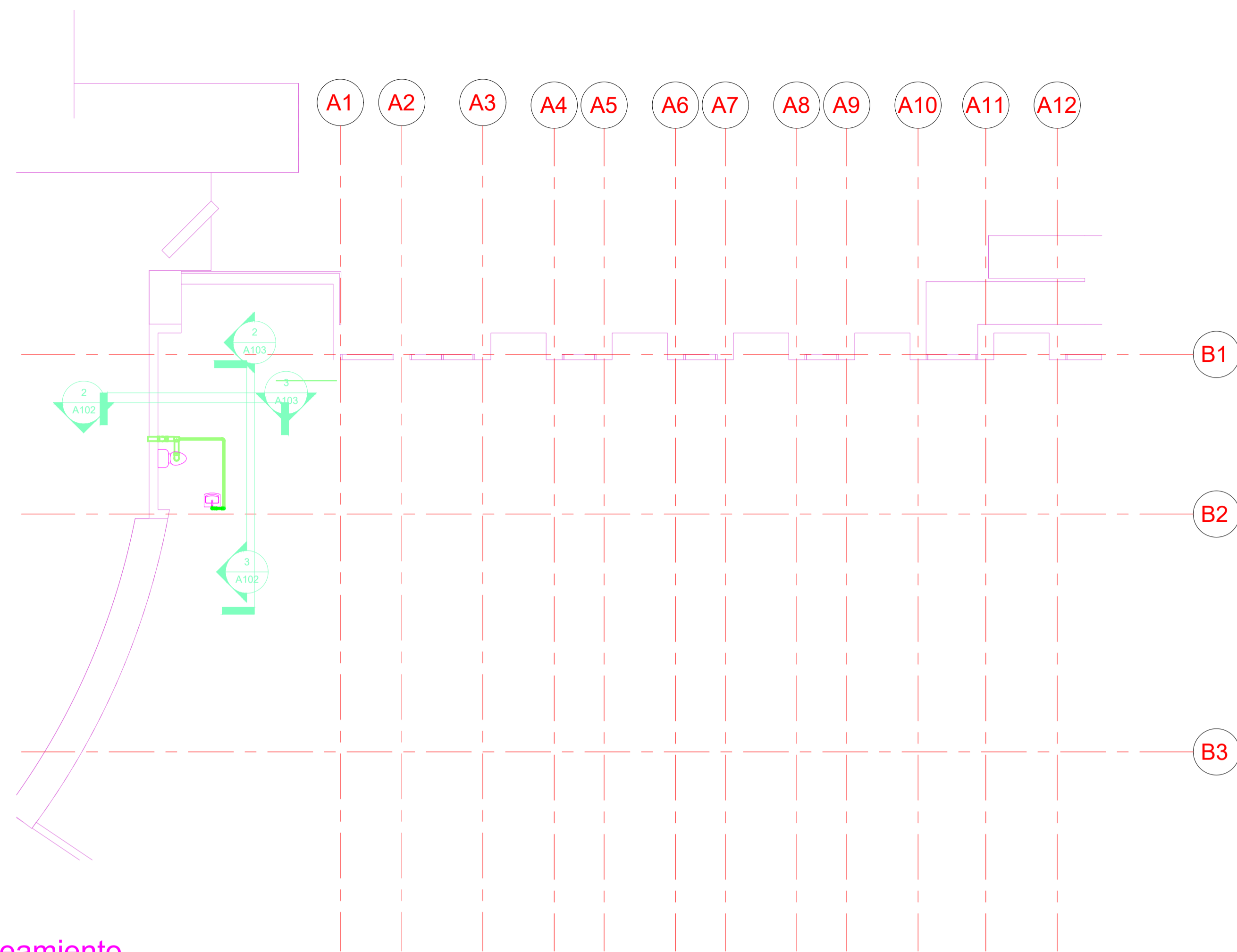
Finalmente, decir que para que sea posible una implantación completa, es importante que los estudiantes actuales tengan conocimiento acerca de este tipo de metodología.

REFERENCIAS

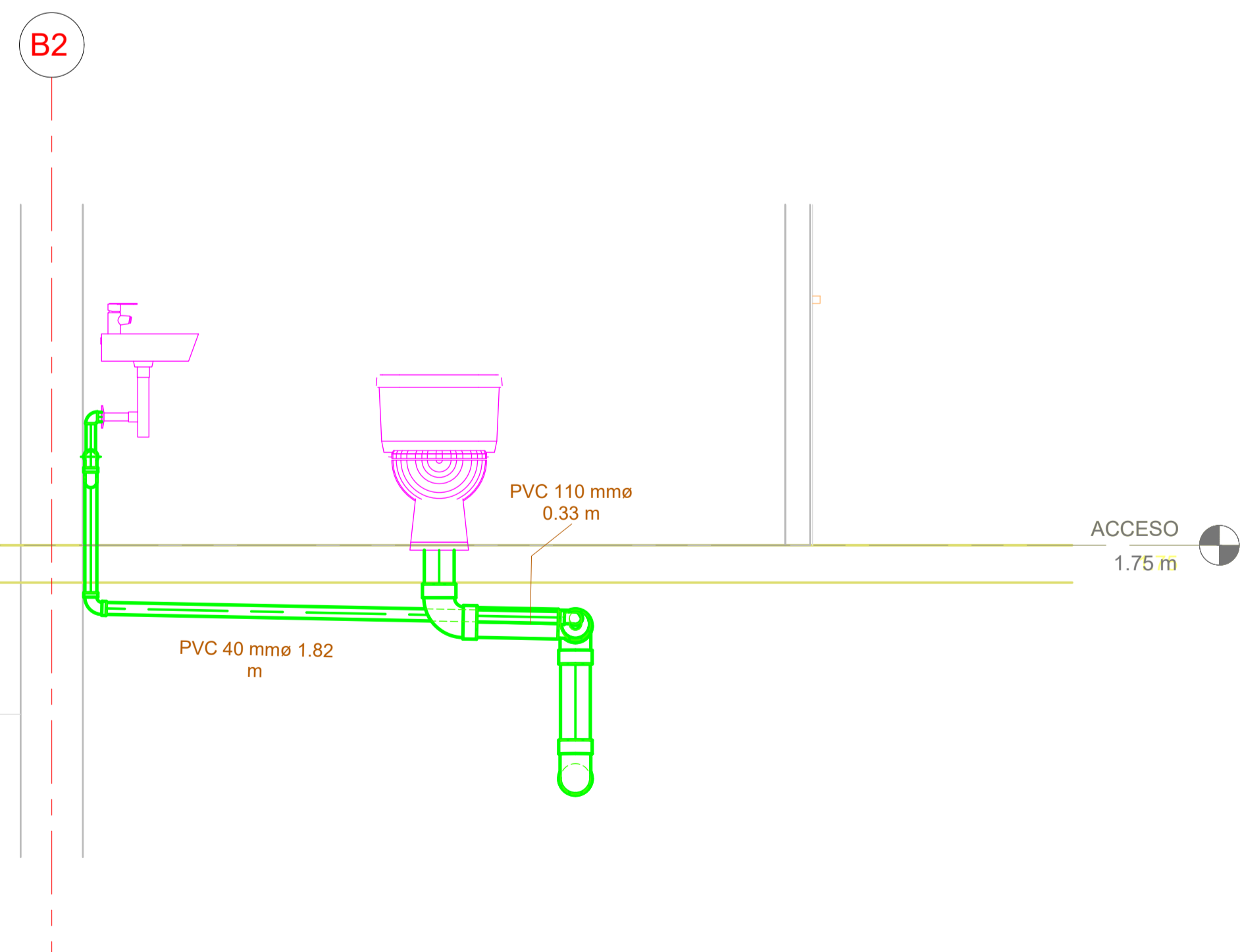
- [1] IFMA Fundation, *BIM for Facility Manager*, WILEY. 2004.
- [2] K. P. Reddy, *BIM for Building Owners and Developers : Making a Business Case for Using BIM on Projects*, WILEY. 2010.
- [3] D. K. Smith and M. Tardif, *Building Information Modeling : A Strategic Implementation Guide for Architects, Engineers, Constructors, and Real Estate Asset Managers*, WILEY. 2009.
- [4] “Introducción al BIM by Carlos Cámara.” <https://prezi.com/qqt27qgtssc/introduccion-al-bim/> (accessed Mar. 02, 2021).
- [5] “TECNOLOGIA BIM : Origen del BIM.” <http://tecnobimudc.blogspot.com/2016/11/origen-del-bim.html> (accessed Apr. 05, 2021).
- [6] B. Hardin and D. McCool, *Bim and Construction Management*, WILEY. 2015.
- [7] J. López Gosalves, *BIM en 8 Puntos. Todo lo que necesitas conocer sobre BIM*, Colegio de Aparejadores de Barcelona, Ed. 2016.
- [8] “Iniciando BIM en las instalaciones de un edificio.” <https://www.proinstalaciones.com/articulos/tecnico/372-iniciando-bim-en-las-instalaciones-de-un-edificio> (accessed Feb. 17, 2021).
- [9] “CAD vs BIM ¿Quién ganará esta guerra?” <https://www.arquiparados.com/t583-cad-vs-bim-quien-ganara-esta-guerra> (accessed Mar. 02, 2021).
- [10] “LOD (Qué es) Más que Nivel de Detalle | Espacio BIM.” <https://www.espaciobim.com/lod> (accessed Mar. 02, 2021).
- [11] “De 0 a 3 ¿Qué son los niveles de madurez BIM? - BibLus.” <https://biblus.accasoftware.com/es/de-0-a-3-que-son-los-niveles-de-madurez-bim/> (accessed Feb. 17, 2021).
- [12] “Revit - Wikipedia, la enciclopedia libre.” <https://es.wikipedia.org/wiki/Revit> (accessed Mar. 23, 2021).
- [13] “ArchiCAD - Wikipedia, la enciclopedia libre.” <https://es.wikipedia.org/wiki/ArchiCAD> (accessed Mar. 23, 2021).
- [14] “Allplan - Wikipedia, la enciclopedia libre.” <https://es.wikipedia.org/wiki/Allplan> (accessed Mar. 23, 2021).
- [15] L. C. De la Peña Rivas, *Revit MEP Curso Práctico 2018*, RA-MA. 2017.
- [16] “Introducción a la Tecnología BIM.” <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/12226/Introduccion+a+la+Tecnologia+BIM.pdf?sequence=1> (accessed Apr. 04, 2021).
- [17] “Conoce la jerarquía de elementos en Revit | MURALIT.” <https://muralit.es/jerarquia-elementos-revit/> (accessed Mar. 02, 2021).
- [18] “Términos de Revit que debemos conocer: PARÁMETROS.” <https://www.miltonchanes.com/terminos-de-revit-que-debemos-conocer-parametros> (accessed Mar. 03, 2021).
- [19] “Parámetros del Modelo - Configuración en Revit - Modelical.” <https://www.modelical.com/es/gdocs/parametros/> (accessed Mar. 03, 2021).
- [20] “¿Cómo funcionan los sistemas en Revit? | Msistudio Expertos BIM.” <https://www.msistudio.com/como-funcionan-los-sistemas-en-revit/> (accessed Mar. 03, 2021).

- [21] “Código Técnico de la Edificación - Documentos CTE.” <https://www.codigotecnico.org/DocumentosCTE/DocumentosCTE.html> (accessed Mar. 18, 2021).
- [22] “Sifon individual y funcionamiento - aqua.” <https://blog.securibath.com/2017/01/12/sifones-bano-bote-individuales/sifon-individual-y-funcionamiento/> (accessed Mar. 18, 2021).
- [23] “Manual luminotecnia INDAL by Pablo Martínez - issuu.” https://issuu.com/pabломartinezdiez/docs/00_manual_indal (accessed Apr. 03, 2021).
- [24] “3.1 Tipos de lámparas.” http://cefire.edu.gva.es/pluginfile.php/199806/mod_resource/content/0/contenidos/009/luminotecnia/3_1_tipos_de_lmparas.html (accessed Mar. 18, 2021).
- [25] “Tipos de bombillas ¡Todo lo que necesitas saber!” <https://www.lacasadellampara.com/tipos-de-bombillas/> (accessed Mar. 18, 2021).
- [26] “Catálogo Luminarias Lumenwerx.”. <https://www.lumenwerx.com> (accessed Dic. 11, 2020)
- [27] “REBT - Reglamento electrotécnico de baja tensión.” <https://www.plcmadrid.es/rebt/#itcs> (accessed Mar. 18, 2021).
- [28] “Diferencia entre interruptor diferencial y magnetotérmico | BDBN.” <https://www.bdbnpresupuestos.com/diferencia-entre-interruptor-diferencial-y-magnetotermico/> (accessed Mar. 23, 2021).
- [29] “Tabla-de-equivalencias-AWG-a-MM2 (3).pdf.”. <https://uruwire.com/>(accessed Dic. 11, 2020)
- [30] A. De la Villa Jaén, J. M. Maza Ortega, and P. L. Cruz Romero, *Instalaciones y Máquinas Eléctricas*, ETSI. Sevilla, 2015.
- [31] “Guía para la selección, instalación, uso y mantenimiento de las bocas de incendio equipadas-ASEPEYO.” https://prevencion.asepeyo.es/wp-content/uploads/P1E08010-Guía-Bocas-de-incendio-equipadas_Asepeyo.pdf (accessed Apr. 04, 2021).
- [32] “UNE-EN 671-1:2013 Instalaciones fijas de lucha contra incendio.” <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0051352> (accessed Apr. 04, 2021).
- [33] “Catálogo Indendios EBARA.” <https://es.scribd.com/document/339915184/cat-incendio-EBARA-pdf> (accessed Apr. 04, 2021).
- [34] “Catálogo de Productos 2017.” http://www.ibenavente.com/pdf/CATALOGO_BENAVENTE.pdf (accessed Apr. 04, 2021).
- [35] “SEÑALES BIM. Señales en formato Archicad y Revit.” <https://www.implaser.com/senales-luminiscentes-formato-bim/> (accessed Mar. 18, 2021).

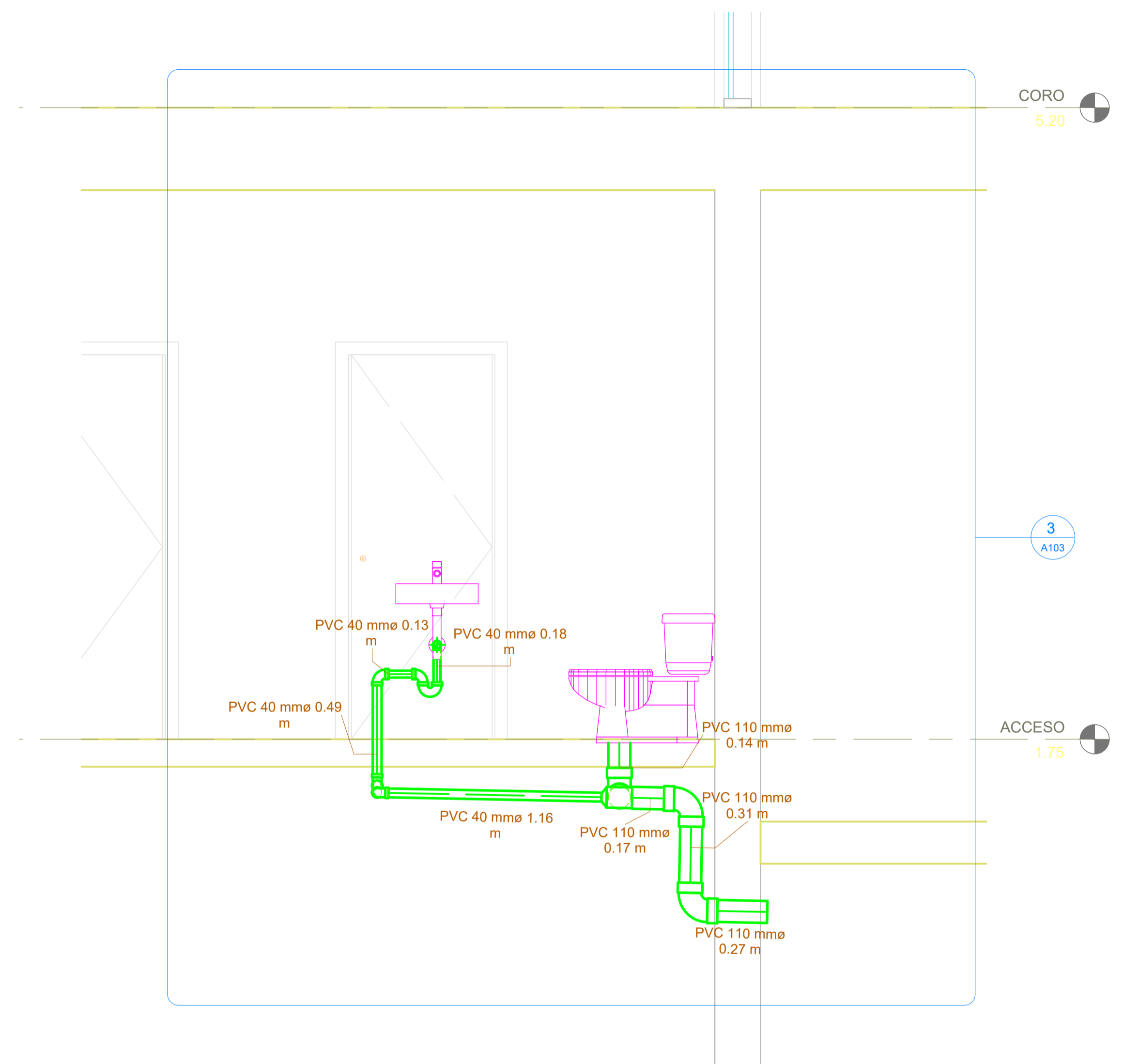
ANEXO PLANOS



1 Saneamiento
1:100

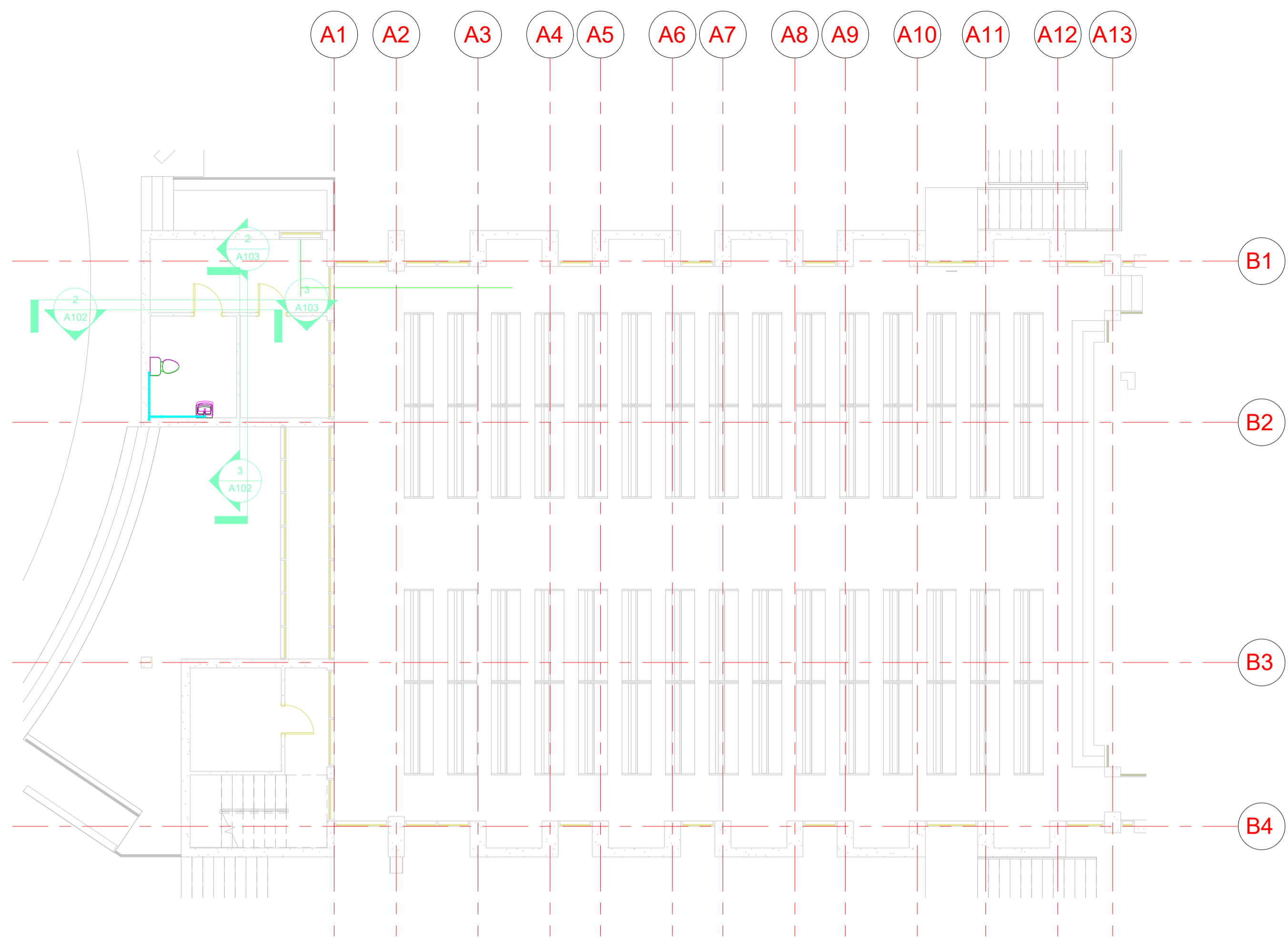


3 S2
1:20

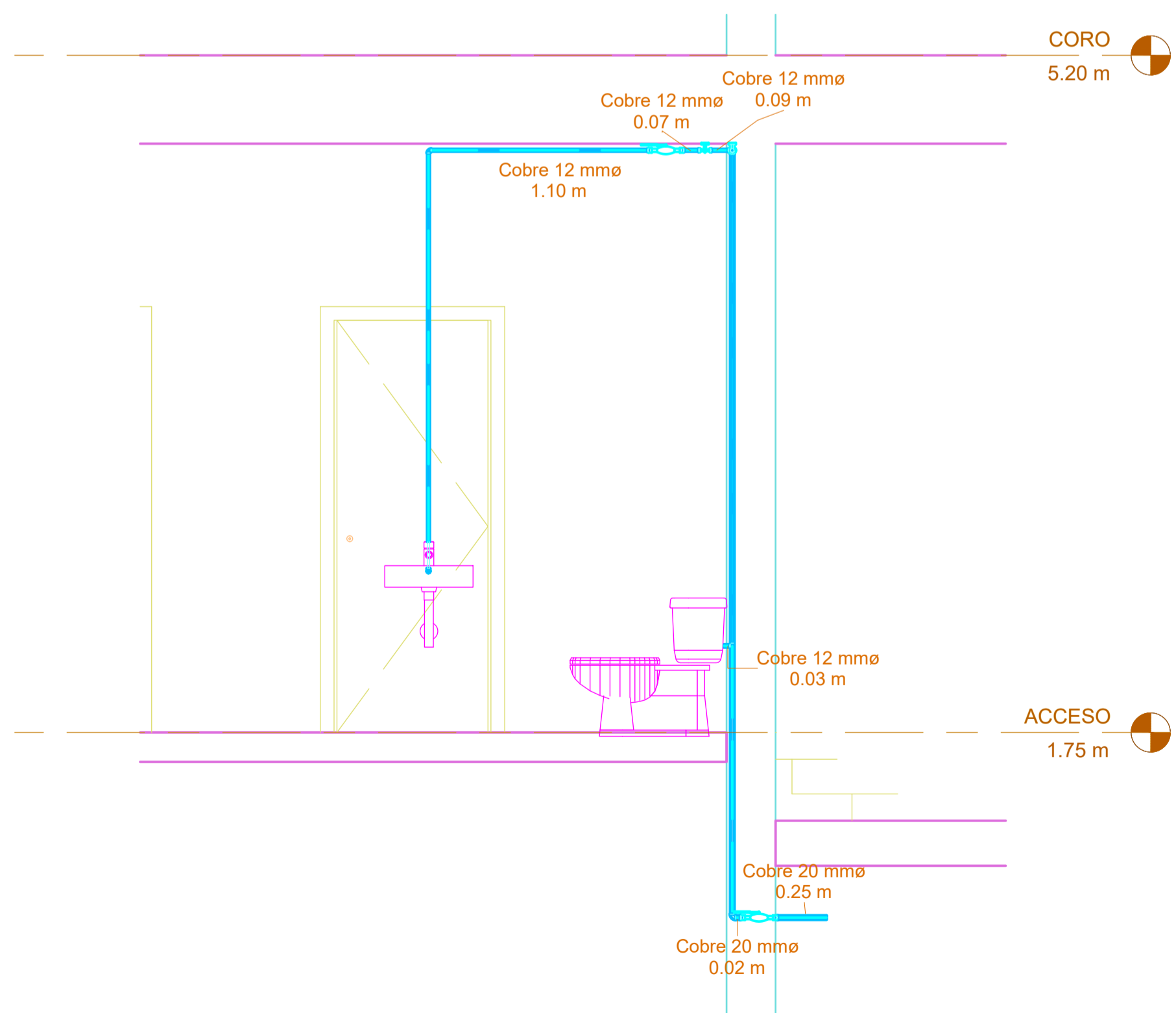


2 S1
1:20

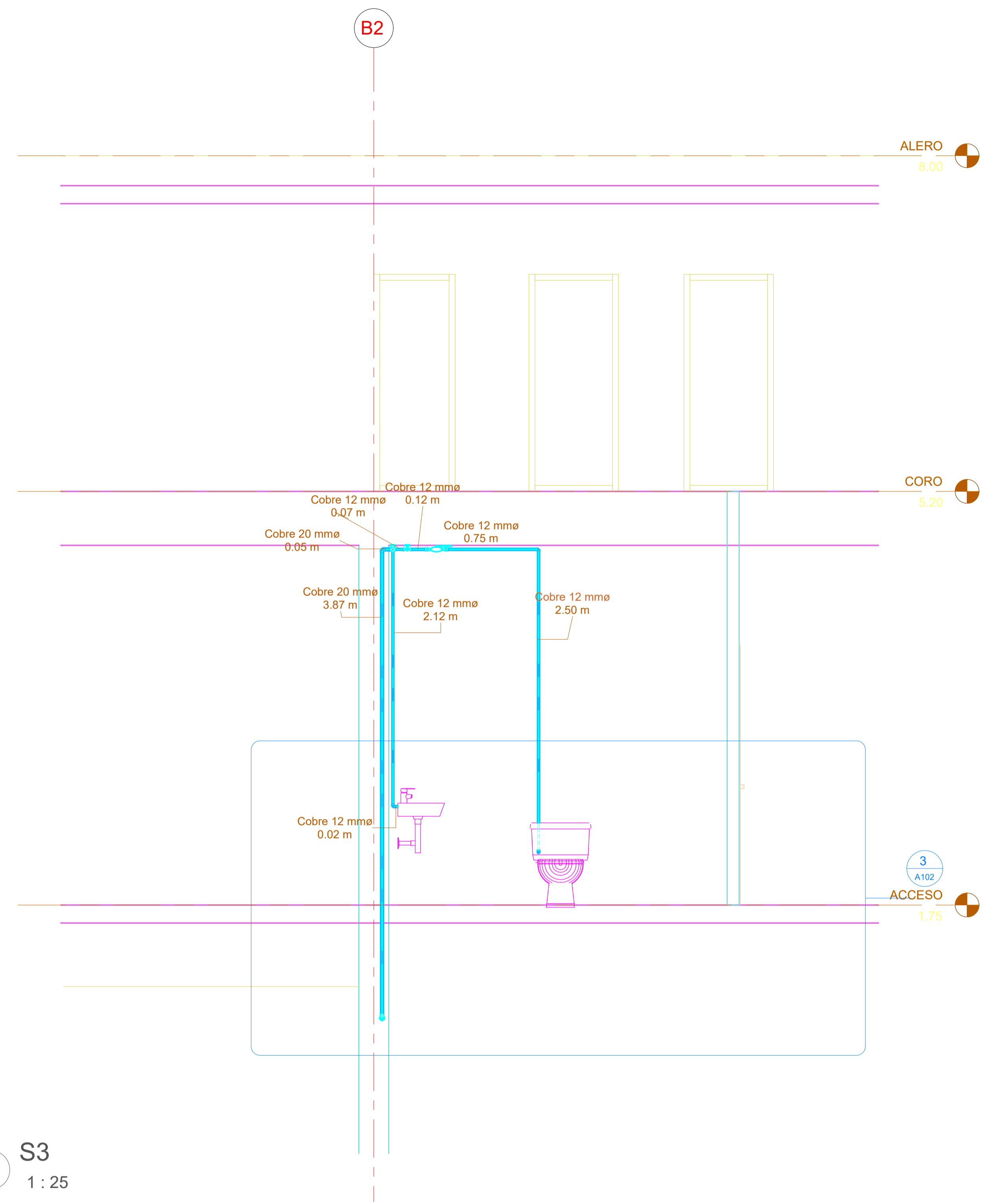
UNIVERSIDAD DE SEVILLA Escuela Técnica Superior de Ingeniería		
Trabajo de Fin Grado - Diseño de Instalaciones con BIM		
Saneamiento		
PROMOTOR UNIVERSIDADE SEVILLA	Número plano A102	
	02/07/21	Como se indica
		



1 Vista Plano 03- Abastecimiento
1 : 100

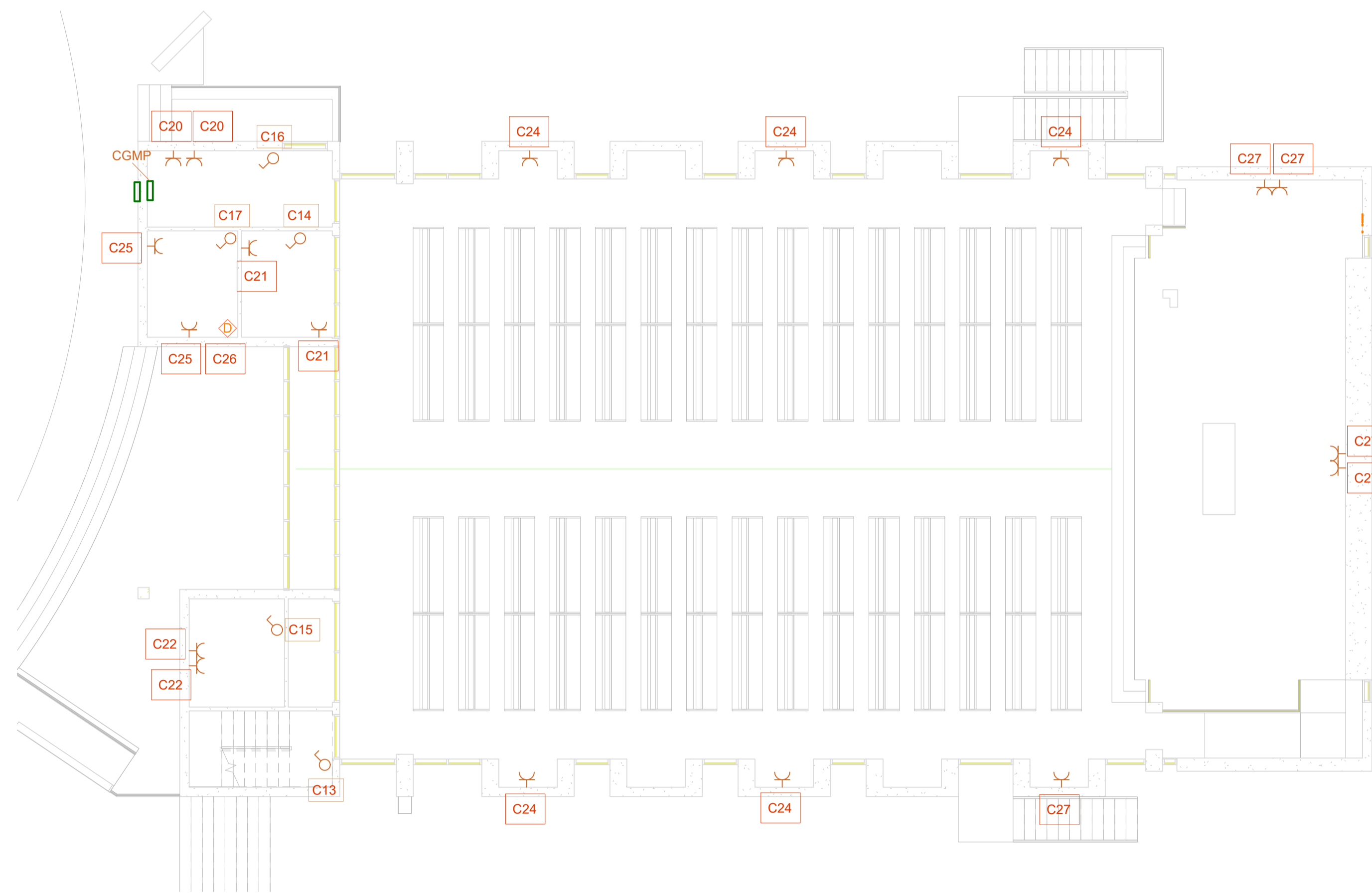


3 S4
1 : 25

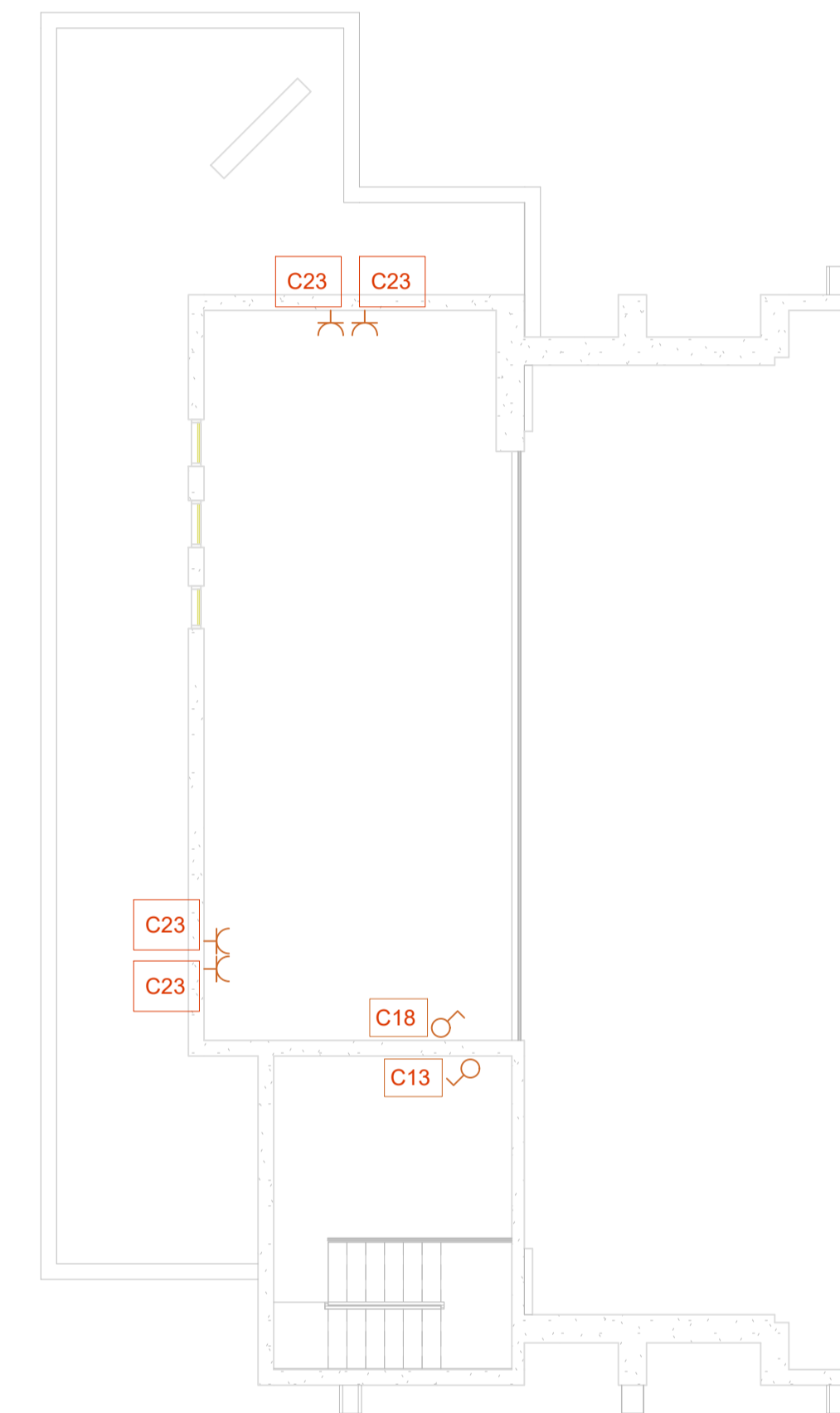


2 S3
1 : 25


UNIVERSIDAD DE SEVILLA Escuela Técnica Superior de Ingeniería		
Trabajo de Fin Grado - Diseño de Instalaciones con BIM		
Abastecimiento de Agua Fría		
PROMOTOR UNIVERSIDADE SEVILLA	Número plano A103	
	02/07/21	Como se indica
		

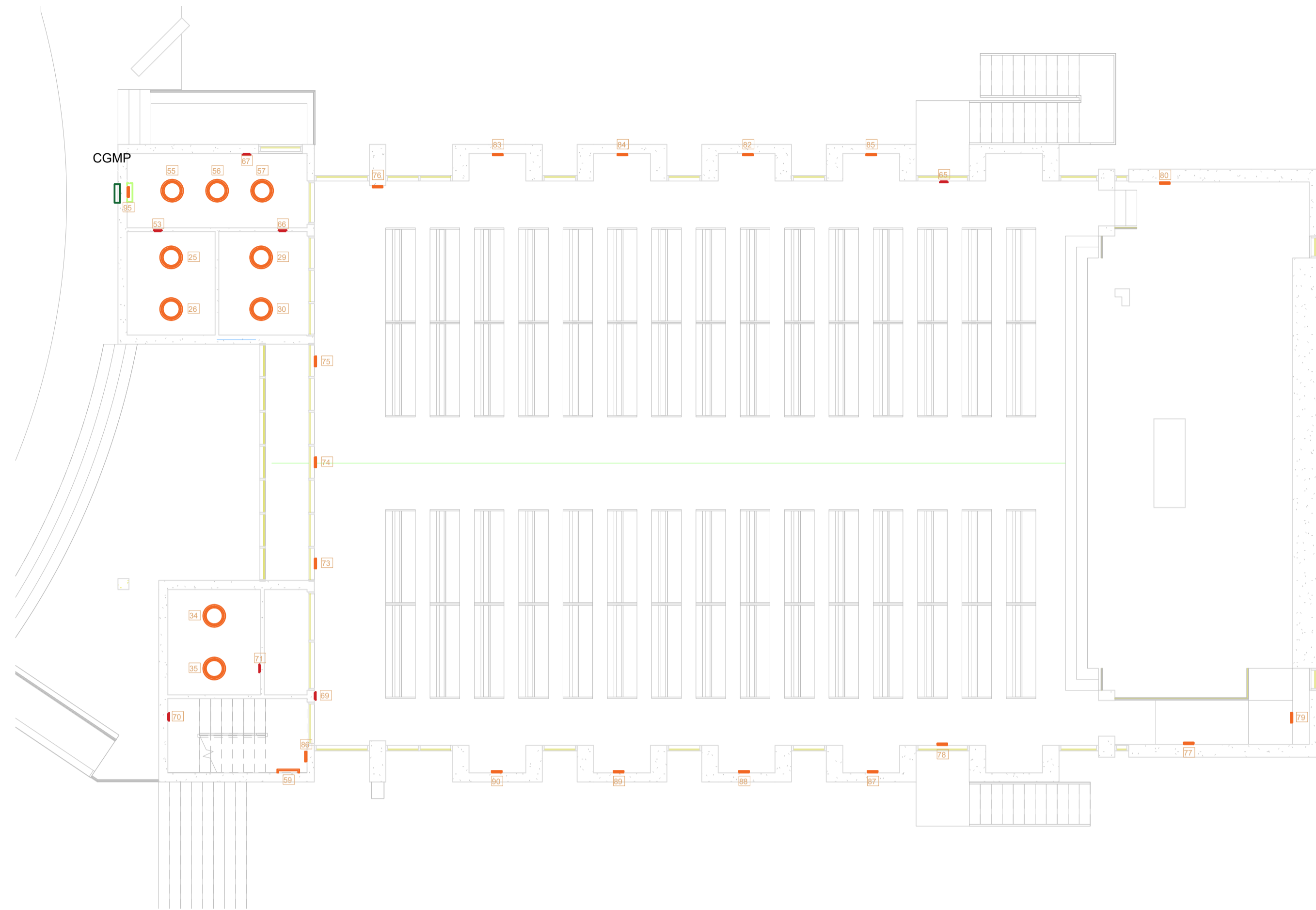


1 1.1
1 : 100
Vista Plano 04- Elementos

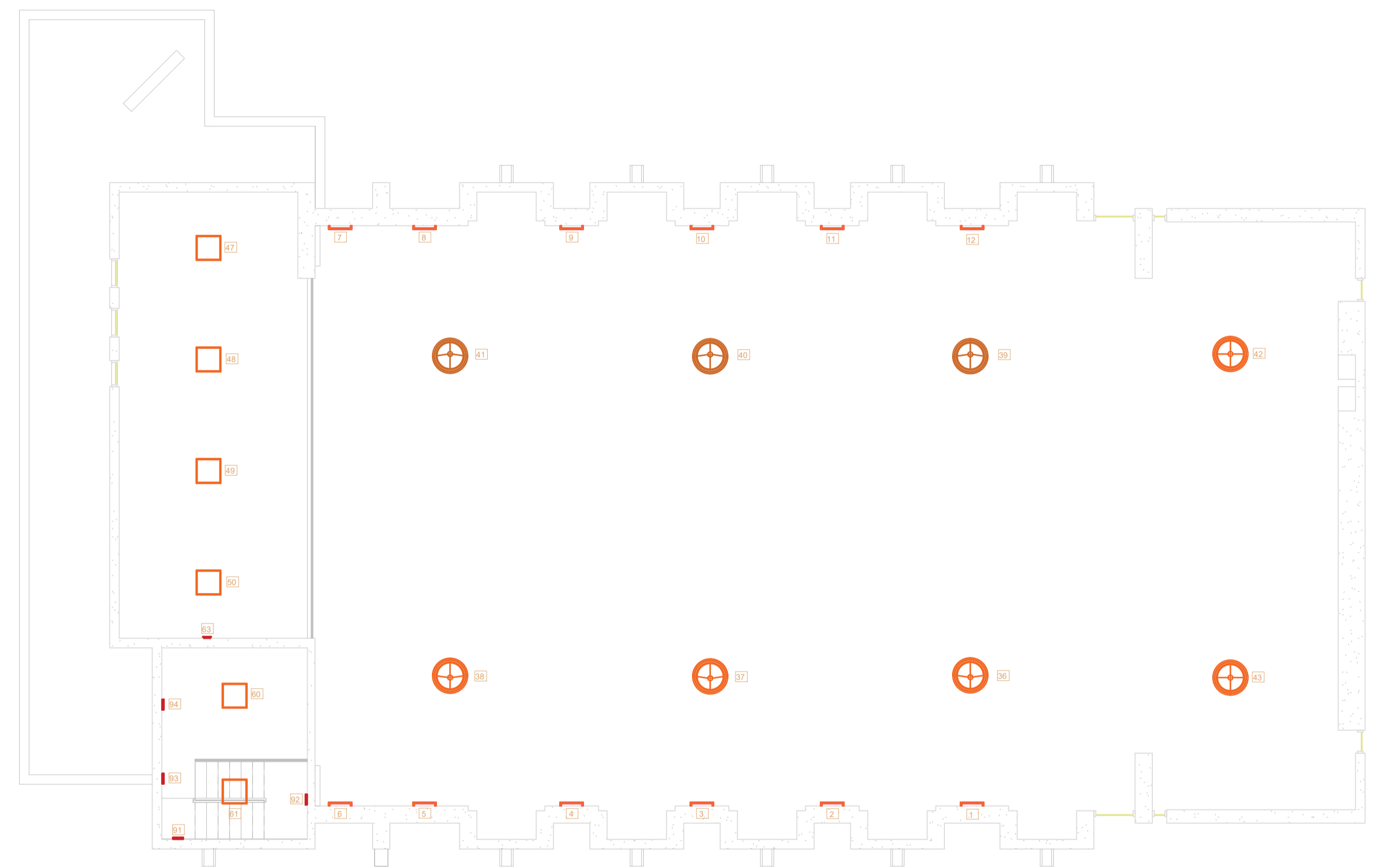


2 1.2
1 : 100
Vista Plano 04- Elementos

UNIVERSIDAD DE SEVILLA Escuela Técnica Superior de Ingeniería		
Trabajo de Fin Grado - Diseño de Instalaciones con BIM		
Tomas de corriente e interruptores		
PROMOTOR UNIVERSIDADE SEVILLA	Número plano A104	
	02/09/21	1 : 100
		



1 3.1
1 : 100 Vista Plano 06- Elementos



2 3.2
1 : 100 Vista Plano 06- Elementos

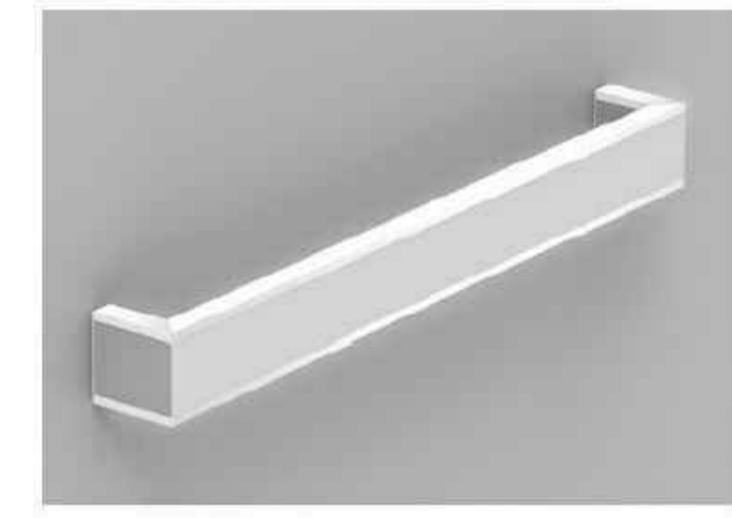
UNIVERSIDAD DE SEVILLA Escuela Técnica Superior de Ingeniería		
Trabajo de Fin Grado - Diseño de Instalaciones con BIM		
Distribución en planta luminarias		
PROMOTOR UNIVERSIDADE SEVILLA	Número plano A105	
	02/10/21	1 : 100
		

Tabla de planificación de luminarias						
Nivel	Marca	Número de circuito	Familia	Panel	Flujo luminoso	Datos eléctricos
ACCESO	25	C17	Pop Core Round Surface-Wall	CGMP	1201 lm	230 V/1-15 VA
ACCESO	26	C17	Pop Core Round Surface-Wall	CGMP	1201 lm	230 V/1-15 VA
ACCESO	29	C14	Pop Core Round Surface-Wall	CGMP	1201 lm	230 V/1-15 VA
ACCESO	30	C14	Pop Core Round Surface-Wall	CGMP	1201 lm	230 V/1-15 VA
ACCESO	34	C15	Pop Core Round Surface-Wall	CGMP	1201 lm	230 V/1-15 VA
ACCESO	35	C15	Pop Core Round Surface-Wall	CGMP	1201 lm	230 V/1-15 VA
ACCESO	36	C7	Pop Core Round Pendant Direct Indirect	CGMP	18483 lm	230 V/1-168 VA
ACCESO	37	C10	Pop Core Round Pendant Direct Indirect	CGMP	18483 lm	230 V/1-168 VA
ACCESO	38	C10	Pop Core Round Pendant Direct Indirect	CGMP	18483 lm	230 V/1-168 VA
ACCESO	39	C7	Pop Core Round Pendant Direct Indirect	CGMP	18483 lm	230 V/1-168 VA
ACCESO	40	C10	Pop Core Round Pendant Direct Indirect	CGMP	18483 lm	230 V/1-168 VA
ACCESO	41	C10	Pop Core Round Pendant Direct Indirect	CGMP	18483 lm	230 V/1-168 VA
ACCESO	42	C7	Pop Core Round Pendant Direct Indirect01	CGMP	1380 lm	230 V/1-168 VA
ACCESO	43	C7	Pop Core Round Pendant Direct Indirect01	CGMP	1380 lm	230 V/1-168 VA
ACCESO	53	C19	Luz emergencia	CGMP	70 lm	230 V/1-3 VA
ACCESO	55	C16	Pop Core Round Surface-Wall	CGMP	1201 lm	230 V/1-15 VA
ACCESO	56	C16	Pop Core Round Surface-Wall	CGMP	1201 lm	230 V/1-15 VA
ACCESO	57	C16	Pop Core Round Surface-Wall	CGMP	1201 lm	230 V/1-15 VA
ACCESO	59	C13	Lighting_Wall-Mounted_LumenWerx_Forte x-2-Wall-Direct-Indirect	CGMP	388 lm	230 V/1-4 VA
ACCESO	65	C12	Luz emergencia	CGMP	70 lm	230 V/1-3 VA
ACCESO	66	C19	Luz emergencia	CGMP	70 lm	230 V/1-3 VA
ACCESO	67	C19	Luz emergencia	CGMP	70 lm	230 V/1-3 VA
ACCESO	69	C9	Luz emergencia	CGMP	70 lm	230 V/1-3 VA
ACCESO	70	C19	Luz emergencia	CGMP	70 lm	230 V/1-3 VA
ACCESO	71	C19	Luz emergencia	CGMP	70 lm	230 V/1-3 VA
ACCESO	73	C9	Luz emergencia	CGMP	70 lm	230 V/1-3 VA
ACCESO	74	C9	Luz emergencia	CGMP	70 lm	230 V/1-3 VA
ACCESO	75	C9	Luz emergencia	CGMP	70 lm	230 V/1-3 VA
ACCESO	76	C12	Luz emergencia	CGMP	70 lm	230 V/1-3 VA
ACCESO	77	C12	Luz emergencia	CGMP	70 lm	230 V/1-3 VA
ACCESO	78	C9	Luz emergencia	CGMP	70 lm	230 V/1-3 VA
ACCESO	79	C12	Luz emergencia	CGMP	70 lm	230 V/1-3 VA
ACCESO	80	C12	Luz emergencia	CGMP	70 lm	230 V/1-3 VA
ACCESO	81	C12	Luz emergencia	CGMP	70 lm	230 V/1-3 VA

Tabla de planificación de luminarias						
Nivel	Marca	Número de circuito	Familia	Panel	Flujo luminoso	Datos eléctricos
ACCESO	82	C12	Luz emergencia	CGMP	70 lm	230 V/1-3 VA
ACCESO	83	C12	Luz emergencia	CGMP	70 lm	230 V/1-3 VA
ACCESO	84	C12	Luz emergencia	CGMP	70 lm	230 V/1-3 VA
ACCESO	85	C12	Luz emergencia	CGMP	70 lm	230 V/1-3 VA
ACCESO	86	C19	Luz emergencia	CGMP	70 lm	230 V/1-3 VA
ACCESO	87	C9	Luz emergencia	CGMP	70 lm	230 V/1-3 VA
ACCESO	88	C9	Luz emergencia	CGMP	70 lm	230 V/1-3 VA
ACCESO	89	C9	Luz emergencia	CGMP	70 lm	230 V/1-3 VA
ACCESO	90	C9	Luz emergencia	CGMP	70 lm	230 V/1-3 VA
ACCESO	95	C19	Luz emergencia	CGMP	70 lm	230 V/1-3 VA
CORO	1	C8	Lighting_Wall-Mounted_LumenWerx_Forte x-2-Wall-Direct-Indirect	CGMP	388 lm	230 V/1-4 VA
CORO	2	C8	Lighting_Wall-Mounted_LumenWerx_Forte x-2-Wall-Direct-Indirect	CGMP	388 lm	230 V/1-4 VA
CORO	3	C8	Lighting_Wall-Mounted_LumenWerx_Forte x-2-Wall-Direct-Indirect	CGMP	388 lm	230 V/1-4 VA
CORO	4	C11	Lighting_Wall-Mounted_LumenWerx_Forte x-2-Wall-Direct-Indirect	CGMP	388 lm	230 V/1-4 VA
CORO	5	C11	Lighting_Wall-Mounted_LumenWerx_Forte x-2-Wall-Direct-Indirect	CGMP	388 lm	230 V/1-4 VA
CORO	6	C11	Lighting_Wall-Mounted_LumenWerx_Forte x-2-Wall-Direct-Indirect	CGMP	388 lm	230 V/1-4 VA
CORO	7	C11	Lighting_Wall-Mounted_LumenWerx_Forte x-2-Wall-Direct-Indirect	CGMP	388 lm	230 V/1-4 VA
CORO	8	C11	Lighting_Wall-Mounted_LumenWerx_Forte x-2-Wall-Direct-Indirect	CGMP	388 lm	230 V/1-4 VA
CORO	9	C11	Lighting_Wall-Mounted_LumenWerx_Forte x-2-Wall-Direct-Indirect	CGMP	388 lm	230 V/1-4 VA
CORO	10	C8	Lighting_Wall-Mounted_LumenWerx_Forte x-2-Wall-Direct-Indirect	CGMP	388 lm	230 V/1-4 VA
CORO	11	C8	Lighting_Wall-Mounted_LumenWerx_Forte x-2-Wall-Direct-Indirect	CGMP	388 lm	230 V/1-4 VA
CORO	12	C8	Lighting_Wall-Mounted_LumenWerx_Forte x-2-Wall-Direct-Indirect	CGMP	388 lm	230 V/1-4 VA
CORO	47	C18	Primo Surface	CGMP	4171 lm	230 V/1-48 VA
CORO	48	C18	Primo Surface	CGMP	4171 lm	230 V/1-48 VA
CORO	49	C18	Primo Surface	CGMP	4171 lm	230 V/1-48 VA
CORO	50	C18	Primo Surface	CGMP	4171 lm	230 V/1-48 VA
CORO	60	C13	Primo Surface	CGMP	4171 lm	230 V/1-48 VA
CORO	61	C13	Primo Surface	CGMP	4171 lm	230 V/1-48 VA
CORO	63	C19	Luz emergencia	CGMP	70 lm	230 V/1-3 VA
CORO	91	C19	Luz emergencia	CGMP	70 lm	230 V/1-3 VA
CORO	92	C19	Luz emergencia	CGMP	70 lm	230 V/1-3 VA
CORO	93	C19	Luz emergencia	CGMP	70 lm	230 V/1-3 VA
CORO	94	C19	Luz emergencia	CGMP	70 lm	230 V/1-3 VA

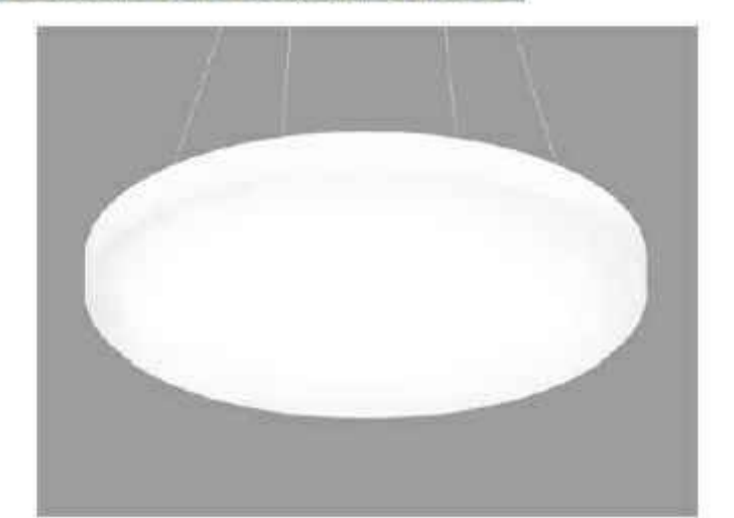
FORTEX 2 LED

DIRECT/INDIRECT



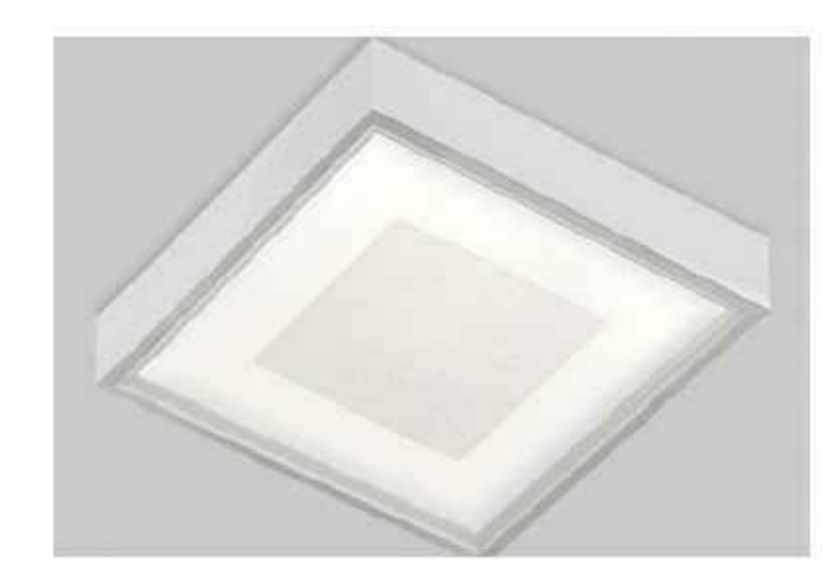
POP CORE ROUND 48 LED

PENDANT DIRECT/INDIRECT



PRIMO 2x2 LED

SURFACE



SHELL
ROUND - SURFACE
STATIC WHITE, BICKS, SOLA, DUO



UNIVERSIDAD DE SEVILLA Escuela Técnica Superior de Ingeniería		
Trabajo de Fin Grado - Diseño de Instalaciones con BIM		
TABLA PLANIFICACIÓN LUMINARIAS		
PROMOTOR UNIVERSIDADE SEVILLA	Número plano A106	
	02/16/21	

Tabla de planificación de circuitos eléctricos 2

Número de circuito	Carga aparente	Voltaje	Factor de potencia	Potencia de cálculo (W)	Corriente aparente	Longitud	Tipo de montaje	Tipo de cable	Sección Cable	Intensidad Máxima	Corriente nominal	Caída de voltaje	Caída voltaje total (%)	Cai da de Te nsi ón Ad misi ble	Designación Cable	Diámetr o Exterior Tubo	Int. Dif. Bipolar	Identificado r Agrupación
1	37166 VA	230 V	0.818176	30409 W	161.59 A	4.22 m	B- Unip. Tubos Superf. o Emp. Obra	<ninguno>	70.00 mm ²		20 A	0.00 V	0%	No				
C1	5625 VA	230 V	0.8	4500 W	24.46 A	35.83 m	B- Unip. Tubos Superf. o Emp. Obra	Cobre PVC2X - Iluminación	4.00 mm ²	27 A	25 A	3.77 V	1.64%	Sí	2x2.5+TTx2.5mm ² Cu	20.00 mm	25 A; 30 mA	
C2	5625 VA	230 V	0.8	4500 W	24.46 A	35.89 m	B- Unip. Tubos Superf. o Emp. Obra	Cobre PVC2X - Iluminación	4.00 mm ²	27 A	25 A	3.77 V	1.64%	Sí	2x2.5+TTx2.5mm ² Cu	20.00 mm	25 A; 30 mA	
C3	5625 VA	230 V	0.8	4500 W	24.46 A	35.97 m	B- Unip. Tubos Superf. o Emp. Obra	Cobre PVC2X - Iluminación	4.00 mm ²	27 A	25 A	3.78 V	1.64%	Sí	2x2.5+TTx2.5mm ² Cu	20.00 mm	25 A; 30 mA	
C4	5625 VA	230 V	0.8	4500 W	24.46 A	36.15 m	B- Unip. Tubos Superf. o Emp. Obra	Cobre PVC2X - Iluminación	4.00 mm ²	27 A	25 A	3.80 V	1.65%	Sí	2x2.5+TTx2.5mm ² Cu	20.00 mm	25 A; 30 mA	
C5	1250 VA	230 V	0.8	1000 W	5.43 A	35.76 m	B- Unip. Tubos Superf. o Emp. Obra	Cobre PVC2X - Iluminación	4.00 mm ²	27 A	25 A	1.26 V	0.55%	Sí	2x2.5+TTx2.5mm ² Cu	20.00 mm	25 A; 30 mA	
C6	1250 VA	230 V	0.8	1000 W	5.43 A	35.69 m	B- Unip. Tubos Superf. o Emp. Obra	Cobre PVC2X - Iluminación	4.00 mm ²	27 A	25 A	1.26 V	0.55%	Sí	2x2.5+TTx2.5mm ² Cu	20.00 mm	25 A; 30 mA	
C7	673 VA	230 V	1	673 W	2.93 A	48.10 m	B- Unip. Tubos Superf. o Emp. Obra	Cobre PVC2X - Iluminación	1.50 mm ²	15 A	10 A	2.86 V	1.25%	Sí	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	16.00 mm	25 A; 30 mA	A1
C8	27 VA	230 V	1	27 W	0.12 A	44.00 m	B- Unip. Tubos Superf. o Emp. Obra	Cobre PVC2X - Iluminación	1.50 mm ²	15 A	10 A	0.10 V	0.05%	Sí	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	16.00 mm	25 A; 30 mA	A1
C9	27 VA	230 V	1	27 W	0.12 A	38.98 m	B- Unip. Tubos Superf. o Emp. Obra	Cobre PVC2X - Iluminación	1.50 mm ²	15 A	10 A	0.09 V	0.04%	Sí	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	16.00 mm	25 A; 30 mA	A1
C10	673 VA	230 V	1	673 W	2.93 A	36.98 m	B- Unip. Tubos Superf. o Emp. Obra	Cobre PVC2X - Iluminación	1.50 mm ²	15 A	10 A	2.20 V	0.96%	Sí	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	16.00 mm	25 A; 30 mA	A2
C11	27 VA	230 V	1	27 W	0.12 A	33.55 m	B- Unip. Tubos Superf. o Emp. Obra	Cobre PVC2X - Iluminación	1.50 mm ²	15 A	10 A	0.08 V	0.03%	Sí	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	16.00 mm	25 A; 30 mA	A2
C12	30 VA	230 V	1	30 W	0.13 A	48.92 m	B- Unip. Tubos Superf. o Emp. Obra	Cobre PVC2X - Iluminación	1.50 mm ²	15 A	10 A	0.13 V	0.06%	Sí	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	16.00 mm	25 A; 30 mA	A2
C13	100 VA	230 V	1	100 W	0.43 A	23.15 m	B- Unip. Tubos Superf. o Emp. Obra	Cobre PVC2X - Iluminación	1.50 mm ²	15 A	10 A	0.20 V	0.09%	Sí	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	16.00 mm	25 A; 30 mA	A3
C14	29 VA	230 V	1	29 W	0.13 A	8.34 m	B- Unip. Tubos Superf. o Emp. Obra	Cobre PVC2X - Iluminación	1.50 mm ²	15 A	10 A	0.02 V	0.01%	Sí	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	16.00 mm	25 A; 30 mA	A3
C15	29 VA	230 V	1	29 W	0.13 A	16.87 m	B- Unip. Tubos Superf. o Emp. Obra	Cobre PVC2X - Iluminación	1.50 mm ²	15 A	10 A	0.04 V	0.02%	Sí	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	16.00 mm	25 A; 30 mA	A3
C16	44 VA	230 V	1	44 W	0.19 A	5.23 m	B- Unip. Tubos Superf. o Emp. Obra	Cobre PVC2X - Iluminación	1.50 mm ²	15 A	10 A	0.00 V	0%	Sí	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	16.00 mm	25 A; 30 mA	A3
C17	29 VA	230 V	1	29 W	0.13 A	5.89 m	B- Unip. Tubos Superf. o Emp. Obra	Cobre PVC2X - Iluminación	1.50 mm ²	15 A	10 A	0.02 V	0.01%	Sí	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	16.00 mm	25 A; 30 mA	A3
C18	191 VA	230 V	1	191 W	0.83 A	20.80 m	B- Unip. Tubos Superf. o Emp. Obra	Cobre PVC2X - Iluminación	1.50 mm ²	15 A	10 A	0.35 V	0.15%	Sí	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	16.00 mm	25 A; 30 mA	A3
C19	36 VA	230 V	1	36 W	0.16 A	25.93 m	B- Unip. Tubos Superf. o Emp. Obra	Cobre PVC2X - Iluminación	1.50 mm ²	15 A	10 A	0.08 V	0.04%	Sí	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	16.00 mm	25 A; 30 mA	A3
C20	818 VA	230 V	0.8	654 W	3.56 A	5.83 m	B- Unip. Tubos Superf. o Emp. Obra	Cobre PVC2X - Potencia	1.50 mm ²	15 A	16 A	0.22 V	0.1%	Sí	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	16.00 mm	25 A; 30 mA	A4
C21	818 VA	230 V	0.8	654 W	3.56 A	11.98 m	B- Unip. Tubos Superf. o Emp. Obra	Cobre PVC2X - Potencia	1.50 mm ²	15 A	16 A	0.46 V	0.2%	Sí	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	16.00 mm	25 A; 30 mA	A4
C22	818 VA	230 V	0.8	654 W	3.56 A	17.20 m	B- Unip. Tubos Superf. o Emp. Obra	Cobre PVC2X - Potencia	1.50 mm ²	15 A	16 A	0.65 V	0.28%	Sí	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	16.00 mm	25 A; 30 mA	A4
C23	1636 VA	230 V	0.8	1308 W	7.11 A	16.42 m	B- Unip. Tubos Superf. o Emp. Obra	Cobre PVC2X - Potencia	1.50 mm ²	15 A	16 A	1.25 V	0.54%	Sí	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	16.00 mm	25 A; 30 mA	A4
C24	2045 VA	230 V	0.8	1636 W	8.89 A	36.22 m	B- Unip. Tubos Superf. o Emp. Obra	Cobre PVC2X - Potencia	1.50 mm ²	15 A	16 A	3.45 V	1.5%	Sí	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	16.00 mm	25 A; 30 mA	A4
C25	818 VA	230 V	0.8	654 W	3.56 A	8.12 m	B- Unip. Tubos Superf. o Emp. Obra	Cobre PVC2X - Potencia	1.50 mm ²	15 A	16 A	0.31 V	0.13%	Sí	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	16.00 mm	25 A; 30 mA	A5
C26	1620 VA	230 V	0.8	1296 W	7.04 A	8.92 m	B- Unip. Tubos Superf. o Emp. Obra	Cobre PVC2X - Potencia	1.50 mm ²	15 A	16 A	0.67 V	0.29%	Sí	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	16.00 mm	25 A; 30 mA	A5
C27	2045 VA	230 V	0.8	1636 W	8.89 A	43.63 m	B- Unip. Tubos Superf. o Emp. Obra	Cobre PVC2X - Potencia	1.50 mm ²	15 A	16 A	4.15 V	1.81%	Sí	2x1.5+TTx1.5mm ² Cu	16.00 mm	25 A; 30 mA	A5

UNIVERSIDAD DE SEVILLA
Escuela Técnica Superior de Ingeniería

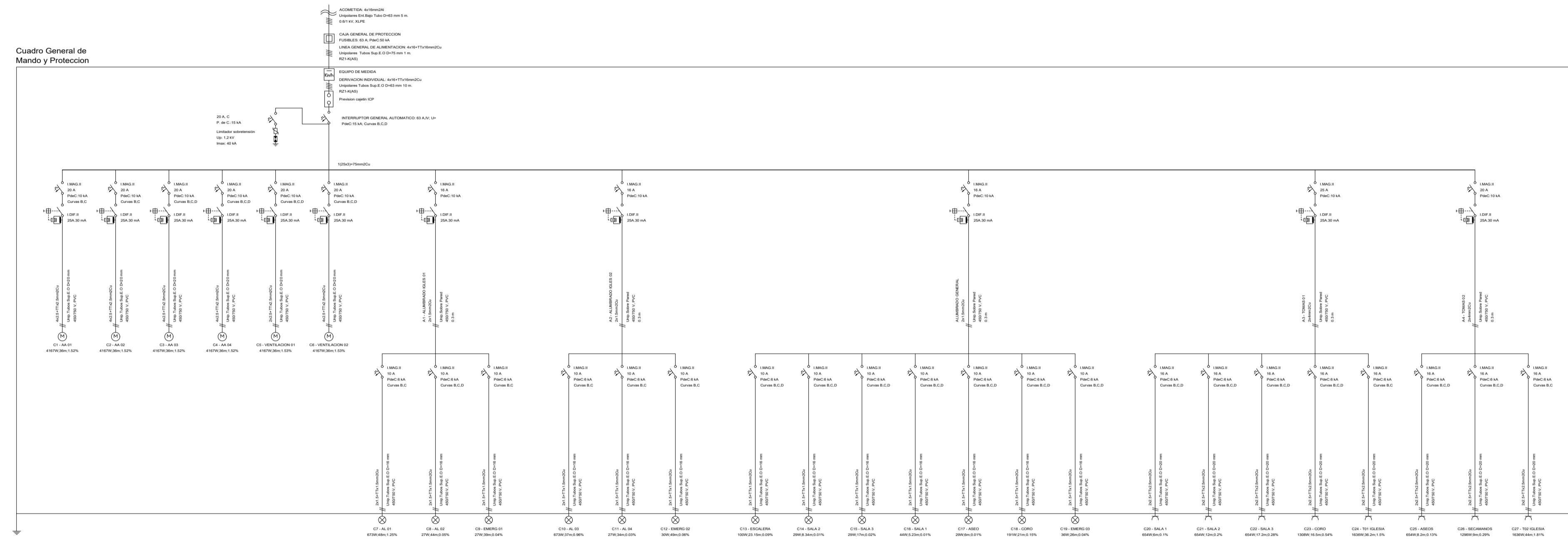
Trabajo de Fin Grado - Diseño de Instalaciones con BIM

TABLA PLANIFICACIÓN CIRCUITOS

PROMOTOR
UNIVERSIDADE
SEVILLA

Número plano
A107
02/16/21





1 Diagrama unifilar
1 : 150

UNIVERSIDAD DE SEVILLA
Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Trabajo de Fin Grado - Diseño de Instalaciones con BIM

Diagrama unifilar

PROMOTOR
UNIVERSIDADE
SEVILLA

Número plano
A108
02/16/21 1 : 150





UNIVERSIDAD DE SEVILLA Escuela Técnica Superior de Ingeniería		
Trabajo de Fin Grado - Diseño de Instalaciones con BIM		
Renders vista 1		
PROMOTOR UNIVERSIDADE SEVILLA	Número plano A109	
	02/16/21	



UNIVERSIDAD DE SEVILLA
Escuela Técnica Superior de Ingeniería

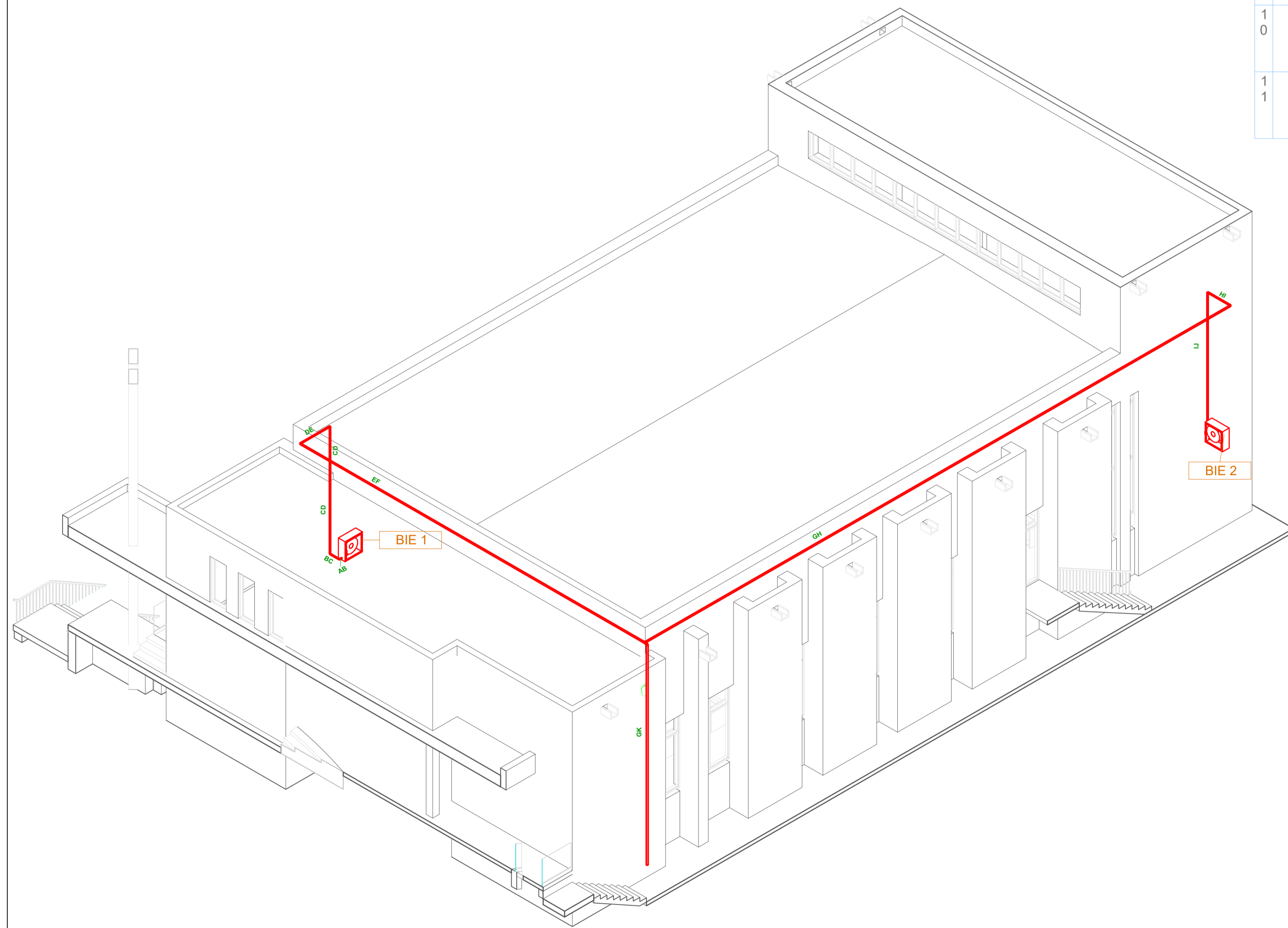
Trabajo de Fin Grado - Diseño de Instalaciones con BIM

Renders vista 2

PROMOTOR
UNIVERSIDADE
SEVILLA

Número plano
A110
02/16/21





1 Isométrico BIES

Tabla de planificación de ocupación

Número	Nivel	Nombre	Uso previsto	Tipo de actividad	Área	Asientos	Densidad de Ocupación 1	Comentarios	Densidad de Ocupación 2	Ocupación calculada 2	Ocupación calculada 1	OCUPACIÓN
1	ACCESO	Sala 1	Pública concurrencia	Almacen	10 m ²	0	40.00 m ²		0	0	0.250235	1
2	ACCESO	Aseo	Pública concurrencia	Aseo	7 m ²	0	3.00 m ²		0	0	2.259987	3
3	ACCESO	Sala 2	Pública concurrencia	Despacho	7 m ²	0	10.00 m ²		0	0	0.693606	1
4	ACCESO	Acceso Iglesia	Pública concurrencia	Espectadores sentados	248 m ²	240	1000000000.00 m ²	Se añade este valor para anular el resultado	1	240	0	240
6	ACCESO	Altar	Pública concurrencia	Espacio polivalente	78 m ²	0	40.00 m ²		0	0	1.941656	2
7	ACCESO	Sala 3	Pública concurrencia	Despacho	7 m ²	0	10.00 m ²		0	0	0.727031	1
8	ACCESO	Escalera	Pública concurrencia	No aplica	8 m ²	0	1000000000.00 m ²	Se añade este valor para anular el resultado	0	0	0	0
9	CORO	Coro	Pública concurrencia	Aula docente/Sala musica	57 m ²	0	5.00 m ²		0	0	11.320175	12
10	CORO	Escalera 2	Pública concurrencia	No aplica	19 m ²	0	1000000000.00 m ²	Se añade este valor para anular el resultado	0	0	0	0
11	ACCESO	Pasillos acceso	Pública concurrencia	Espectadores de pie	68 m ²	240	1000000000.00 m ²	Se añade este valor para anular el resultado	0.25	60	0	60

Tabla de planificación de tuberías

Nombre de sistema	Tramo Tubería	Longitud	Flujo	Tamaño	Material	Serie/Tipo	Pérdida de carga	Velocidad
Abastecimiento BIES	DE	1.32 m	1.7 L/s	32 mmø	Acero, al carbono	Galvanizado	1.3 kPa	1.7 m/s
Abastecimiento BIES	EF	15.61 m	1.7 L/s	40 mmø	Acero, al carbono	Galvanizado	6.8 kPa	1.2 m/s
Abastecimiento BIES	GH	26.56 m	1.7 L/s	40 mmø	Acero, al carbono	Galvanizado	11.6 kPa	1.2 m/s
Abastecimiento BIES	HI	1.00 m	1.7 L/s	32 mmø	Acero, al carbono	Galvanizado	1.0 kPa	1.7 m/s
Abastecimiento BIES	JJ	0.01 m	1.7 L/s	32 mmø	Acero, al carbono	Galvanizado	0.0 kPa	1.7 m/s
Abastecimiento BIES	IJ	5.69 m	1.7 L/s	32 mmø	Acero, al carbono	Galvanizado	5.4 kPa	1.7 m/s
Abastecimiento BIES	AB	0.07 m	1.7 L/s	32 mmø	Acero, al carbono	Galvanizado	0.1 kPa	1.7 m/s
Abastecimiento BIES	BC	0.39 m	1.7 L/s	32 mmø	Acero, al carbono	Galvanizado	0.4 kPa	1.7 m/s
Abastecimiento BIES	CD	4.98 m	1.7 L/s	32 mmø	Acero, al carbono	Galvanizado	4.8 kPa	1.7 m/s
Abastecimiento BIES	FG	0.04 m	3.3 L/s	50 mmø	Acero, al carbono	Galvanizado	0.0 kPa	1.5 m/s
Abastecimiento BIES	GK	9.43 m	3.3 L/s	50 mmø	Acero, al carbono	Galvanizado	4.5 kPa	1.5 m/s

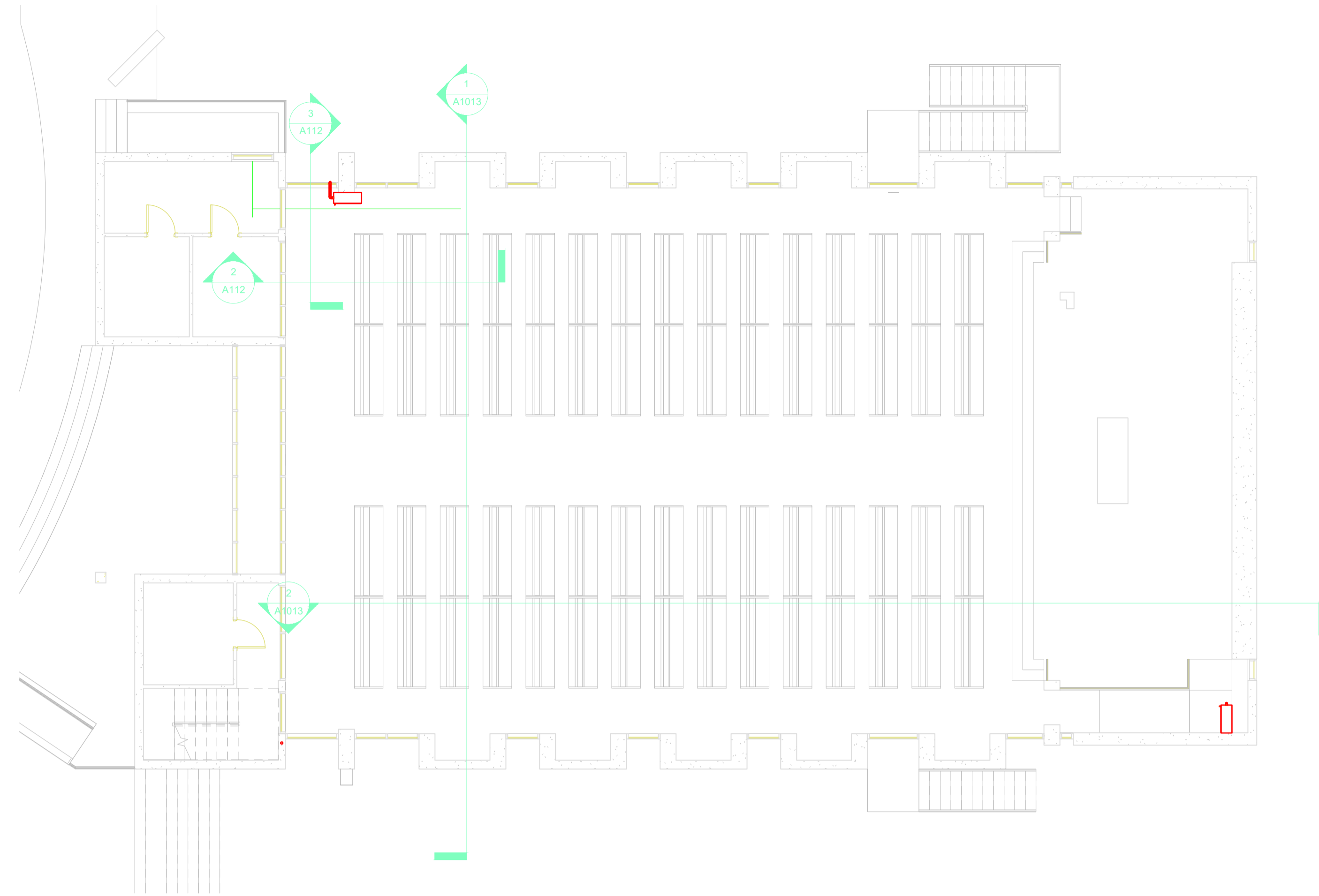
UNIVERSIDAD DE SEVILLA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

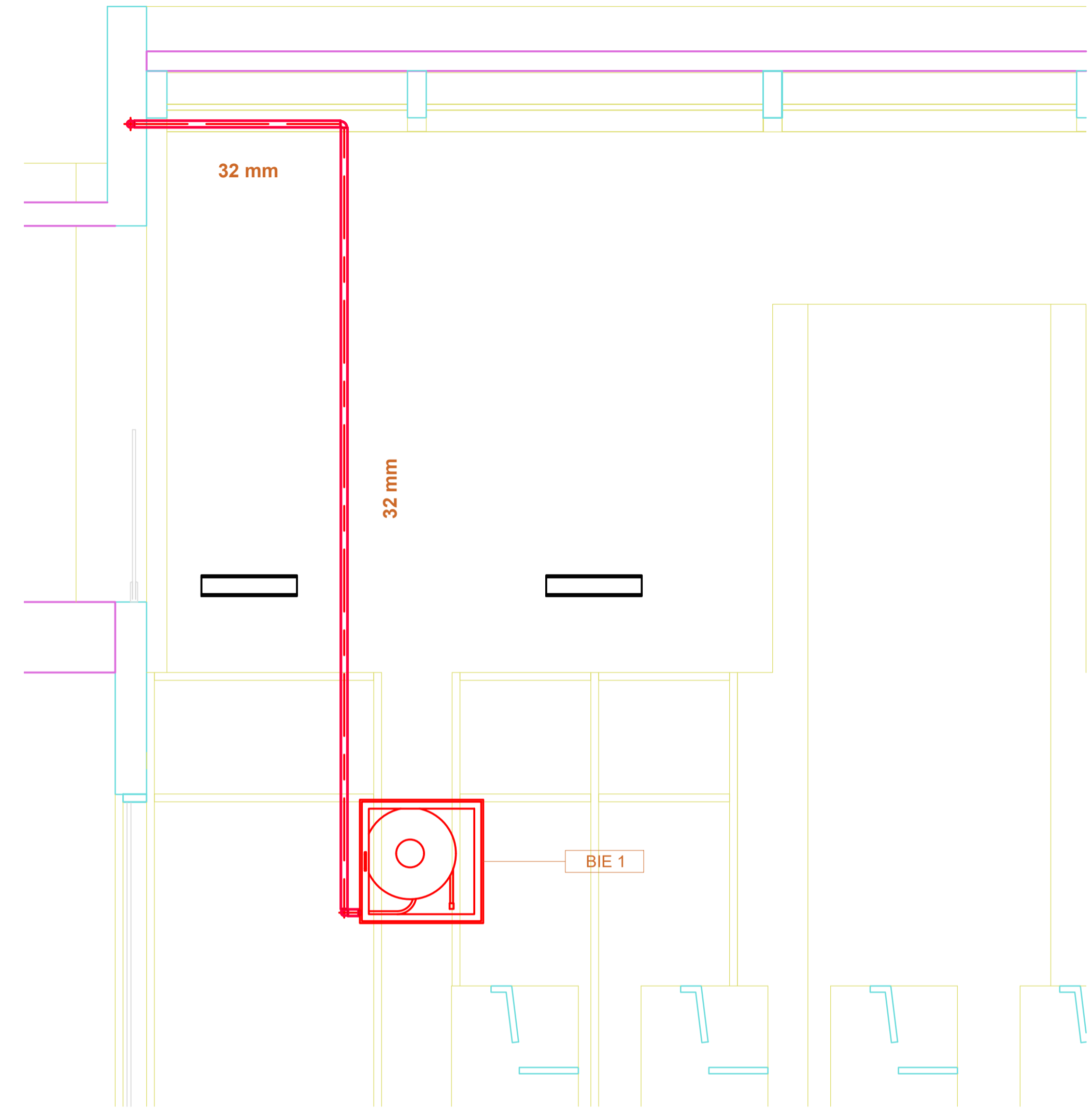
Trabajo de Fin Grado - Diseño de Instalaciones con BIM

Isométrico + tablas

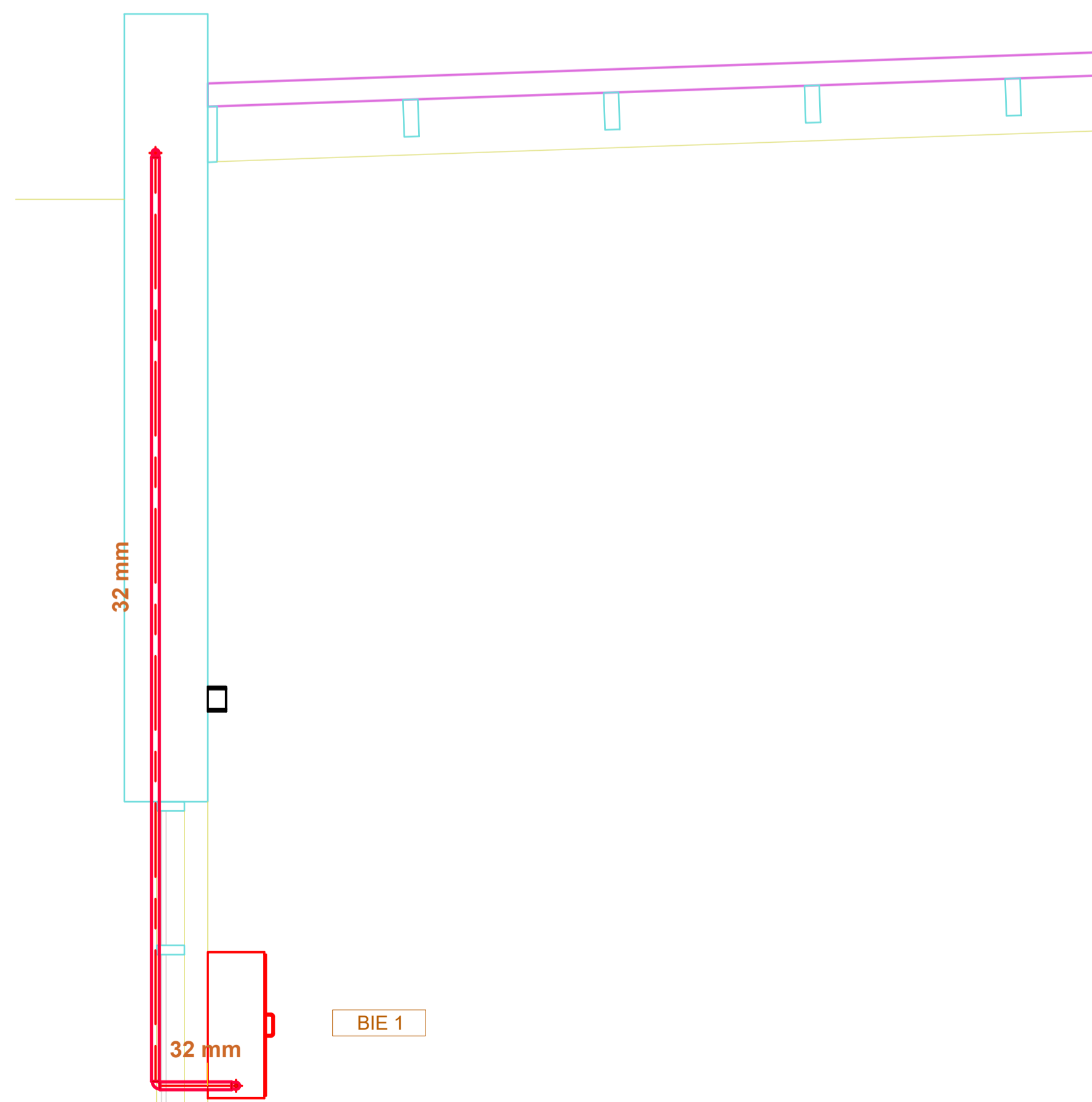
PROMOTOR UNIVERSIDADE SEVILLA	NÚMERO DE PLANO A111	
	01/19/21	



1 Vista Plano 08- BIES
1:100

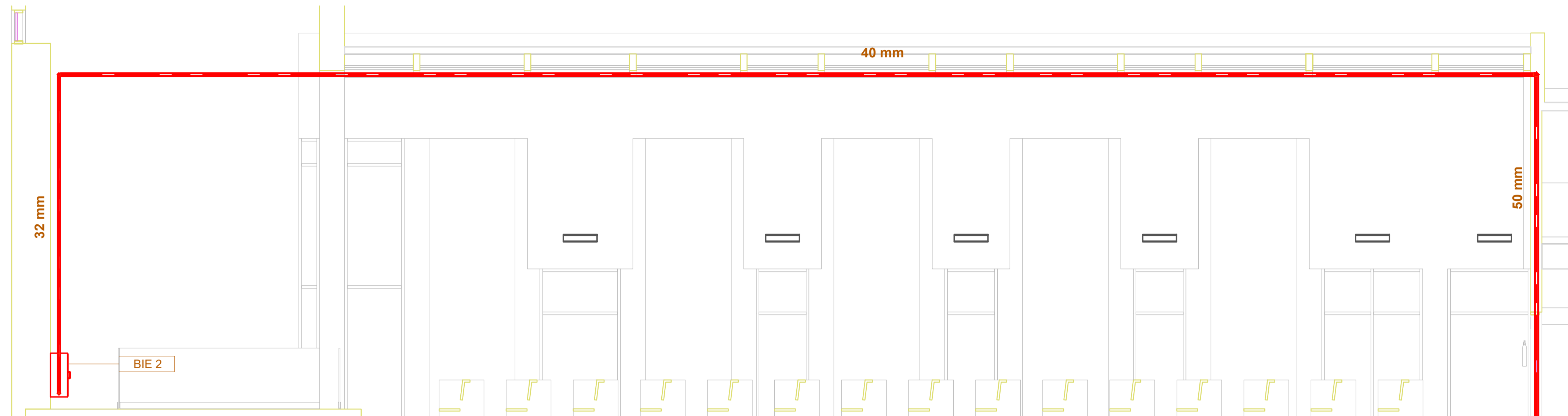


2 S1
1:25

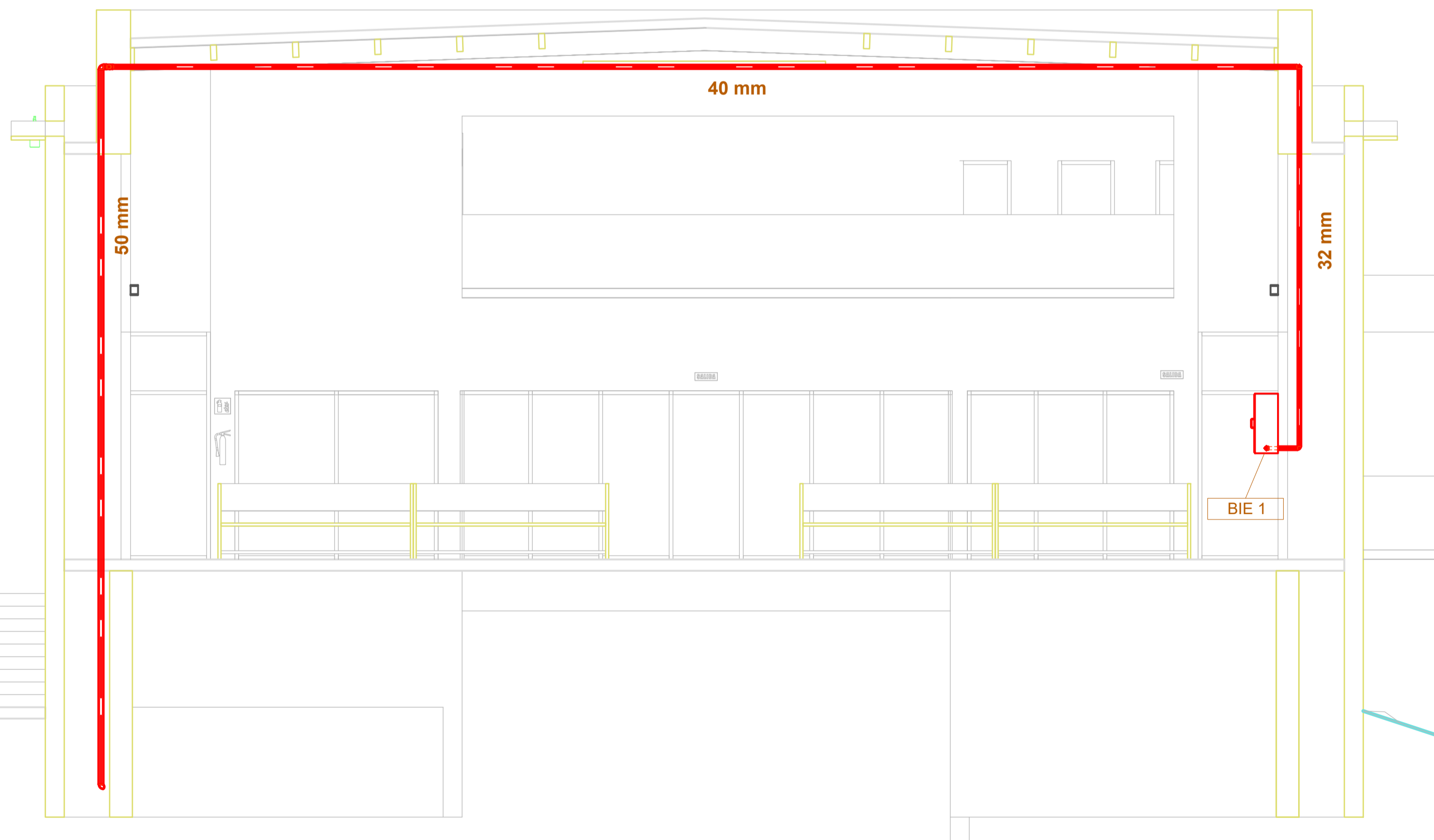


3 S2
1:25

UNIVERSIDAD DE SEVILLA Escuela Técnica Superior de Ingeniería		
Trabajo de Fin Grado - Diseño de Instalaciones con BIM		
Tuberías BIES		
PROMOTOR UNIVERSIDADE SEVILLA	NÚMERO DE PLANO A112	
	02/10/21	Como se indica
		



2 S4
1:50



1 S3
1:50

UNIVERSIDAD DE SEVILLA Escuela Técnica Superior de Ingeniería		
Trabajo de Fin Grado - Diseño de Instalaciones con BIM		
Secciones		
PROMOTOR UNIVERSIDADE SEVILLA	NÚMERO DE PLANO A113	
	02/10/21	1 : 50
		