Trabajo Fin de Máster Máster en Ingeniería Industrial

APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA BIM PARA EL CÁLCULO Y DISEÑO DE INSTALACIONES EN UNA NAVE INDUSTRIAL

Autor: Fernando Gómez Lucena Tutor: Emilio Romero Rueda

> Dpto. Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería Escuela Técnica Superior de Ingeniería

> > Sevilla, 2020





Departamento de Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería

Trabajo Fin de Máster Máster en Ingeniería Industrial

APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA BIM PARA EL CÁLCULO Y DISEÑO DE INSTALACIONES EN UNA NAVE INDUSTRIAL

Autor: Fernando Gómez Lucena

Tutor: Emilio Romero Rueda Profesor Asociado

Dpto. de Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla Sevilla, 2020

Trabajo Fin de Máster: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA BIM PARA EL CÁLCULO Y DISEÑO DE INSTALACIONES EN UNA NAVE INDUSTRIAL

Autor: Fernando Gómez Lucena

Tutor: Emilio Romero Rueda

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2013

El Secretario del Tribunal

A mis compañeros y amigos A mi familia.

El diseño de las instalaciones industriales de cualquier edificio es una tarea realizada comúnmente por ingenieros. Cualquier instalación debe estar proyectada para funcionar de forma segura y eficiente, buscando soluciones lo más económicas posibles. Por ello, un buen diseño es fundamental a la hora de trazar la instalación, siendo requerida formación y experiencia.

En este contexto, la metodología de trabajo BIM se antoja como indispensable en cualquier empresa dentro de pocos años, por ello es necesario comenzar a dar los primeros pasos siguiendo estos estándares.

Con objeto de satisfacer estas dos ideas, se realiza el presente Trabajo Fin de Máster, abordando las instalaciones de Abastecimiento, Saneamiento, Climatización, Ventilación, Protección Contra Incendios y la Instalación Eléctrica en Baja Tensión, trabajando en un entorno de trabajo colaborativo como es Fusion 360.

Además de lo anterior, para el desarrollo del proyecto se utilizan algunos de los programas más comunes en el mundo profesional como son Autodesk Revit, Navisworks o Dialux.

En definitiva, el presente trabajo pretende ser un primer contacto práctico con el competitivo futuro que nos espera.

Engineers usually design industrial facilities in buildings. They must be designed to work safely and in the most effective and economical way. Because of that, design is a crucial step to carry out the execution. being necessary training and experience.

In that situation, BIM's Workflow uptake will be a key aspect in any company within a few years, so it is important to start taking some experience with that new working methodology.

To cope with these two ideas, this Master thesis will design the following facilities of an industrial building: Water Supply, Sanitation, Air Conditioning, Ventilation, Fire Protection and Electrical Supply, in a collaborative environment, such as Fusion 360.

Furthermore, for the development of this project some of the most usual professional programmes are used, such as Autodesk Revit, Navisworks or Dialux.

Besides all this, this work aims to be a first practical contact with the competitive future that awaits us.

Índice

Res	sumen	ix
Abs	stract	xi
Índi	ice	xiii
Índi	ice de Tablas	xvi
Índi	ice de Figuras	xix
DOC	CUMENTO №1: MEMORIA DESCRIPTIVA	11
1.	OBJETO Y ALCANCE DEL PROYECTO 1.1. Introducción.	12 12
2.	TECNOLOGÍA BIM2.1.Definición2.2.Los niveles del BIM2.3.Las 7 dimensiones BIM2.4.Ventajas e inconvenientes del BIM2.4.1.Ventajas2.4.2.Inconvenientes2.5.Integrantes de un Proyecto BIM2.6.Alternativas de Software	15 15 16 18 18 19 20 22
3.	OBJETIVOS DEL PROYECTO	25
4.	 ANTECEDENTES 4.1. Emplazamiento 4.2. Justificación del Proyecto 4.3. Justificación del cumplimiento de condiciones 4.4. Edificaciones existentes 4.5. Tipología Estructural 4.6. Distribución en planta 	26 26 29 29 29 29 29 30
5.	MODELADO EN REVIT	32
6.	 PROYECTO DE INSTALACIONES 6.1. Introducción a Revit MEP 6.2. Vinculación del proyecto de arquitectura 6.3. Introducción a las instalaciones del edificio. 6.4. Cálculo de la ocupación 	36 36 37 39 39
7.	 INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO 7.1. Introducción 7.2. Descripción de la instalación 7.3. Dimensionado de la red de aguas pluviales 7.3.1. Cálculo de los canalones 7.3.2. Cálculo de las bajantes. 7.3.3. Cálculo de colectores de aguas pluviales. 7.3.4. Arquetas. 	41 41 42 43 44 45 46

	7.4. Dimensionado de la red de evacuación de aguas residuales.	47
	7.4.1. Compacto decantador	47
	7.4.2. Derivaciones individuales.	48
	7.4.3. Cierres hidráulicos.	49
	7.4.4. Ramales colectores.	50
	7.4.5. Bajantes residuales	51
	7.4.6. Colectores	52
	7.4.7. Arquetas.	53
	7.4.8. Ventilación.	54
	7.5. Instalación de Saneamiento en Revit	55
	7.5.1. Sanitario – Aguas Negras	56
	7.5.2. Sanitario – Aguas grises	69
8.	INSTALACIÓN DE ABASTECIMIENTO	72
•	8.1. Introducción	72
	8.2. Descripción de la instalación	72
	8.3. Cálculo de la instalación.	77
	8.3.1. Armario de la acometida.	77
	8.3.2. Cálculo del grupo de presión	77
	8.3.3. Cálculo de las tuberías de distribución	83
	8.4. Instalación de abastecimiento en Revit	87
	8.4.1. Sistema de Agua Fría Sanitaria	88
	8.4.2. Sistema de Água Caliente Sanitaria ACS	95
	8.4.3. Informes de pérdida de presión tuberías	95
9.	INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN	97
5.	9.1. Introducción	97
	9.2. Instalación de climatización.	98
	9.2.1. Cálculo de la instalación de climatización.	98
	9.3. Instalación de ventilación.	109
	9.3.1. Cálculo de la instalación de ventilación.	109
	9.4. Instalaciones térmicas en Revit	118
	9.4.1. Introducción a las instalaciones térmicas en Revit	118
	9.4.2. Instalación de climatización en Revit	125
	9.4.3. Instalación de ventilación en Revit	127
10.	INSTALACIÓN DE ALUMBRADO	137
	10.1. Introducción	137
	10.2. Cálculo luminotécnico.	140
	10.3. Instalación de alumbrado en Revit.	144
11.	INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	153
	11.1. Introducción	153
	11.2. Caracterización de los establecimientos industriales.	153
	11.3. Protección pasiva del edificio.	157
	11.4. Protección Activa del edificio.	163
	10.5. Instalación de protección contra incendios en Revit.	168
12.	INSTALACIÓN FLÉCTRICA DE B.T.	178
	12.1. Descripción de la instalación	178
	12.2. Previsión de potencia	180
	12.3. Cálculo de la instalación	182
	12.4. Instalación de baja tensión en Revit.	192
13.	GENERACIÓN DE PIEZAS DE FABRICACIÓN	201
14	COORDINACIÓN DEL PROYECTO Y ANÁLISIS DE INTERFERENCIAS	204
	14.1. Introducción	204

	14.2.	Coordinación con Navisworks	205
	14.3.	Análisis de interferencias.	205
	14.4.	Revisión del modelo en Navisworks	210
	14.5.	Gestión del tiempo.	212
15.	TRA	BAJO EN LA NUBE	214
16.	CON	ICLUSIONES.	219
17.	BIBL	IOGRAFÍA	221

DOCUMENTO Nº2: ANEXOS

- 1. Informe de pérdida de presión en tuberías de AFS, Revit.
- 2. Informe de pérdida de presión en tuberías de ACS, Revit.
- 3. Estudio de luminosidad, Dialux.
- 4. Informe de cargas del edificio, Revit.
- 5. Informe de conflictos, Navisworks.

DOCUMENTO Nº3: PLANOS

- 01. Situación
- 02. Emplazamiento
- 03. Planta arquitectura
- 04. Alzados y secciones
- 05. Axonometría arquitectura
- 06. Instalación de saneamiento
- 07. Esquema de caudales saneamiento
- 08. Abastecimiento AFS y ACS
- 09. Esquema de caudales abastecimiento
- 10. Climatización oficinas y zona de venta
- 11. Instalación de ventilación
- 12. Axonometría ventilación
- 13. Esquema de caudales ventilación
- 14. Protección contra incendios
- 15. Alumbrado y electricidad
- 16. Conjunto instalaciones en planta
- 17. Conjunto instalaciones en sección
- 18. Perspectiva cónica instalaciones
- 19. Conjunto instalaciones axonométrico
- 20. Imágenes arquitectura
- 21. Imágenes instalaciones

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Cálculo de la ocupación por superficie	40
Tabla 2 – Intensidad Pluviométrica	42
Tabla 3 – Diámetro del canalón para un régimen pluviométrico de 100 mm/h	43
Tabla 4 – Cálculo de los canalones	44
Tabla 5 – Diámetro de las bajantes pluviales para régimen pluviométrico de 100 mm/h	44
Tabla 6 – Diámetro de los colectores de aguas pluviales para un régimen pluviométrico de 100 mm/h	45
Tabla 7 – Cálculo de los colectores pluviales	46
Tabla 8 – Dimensiones de las arquetas	46
Tabla 9 – Selección de arquetas para la red pluvial	46
Tabla 10 – Modelos del compacto decantador en función del número de ocupantes	47
Tabla 11 – UD correspondientes a los distintos aparatos sanitarios	48
Tabla 12 – Cálculo de la derivación individual	49
Tabla 13 – Unidades de desagüe (UD) por local húmedo	50
Tabla 14 – Diámetros de ramales colectores entre aparatos sanitarios y bajante	51
Tabla 15 – Cálculo de ramales colectores	51
Tabla 16 – Diámetro de las bajantes según altura del edificio y el N.º de UD	52
Tabla 17 – Cálculo de bajantes residuales	52
Tabla 18 – Diámetro de los colectores horizontales en función de las UD y la pendiente	52
Tabla 19 – Cálculo de colectores residuales	53
Tabla 20 – Cálculo de arquetas residuales	54
Tabla 21 – Caudal instantáneo para cada tipo de aparato	74
Tabla 22 – Dimensiones del armario y de la arqueta para el contador general	77
Tabla 23 – Valores de la rugosidad según el material	78
Tabla 24 – Cálculo del caudal simultáneo	80
Tabla 25 – Caudal mínimo AFS y ACS por aparato	84
Tabla 26 – Distribución Aseo tipo A	84
Tabla 27 – Distribución Aseo tipo B	85
Tabla 28 – Distribución Aseo tipo C	85
Tabla 29 – Diámetros mínimos de alimentación	86
Tabla 30 – Alimentación AFS	86
Tabla 31 – Alimentación ACS	87
Tabla 32 – Alimentación general	87

Tabla 33 – Caudal total de agua en la instalación.	93
Tabla 34 – Carga térmica sensible por transmisión a través de cerramientos opacos	100
Tabla 35 – Cargas térmicas sensibles por transmisión a través de cerramientos translúcidos	101
Tabla 36 – Radiación solar en función de latitud, orientación y tiempo	101
Tabla 37 – Cargas térmicas sensibles por radiación solar	102
Tabla 38 – Cargas térmicas sensibles por ventilación	102
Tabla 39 – Calor sensible por ocupante según el tipo de trabajo	103
Tabla 40 – Cargas térmicas sensibles por ocupación	103
Tabla 41 – Cargas térmicas sensibles por iluminación del local	104
Tabla 42 – Estimación de la potencia consumida por cada habituación	104
Tabla 43 – Cargas térmicas sensibles por maquinaria del local	105
Tabla 44 – Cálculo de la humedad absoluta de los ambientes interior y exterior	105
Tabla 45 – Cargas térmicas latentes por ventilación	106
Tabla 46 – Calor latente por ocupante según tipo de trabajo	106
Tabla 47 – Cargas térmicas latentes por ocupación del local	107
Tabla 48 – Cargas térmicas en Pb. Atención al cliente (W)	107
Tabla 49 – Cargas térmicas en P1. Oficinas (W)	107
Tabla 50 – Cargas térmicas en P1. Sala de reuniones (W)	107
Tabla 51 – Condiciones interiores de diseño	109
Tabla 52 – Caudales de aire exterior por unidad de superficie	110
Tabla 53 – Caudales de aire exterior por persona	110
Tabla 54 – Calidad del aire interior	110
Tabla 55 – Clases de filtro	111
Tabla 56 – Caudal mínimo de aire de ventilación por local	111
Tabla 57 – Cálculo de los conductos de ventilación de la zona A	112
Tabla 58 – Cálculo de los conductos de ventilación de la zona B.	113
Tabla 59 – Caudal de salida por metro lineal de ventilador, según condiciones.	115
Tabla 60 – Cálculo de los conductos de ventilación de la zona D	118
Tabla 61 – Contribución de los diferentes elementos a las cargas térmicas de la sala de reuniones	124
Tabla 62 – Resumen de la construcción, cargas térmicas	125
Tabla 63 – Cargas térmicas de las zonas climatizadas	125
Tabla 64 – Número de puntos considerados según el índice del local K	137
Tabla 65 – Valores establecidos según actividad.	138
Tabla 66 – Valores límite de eficiencia energética según uso.	139
Tabla 67 – Iluminación media estimada por espacio, Revit.	149
Tabla 68 – Iluminación media en Lx para cada espacio según programa.	150
Tabla 69 – Superficie de la planta	154
Tabla 70 – Nivel de Riesgo intrínseco para actividades distintas al almacenamiento	155
Tabla 71 – Nivel de riesgo intrínseco para actividades de almacenamiento	155

Tabla 72 – Valores de carga al fuego para cada local del edificio	156
Tabla 73 – Nivel de riesgo intrínseco en función de la densidad de carga de fuego	157
Tabla 74 – Máxima superficie construida admisible de cada sector de incendio	158
Tabla 75 – Sector de incendios en el edificio industrial	158
Tabla 76 – Estabilidad al fuego de elementos estructurales portantes	158
Tabla 77 – Estabilidad al fuego de elementos de cubierta ligera	159
Tabla 78 – Estabilidad al fuego exigida para elementos de cubierta ligera	159
Tabla 79 – Número de ocupantes en el edificio	160
Tabla 80 – Longitud del recorrido de evacuación según el número de salidas	161
Tabla 81 – Dimensionado de los elementos de evacuación	161
Tabla 82 – Detección automática de incendios.	164
Tabla 83 – Hidrantes exteriores en función de la configuración de la zona y nivel de riesgo intrínseco	165
Tabla 84 – Hidrantes exteriores en el edificio	166
Tabla 85 – Sistemas de boca de incendio equipadas.	166
Tabla 86 – Rociadores automáticos en el edificio	166
Tabla 87 – Nivel de ocupación para Protección Contra Incendios	168
Tabla 88 – Superficie construida del edificio	170
Tabla 89 – Potencia total instalada fuerza.	180
Tabla 90 – Potencia total instalada iluminación.	180
Tabla 91 – Potencia total instalada	181
Tabla 92 – Previsión de cargas, Fuerza.	181
Tabla 93 – Previsión de cargas, iluminación.	181
Tabla 94 – Potencia activa, reactiva y aparente de la instalación	182
Tabla 95 – Cajas generales de protección (CGP) homologadas	183
Tabla 96 – Valores típicos de intensidad de interruptores y fusibles	183
Tabla 97 – Intensidades admisibles según características de la instalación.	184
Tabla 98 – Secciones de los conductores y diámetro exterior de los tubos.	184
Tabla 99 – Cuadro eléctrico general de la instalación	186
Tabla 100 – Cuadro eléctrico secundario.	187
Tabla 101 – Intensidades admisibles en función del nº de conductores con carga y tipo aislamiento.	188
Tabla 102 – Diámetro exterior de los tubos en función del número y sección de los conductores.	189
Tabla 103 – Recuento de tomas de fuerza de la instalación. Revit.	193
Tabla 104 – Tabla de planificación de paneles	197
Tabla 105 – Resumen de cargas, cuadro secundario.	198

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Imagen virtual del interior del almacén	12
Figura 2 – Imagen virtual de la zona de oficinas	13
Figura 3. – Flujo de trabajo BIM	15
Figura 4 – Niveles de desarrollo BIM	16
Figura 5 – Las 7 dimensiones BIM	16
Figura 6 – Nuevas dimensiones del BIM	17
Figura 7 – Comparativa entre flujos de trabajo 2D y BIM	18
Figura 8 – Gráfica de la evolución de la productividad.	19
Figura 9 – Gráfico comparativo entre BIM y metodologías tradicionales.	20
Figura 10 – Recinto deportivo realizado con tecnología BIM	20
Figura 11 – Imagen corporativa de Autodesk Revit	22
Figura 12 – Imagen corporativa de Graphisoft Archicad	23
Figura 13 – Imagen corporativa de ALLPLAN	23
Figura 14 – Interfaz del usuario de Autodesk Revit	24
Figura 15 - Situación geográfica del Término Municipal de Cabra	26
Figura 16 – Ortofoto de la ubicación de las parcelas	27
Figura 17 – Geometría y superficie de las Parcelas	27
Figura 18 – Zona de oficinas	28
Figura 19 – Zona de venta al público	28
Figura 20 – Cultivo del olivar	28
Figura 21 – Estructura porticada de la nave industrial	30
Figura 22 – Distribución de la nave industrial	30
Figura 23 – Cuadro de superficies	31
Figura 24 – Curvas de nivel en formato CAD	32
Figura 25 – Representación virtual del terreno	33
Figura 26 – Plataforma de construcción	33
Figura 27 – Estructura metálica de la nave	34
Figura 28 – Modelo arquitectónico definitivo de la nave	35
Figura 29 – Pestaña de sistemas dentro de la interfaz de Revit	36
Figura 30 – Esquema de funcionamiento de Revit MEP	36
Figura 31 - Coordinación de archivos en Revit	38
Figura 32 – Aviso de Revisión de Coordinación	38

Figura 33 – Coste del ciclo de vida de un edificio.	39
Figura 34 – Esquema de saneamiento separativo	41
Figura 35 – Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas	42
Figura 36 – Disposición de los canalones	43
Figura 37 – Ubicación en planta de las bajantes pluviales	44
Figura 38 – Disposición de los colectores pluviales	45
Figura 39 – Disposición de las arquetas pluviales	46
Figura 40 – Esquema tipo de un compacto decantador	48
Figura 41 – Funcionamiento de los cierres hidráulicos	49
Figura 42 – Esquema tipo de red local de evacuación	50
Figura 43 – Arqueta a pie de bajante	53
Figura 44 – Ventilación primaria	54
Figura 45 – Válvula de aireación	55
Figura 46 – Tuberías de cobre y PVC	56
Figura 47 – Parametrización de arqueta	57
Figura 48 – Ejemplar de inodoro y características	58
Figura 49 – Unidades de aparto correspondientes al conector de salida	59
Figura 50 – Alzado Este del edificio	59
Figura 51 – Plano de planta baja de los aseos	60
Figura 52 – Creación del muro hueco.	60
Figura 53 – Estado inicial de la tabiquería de los aseos	61
Figura 54 – Estado final de la tabiquería de los aseos	61
Figura 55 – Bote sifónico en Revit	62
Figura 56 – Estado final de las bajantes en los aseos	62
Figura 57 - Vista en planta de la red de tuberías de saneamiento	63
Figura 58 – Vista axonométrica de la instalación de saneamiento, planta primera	63
Figura 59 – Sección correspondiente a la instalación de saneamiento	64
Figura 60 – Instalación de tubería de ventilación	64
Figura 61 – Renderizado de la válvula de aireación	65
Figura 62 – Pila y sumidero de desagüe	65
Figura 63 – Estado final de la red de saneamiento	66
Figura 64 – Compacto decantador modelado en Revit	66
Figura 65 – Estado final de la instalación de evacuación de aguas residuales	67
Figura 66 – Inspector de sistemas en la instalación de saneamiento.	68
Figura 67 – Esquema de color correspondiente a las Unidades de Aparato.	68
Figura 68 – Medición de los metros necesarios de tubería de PVC según diámetro.	69
Figura 69 – Modelado del canalón	69
Figura 70 – Modelado de la unión entre canalones y bajante.	70
Figura 71 – Resolución del conflicto entre bajante y viga de atado	70

Figura 72 – Red de evacuación de aguas pluviales	71
Figura 73 - Red de saneamiento separativa	71
Figura 74 – Válvulas de retención.	73
Figura 75 – Filtro de agua tipo Y	73
Figura 76 – Esquema general de la red	74
Figura 77 – Armario del contador general	75
Figura 78 – Tubería de cobre aislada con coquilla de caucho	76
Figura 79 – Situación de la acometida	77
Figura 80 – Depósito de presión	82
Figura 81 – Esquema del Bypass	83
Figura 82 - Aseos tipo	84
Figura 83 – Asignación de caudales según CTE	88
Figura 84 – Tanque alimentación auxiliar	89
Figura 85 – Equipo de bombeo y depósito de presión	89
Figura 86 – Edición termo eléctrico instantáneo, biblioteca de Revit	90
Figura 87 – Esquema de funcionamiento de los sistemas en Revit	91
Figura 88 – Grupo de presión	91
Figura 89 – Características mecánicas de un tramo de tubería	92
Figura 90 – Inspector de sistemas en AFS	93
Figura 91 – Pestaña "Análisis" dentro de la interfaz de usuario de Revit	94
Figura 92 – Modificación del diámetro de la tubería.	94
Figura 93 – Ejemplares de aislante de poliestireno expandido	99
Figura 94 – Ventana de aluminio	100
Figura 95 – Equipo de aire acondicionado Toshiba Cassete Inverter de 5 kW	108
Figura 96 – Boca de aspiración y extractor en línea TD-Silent 160	112
Figura 97 - Ventilación forzada de los almacenes de pequeña superficie	113
Figura 98 – Batería de aireadores estáticos	114
Figura 99 – Sección transversal de un ventilador estático	114
Figura 100 – Esquema de funcionamiento de los ventiladores estáticos	116
Figura 101 – Recuperador de calor, CADB/T-HE-PRO-REG	117
Figura 102 – Definición de espacios en Revit	119
Figura 103 – Navegador de sistemas, zonas del edificio.	119
Figura 104 – Categorización del edificio	120
Figura 105 – Configuración de tipo de espacio	121
Figura 106 – Tipos conceptuales del equipo	121
Figura 107 – Edición de las capas y parámetros térmicos del muro	122
Figura 108 – Visualización de las capas del muro.	122
Figura 109 – Aislamiento de la cubierta	123
Figura 110 – Configuración del análisis de cargas del edificio	123

Figura 111 – Comprobación de errores del análisis energético	124
Figura 112 – Equipo de aire acondicionado Toshiba Cassette R32 en formato BIM	125
Figura 113 – Instalación de climatización.	126
Figura 114 – Sistemas de cada equipo de climatización	126
Figura 115 – Detalle de las tuberías de climatización	127
Figura 116 – Extractor en línea TD-SILENT del fabricante Soler & Palau en formato BIM	128
Figura 117 – Boca de aspiración del fabricante Aereco	128
Figura 118 – Rejilla de la biblioteca de Revit	129
Figura 119 –Extracción de aire viciado de los aseos.	129
Figura 120 – Sistema de ventilación de la zona B	130
Figura 121 – Propiedades de espacio	130
Figura 122 – Propiedades de zona	131
Figura 123 – Generación de familia de aireador estático I	132
Figura 124 – Generación de familia de aireador estático II	132
Figura 125 – Ventilación de los Almacenes de mayor superficie	133
Figura 126 – Esquema de funcionamiento de la instalación	133
Figura 127 – Modelo BIM del intercambiador de calor, serie WTU, ORCON	134
Figura 128 – Dimensionado de los conductos de ventilación	135
Figura 129 – Ventilación con recuperador de calor en la zona de oficinas	135
Figura 130 – Instalaciones térmicas de la nave industrial	136
Figura 131 – Variación del flujo disponible en la luminaria.	138
Figura 132 – Archivo IFC universal	140
Figura 133 – Colocación de las luminarias en los almacenes	141
Figura 134 – Valores establecidos para el mostrador de recepción, zona de venta	141
Figura 135 – Sumario de los resultados en Dialux	142
Figura 136 – Valores luminotécnicos zona de Recepción, venta al público.	142
Figura 137 – Configuración de las luminarias, zona de venta.	143
Figura 138 – Configuración luminotécnica del almacén de fitosanitarios, Dialux.	143
Figura 139 – Características de la luminarias de la zona D	144
Figura 140 – Luminaria empotrada en techo, Biblioteca de Revit	144
Figura 141 – Ajuste de las luminarias en el editor de familias de Revit	145
Figura 142 – Iluminación artificial, Enscape, Revit.	145
Figura 143 – Iluminación Natural, Enscape, Revit	146
Figura 144 – Plano de techo de las luminarias, Revit.	146
Figura 145 – Interruptor original de la biblioteca de Revit	147
Figura 146 – Editor de familias, grafismo de los interruptores.	147
Figura 147 – Colocación de interruptores, Revit	148
Figura 148 – Representación del cableado, Revit.	148
Figura 149 – Plano de luminarias, iluminación media estimada, Revit	149

Figura 150 - Colocación del alumbrado de emergencia, sección en Revit	151
Figura 151 – Estado definitivo de las luminarias de emergencia	151
Figura 152 – Interferencia resuelta entre luminaria y difusor	152
Figura 153 – Configuración del edificio Tipo C.	154
Figura 154 – Pulsador de alarma de incendios	164
Figura 155 – Sirena electrónica direccionable	165
Figura 156 – Señal de prohibición de fumar	167
Figura 157 – Señal indicativa de la ubicación de extintor de incendio	167
Figura 158 – Señal de salida de evacuación	168
Figura 159 – Propiedades de la zona de oficinas y venta al público.	169
Figura 160 – Plano de superficie construida. Nivel 1, Nivel 2, Revit	169
Figura 161 – Sector de incendios, edificio completo. Revit.	170
Figura 162 – Propiedades de muro	171
Figura 163 – Vista exterior de la nave industrial, Enscape.	171
Figura 164 – Salidas de evacuación del edificio. Revit.	172
Figura 165 – Anchura de los elementos de evacuación	173
Figura 166 – Puerta batiente con puerta de paso peatonal.	173
Figura 167 – Vista exterior e interior de la puerta basculante, Enscape.	174
Figura 168 – Sección salida exterior planta primera, Revit.	174
Figura 169 – Señal "Sin salida", Revit.	174
Figura 170 – Elementos del sistema de alarma de incendios, Revit.	175
Figura 171 – Comprobación de distancia máxima a un extintor (I), Revit.	176
Figura 172 – Comprobación de distancia máxima a un extintor (II), Revit.	176
Figura 173 – Sección del edificio, extintor de incendio señalizado, Revit.	177
Figura 174 – Esquema general para instalación de enlace de usuario único	179
Figura 175 – Esquema de distribución tipo TT	179
Figura 176 – Esquema para un único usuario.	185
Figura 177 – Valores límite de pérdidas para usuario único según el REBT.	189
Figura 178 – Interruptor diferencial monofásico, 2 polos.	191
Figura 179 – Interruptor magnetotérmico monofásico, 2 polos.	191
Figura 180 – Grafismo originalFigura 181 – Grafismo modificado	193
Figura 182 – Grafismo de enchufe estanco	193
Figura 183 – Navegador de sistemas	195
Figura 184 – Bandejas de cables en plano de planta	195
Figura 185 – Vista 3D de los elementos eléctricos	195
Figura 186 – Navegador de sistema	196
Figura 187 – Longitud de cable del circuito de climatización.	198
Figura 188 – Plano de planta baja, tomas de fuerza.	199
Figura 189 – Análisis de desconexiones eléctricas, Revit.	199

Figura 190 – Desconexión en la CPM, Revit.	199
Figura 191 – Instalaciones en Revit.	200
Figura 192 – Vista 3D ventilación con elementos de fabricación	201
Figura 193 – Planta de instalación de ventilación.	202
Figura 194 – Vista 3D, soportes de conductos.	202
Figura 195 – Análisis de interferencias en Revit	204
Figura 196 – Coordinación en Navisworks	206
Figura 197 – Clash Detective en Navisworks	206
Figura 198 – Conflicto residual entre bandeja de cable y espacio.	207
Figura 199 – Asignación de conflictos.	207
Figura 200 – Colisión entre válvula antirretorno de saneamiento y viga de atado estructural.	208
Figura 201 – Estado inicial del conflicto válvula antirretorno – viga de atado.	208
Figura 202 – Conflicto resuelto, estado definitivo válvula antirretorno - viga de atado.	209
Figura 203 – Informe de conflictos de Navisworks	210
Figura 204 – Recorrido virtual en Navisworks.	210
Figura 205 – Generación de anotación en Navisworks	211
Figura 206 – Comentario de Navisworks	211
Figura 207 – Estado definitivo del pulsador de alarma de incendio.	212
Figura 208 – Timeliner en Navisworks.	212
Figura 209 – Sección en Navisworks	213
Figura 210 – Actualización automática de archivo al abrirlo.	215
Figura 211 – Carpeta del proyecto desde dispositivos móviles como smartphone y tablet.	215
Figura 212 – Flujo de colaboración en un proyecto ^[24]	215
Figura 213 – Carpeta en línea del proyecto.	216
Figura 214 – Vinculación entre archivos dentro de la carpeta en línea.	216
Figura 215 – Realidad aumentada en las instalaciones de un edificio [25]	218

DOCUMENTO Nº1: MEMORIA DESCRIPTIVA

1. OBJETO Y ALCANCE DEL PROYECTO

1.1. Introducción.

El presente Proyecto consiste en diseñar y modelar, en tres dimensiones, el Proyecto de instalaciones de una nave industrial, destinada a ser un almacén de productos agrícolas. Además, se mostrarán todas las ventajas que aporta la nueva metodología de trabajo BIM, de entre las que destacan una calidad óptima de representación del conjunto del edificio, detectando eficazmente errores de cálculo o relacionados con interferencias entre elementos.

Titulado "APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA BIM PARA EL CÁLCULO Y DISEÑO DE INSTALACIONES DE UNA NAVE INDUSTRIAL", procura ser por un lado, una referencia útil en el uso de la tecnología BIM (*Building Information Modelling*) y por otro, un informe básico del cálculo manual de las instalaciones industriales conforme a la normativa aplicable.

El proyecto, que se presenta como Trabajo Fin de Máster, pretende ser una continuación al proyecto que realicé como Trabajo Fin de Grado. Este documento consistía en el proceso constructivo de una nave industrial, incluyendo las diferentes fases que componen su ejecución en obra, indicando temporalidades, realizando detalles y encuentros constructivos en CAD. Para facilitar el proceso de montaje, realicé un levantamiento sencillo en Revit. En el desarrollo de este trabajo, se pretende añadir el cálculo y diseño de las instalaciones industriales del edificio, gestionando el proyecto tanto en la fase de diseño como a lo largo de su vida útil. Todo ello simulando un flujo de trabajo colaborativo real, utilizando la metodología BIM como herramienta básica.

Ha sido necesario asistir a dos cursos completos de Autodesk Revit-MEP, los cuales servirán como referencia para realizar de forma correcta el proyecto de instalaciones del edificio industrial.

Antes de proceder al diseño de las instalaciones, es necesario modificar la nave de partida original, con el objetivo de hacerla más compleja y añadir algunas instalaciones, además de evitar posibles errores en el trazado de estas. El primer paso será definir y realizar el modelo arquitectónico definitivo, sirviendo éste como base sobre la que posteriormente, se ejecutarán las instalaciones industriales.

Algunas de las modificaciones son la incorporación de instalación de climatización, colocación de aseos en la planta superior, sistema de ventilación mecánica y natural, grupo de presión, o un ascensor elevador entre otras. También será necesario cambiar la distribución inicial de la nave. En apartados posteriores se describirá con detalle cómo se realiza el modelo base desde su inicio.



Figura 1 - Imagen virtual del interior del almacén

Además de lo anterior, se introduce al lector de este documento en el concepto BIM, del que en general se tiene poca información, o una imagen equivocada.

Al tratarse de una sencilla construcción, se realizará el cálculo manual las instalaciones de climatización, ventilación, saneamiento, abastecimiento, eléctrica y de protección contra incendios, todo ello conforme a la normativa vigente en nuestro país, siguiendo entre otras las siguientes normas.

- Código Técnico de la Edificación CTE^[1]
- Reglamento de Instalaciones Térmicas RITE
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión REBT
- Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales RSCIEI
- Normas particulares de Endesa
- Ordenanzas Municipales

Una vez definida la tipología de la instalación y realizado un primer predimensionado, se procede a realizar el diseño y el cálculo comparativo de las instalaciones en el programa Autodesk Revit. En cada una de ellas, se indicarán los elementos característicos que forman parte de la instalación, comprobando también, si los resultados obtenidos se encuentran bajo la normativa española aplicable, ya que el programa con el que se trabaja tiene sus características enfocadas al sistema americano, de donde es originario.

A lo largo del desarrollo del trabajo con este software se indicará qué parámetros pueden ser modificados o adaptados a nuestro entorno (fórmulas de cálculo, normativa, unidades de proyecto, etc.) y el resultado definitivo obtenido. Por último, se analizará objetivamente la utilidad de Revit para cada una de las instalaciones estudiadas.



Figura 2 – Imagen virtual de la zona de oficinas

Una vez calculadas, diseñadas, y representadas las instalaciones, se obtiene un modelo BIM definitivo. Este archivo contendrá gran cantidad de información necesaria para la ejecución de un proyecto convencional, como por ejemplo, tablas de planificación, planos, imágenes renderizadas o información técnica de los equipos, todo ello actualizado en tiempo real.

Por poner un ejemplo sencillo, si se genera un plano correspondiente a la situación actual de instalación de saneamiento en un determinado nivel, y junto al plano, una tabla de planificación que contenga los metros necesarios de tubería, y por cualquier razón, se modifica el trazado de esta red, automáticamente el plano contendrá la nueva disposición de las tuberías, y del mismo modo, la tabla de planificación se encontrará actualizadas en todo momento. Esta nueva forma de generar información automáticamente evita tener que rehacer documentos en caso de sufrir modificaciones, e incluye todas las ventajas que supone tener toda esta cantidad de información en un único archivo.

Este trabajo tiene la particularidad de utilizar algunos de los softwares más extendidos en el mercado actual. Se trata de programas profesionales como el ya mencionado Autodesk Revit, otro software libre y completo como el caso de Dialux, y otros menos populares, pero igualmente útiles como A360 o Navisworks, ambos también de la plataforma Autodesk.

La ventaja principal que tienen es la completa interoperabilidad que poseen entre ellos. Por esta razón y por sus prestaciones técnicas son programas de primer nivel hoy en día. Este documento pretende también, dar los primeros pasos con todo este abanico de softwares.

TECNOLOGÍA BIM

2.1. Definición

Las siglas BIM provienen del inglés "*Building Information Modelling*", traducidas al castellano significan modelado de información para la edificación. La tecnología BIM es una metodología de trabajo colaborativa digital, diseñada para la gestión y el desarrollo de un proyecto de construcción. El objetivo no es otro que centralizar toda la información disponible de un proyecto en un modelo de información digital, en el que participan todos sus agentes. De esta forma se permite la interacción o colaboración de todos sus participantes, ingenieros, arquitectos, instaladores, personal del mantenimiento, promotor y cliente.



Figura 3. – Flujo de trabajo BIM

2.2. Los niveles del BIM

La principal ventaja de obtener un modelo completo reside en trabajar de forma coordinada, evitando cometer y propagar errores comunes que se producen al trabajar en modelos o archivos independientes, en ocasiones detectados tardíamente en el proceso de obra. Gracias a este Sistema, se sustituye el trabajo con archivos por bases de datos, conocidas como Modelos de Información, de las cuales se obtienen las representaciones, las cuales son realmente tipos de vista del modelo central.

Actualmente, el grado de madurez de un Proyecto BIM, se define a partir de cuatro niveles, comprendidos entre el nivel cero o inicial, y el nivel tres. A continuación se detallan las características más importantes de cada uno de ellos:^[2]

- Nivel 0: En este nivel no existe ningún tipo de colaboración, está basado únicamente en trabajo en planos y detalles constructivos en dos dimensiones.
- Nivel 1: Aquí aparece la representación conceptual tridimensional, también se utilizan programas para generar documentación automáticamente, sin embargo no existe el trabajo colaborativo.
- Nivel 2: Se realiza el modelo en tres dimensiones completo, cada parte involucrada tiene un modelo propio, comparten información común, aparece el trabajo colaborativo.

Nivel 3: Trabajo integrado, todas las partes involucradas utilizan un único modelo, en tiempo real, situado en el *CDE*, *"Common Data Enviorment"*, conocido en castellano como entorno de compartición de datos, o de otro modo, Open BIM.

Este proyecto se pretende realizar en los dos últimos niveles, teniendo como meta la obtención de un modelo completo, único y en tiempo real, ubicado en la nube, común a los diferentes usuarios del Proyecto.



Figura 4 - Niveles de desarrollo BIM

Como se observa, el esquema se encuentra incompleto, esto se debe a que la tecnología BIM sigue en continuo desarrollo, esperando nuevos avances. Sin embargo, la mayor parte de las empresas, sobre todo en España, siguen trabajando en los primeros niveles. Esto se debe a que para implantar esta metodología de trabajo se requiere un cambio profundo, que en la mayoría de los casos, no solo involucra a la estructura interna de trabajo de la empresa, también afecta a colaboradores y clientes.

2.3. Las 7 dimensiones BIM

Uno de los principales objetivos de esta metodología consiste en acometer el ciclo de vida completo de un proyecto, definiendo las etapas secuenciales que atraviesa desde su inicio, hasta su desmontaje o demolición. Estas fases pueden ser representadas en un único proyecto, lo que se conoce como "las 7 dimensiones BIM".



Figura 5 – Las 7 dimensiones BIM

- 1. La idea: Cualquier proyecto comienza con una idea inicial, donde se determinan algunos aspectos básicos como la localización, condiciones iniciales de la estructura, primeras estimaciones de diseño y costes del proyecto.
- 2. Boceto: También se le conoce como fase de preparación o vector. Es aquí donde se determinan las características generales del proyecto, tales como la definición de cargas estructurales, la dimensión energética del proyecto, o los materiales empleados en el mismo.
- 3. Modelo: Una vez definida la información de los dos puntos anteriores, se procede a la modelización geométrica tridimensional de la infraestructura. Para ello se utilizan herramientas como renders o animaciones, basados en informaciones previas.
- 4. Tiempo: Principal novedad o rasgo característico del BIM, el dinamismo frente a proyectos actuales completamente estáticos. La tecnología BIM aporta una cuarta dimensión temporal, de manera que se pueda realizar una planificación temporal exhaustiva de todas las fases que componen un proyecto. Dicho de otra forma, el proyecto se modifica o avanza a lo largo del tiempo o de sus diferentes etapas de ejecución.
- 5. Coste: La quinta dimensión comprende el análisis y estimación de los costes de un proyecto, controlando como se modifican a medida que avanza el proyecto. De esta forma resulta muy sencillo generar informes presupuestarios en cualquier fase del edificio.
- 6. Simulación: Se trata del planteamiento y simulación de las alternativas posibles para su análisis y poder así determinar cuál de ellas es la más adecuada para ejecutarla. En definitiva, una fase de elección que de la alternativa óptima teniendo en cuenta todos los apartados anteriores.
- 7. Gestión: La última dimensión consiste en la gestión del ciclo de vida del Proyecto. BIM representa un entorno de gestión en el que se localiza y organiza información referente a una infraestructura a lo largo de toda su vida útil.



Figura 6 - Nuevas dimensiones del BIM

Con lo expuesto anteriormente, existe un proceso de modificación y alimentación continua que registra todas las variaciones entre el proyecto inicial y la realidad, de manera que se consigue total correspondencia entre el modelo BIM y la realidad.

2.4. Ventajas e inconvenientes del BIM

A continuación, se resumen las principales ventajas e inconvenientes que aporta esta nueva tecnología, profundizando en los aspectos más significativos.

2.4.1. Ventajas

Son muchas las ventajas que ofrece el uso de esta modalidad de trabajo, algunas de ellas se han mencionado con anterioridad, sin embargo, aquí se recogen las más relevantes.

Trabajo multidisciplinar:

BIM permite el trabajo colaborativo en una plataforma única, donde los diferentes usuarios implicados pueden trabajar con la misma herramienta, utilizando y compartiendo información en tiempo real, lo que simplifica en gran medida la colaboración entre clientes y diseñadores durante la fase de construcción. También tiene utilidad para la gestión de las instalaciones y su mantenimiento.



Figura 7 - Comparativa entre flujos de trabajo 2D y BIM

• Comprobación de interferencias:

Se dispone de un modelo con toda la información, de manera que se puede verificar de forma eficaz la integración de los diferentes componentes.

Vinculación directa entre las dos y tres dimensiones:

Esta relación entre ellas mejora la visión completa del proyecto y evita posibles errores.

Ahorro de tiempos y costes

La tecnología BIM puede ser utilizada como herramienta para la generación automática de la documentación del proyecto, como presupuestos, tablas de planificación, etc. En definitiva, consigue un notable aumento de la productividad, lo que se traduce en ahorro de tiempos y costes.

2.4.2. Inconvenientes

A pesar de que no existe un gran número de desventajas, sí que aparecen algunas que se deben tener en cuenta como por ejemplo:

• Alta necesidad de formación:

Tanto para estudiantes como para trabajadores, no todo el mercado está preparado actualmente para adoptar el modelo de trabajo BIM, ya que generalmente se tratan de softwares complejos.

Incompatibilidad con otros métodos

Hasta que el mercado no se prepare y dé el salto definitivo digitalmente, su uso no será total, seguirán existiendo empresas que utilicen otras metodologías, lo que dificulta su implementación.

Software costoso:

Aunque a la larga suponga un aumento de la productividad, al comienzo la inversión necesaria supone un coste significativo, sobre todo, en grandes empresas donde se requiera un elevado número de equipos y software. También es frecuente que disminuya la productividad al comienzo.



Figura 8 – Gráfica de la evolución de la productividad.

En resumen, en un futuro próximo, toda la industria y sectores que puedan beneficiarse del uso de esta tecnología acabarán implantándola en sus metodologías de trabajo, basando en ella el 100% de la información correspondiente a modelado y diseño. Esto se verá reflejado en un cambio en el mercado, en el que todos los profesionales y empleados deberán dominar BIM.

Informes estadísticos realizados en Reino Unido, indican que tras la introducción del BIM en diferentes licitaciones públicas, se ha reducido de forma notable las desviaciones presupuestarias. Esto indica que con este sistema se evitan los posibles problemas y modificaciones que surgen a pie de obra durante la ejecución, siendo detectados en una fase temprana como la de diseño. Por lo tanto, es lógico que se invierta la mayor parte del tiempo del proyecto en la fase de diseño.



Figura 9 – Gráfico comparativo entre BIM y metodologías tradicionales.

2.5. Integrantes de un Proyecto BIM

Un Proyecto BIM puede albergar desde pequeños estudios o análisis de viviendas unifamiliares hasta realizar proyectos completos de gran envergadura como hospitales, grandes edificios o recintos deportivos. En estos últimos, participan cientos de personas, cada una de ellas con una función definida.



Figura 10 - Recinto deportivo realizado con tecnología BIM

En este apartado, se consideran todos los participantes en el ciclo de vida completo del Proyecto, tanto los usuarios BIM como los participantes de otras actividades derivadas de esta metodología. La asociación encargada de la implementación del BIM en España "Esbim" define los siguientes roles dentro del Proyecto:^[3]

Promotor / Cliente – Owner:

Organización o persona que pone en marcha y financia el proyecto BIM, contrata al Equipo de Gestión del Proyecto. Forma parte del Entorno Colaborativo

Director de Proyecto BIM – BIM Project Manager:

Persona nombrada por el promotor, para liderar al Equipo de Proyecto BIM, gestionando el proyecto y

alcanzando los objetivos para cumplir las expectativas del cliente

Director de la Gestión de la Información – Information Manager

Es el Agente responsable de gestionar y controlar el flujo de la información entre todos los agentes intervinientes en el proyecto BIM a lo largo de todas las fases del ciclo de vida del proyecto. Debe crear, desarrollar y gestionar el Entorno Colaborativo.

Director Técnico BIM – BIM Manager

Es la persona nombrada por el Equipo de Gestión de Proyecto responsable de la calidad digital y la estructura de contenidos, liderando la correcta implantación y uso de la tecnología BIM.

Director de la Gestión del Diseño – Lead Designer

Miembro encargado de administrar el diseño, incluyendo la aprobación y desarrollo de la información.

Director de la Gestión de la Ejecución – Lead Construction

Persona que administra la dirección de la ejecución mediante las correspondientes gestiones con sistemas BIM. Firma y aprueba la documentación para la coordinación de la ejecución antes de ser compartida.

Director del Equipo de Trabajo – Task Team Manager

Responsable de la producción del diseño y de todos los elementos que se relacionan con una tarea determinada, a menudo basadas en unas disciplinas que deben de ser compartidas por todo el equipo

Coordinador BIM – BIM Coordinator

Agente responsable de coordinar el trabajo dentro de una misma disciplina, con la finalidad de que se cumplan los requerimientos técnicos del Director Técnico BIM. Realiza los procesos de control de la calidad del modelo BIM. Existirán tantos como especialidades incluya el proyecto (estructura, diseño, MEP ...)

Modelador BIM – BIM Operator

Persona responsable del modelado de acuerdo con los criterios recogidos en el Bim Execution Plan

Otros Profesionales BIM:
Analista BIM
Coordinador CAD
Director Técnico CAD
Programador de Aplicaciones BIM
Especialista IFC
Facilitador BIM
Consultor BIM
Investigador BIM

Como queda reflejado, son muchas las actividades a realizar dentro de un Proyecto BIM, siendo esencial una estructura ordenada de todos los miembros que participan en él.
2.6. Alternativas de Software

La metodología BIM se encuentra actualmente en pleno desarrollo, esto se refleja en los avances que cada software entrega periódicamente a sus usuarios. También, cada vez son más las alternativas que existen en el mercado.

A continuación se citan los más extendidos en la actualidad, haciendo un pequeño resumen de cada uno de ellos indicando sus aspectos a mejorar y sus ventajas con respecto a sus competidores en el mercado.

Autodesk Revit

Programa americano que nace en 1997, de la mano de la empresa Charles River Software, en 1999 cambian el nombre a Revise Instantly, lo que finalmente termina siendo Revit, como se conoce hoy en día. En 2002 es comprado por Autodesk.



Figura 11 - Imagen corporativa de Autodesk Revit

Principales ventajas:

- Diseño con elementos de modelación y dibujo paramétrico
- Metodología de trabajo colaborativo.
- Gran variedad de *plugins* que complementan el programa como Presto, Robot, Cost-it, Enscape, etc.
- Instalación rápida y sencilla.
- Gran precisión en las mediciones.
- Control y gestión eficaz del Proyecto.
- Reducción de costes y tiempo.
- Licencia educativa.

Desventajas:

- Requiere alto grado de especialización.
- Licencia poco económica.
- Graphisoft Archicad

Archicad fue el primer programa que salió al mercado inventado para BIM. La primera versión es de 1982, desde entonces miles de arquitectos han ido desarrollando el programa a través de la retroalimentación o *feedback*.



Figura 12 - Imagen corporativa de Graphisoft Archicad

Características:

- Rápida curva de aprendizaje
- Asesoramiento técnico constante
- Programa potente e intuitivo

Desventajas:

- Presenta dificultad llevar a cabo las mediciones correctamente
- Detalles estructurales poco definidos
- Requiere pago por actualizaciones
 - Allplan

Allplan es un software de diseño para arquitectura BIM desarrollado en Alemania por el grupo NEMETSHEK



Figura 13 - Imagen corporativa de ALLPLAN

Características:

- Trabajo colaborativo
- Creación de infografías
- Actualización en tiempo real de plantas secciones y alzados

Desventajas:

- Dificultad de aprendizaje, programa poco flexible e intuitivo.
- Sistema de archivos complicado

Teniendo en cuenta las características anteriormente expuestas, para el desarrollo de este proyecto se ha seleccionado el software Autodesk Revit, ya que, además de contar con licencia educativa, es el programa más extendido actualmente.



Figura 14 - Interfaz del usuario de Autodesk Revit

OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo principal de este proyecto consiste en la realización de las instalaciones principales de una nave industrial, utilizando las herramientas de la tecnología BIM, aumentando al mismo tiempo los conocimientos y el manejo de esta nueva metodología de trabajo.

Del mismo modo, este trabajo también tiene una finalidad didáctica en lo que al cálculo de las instalaciones se refiere, ya que se ampliarán y aplicarán conocimientos obtenidos a lo largo de este período de formación, en relación con diversas asignaturas como Climatización, Dinámica de Fluidos o Construcción entre otros.

Con todo ello, este Trabajo Fin de Máster pretende preparar al alumno para su formación profesional, de forma que se obtengan unas primeras nociones en cuanto a la tecnología BIM y enfrentarse desde un punto de vista práctico al cálculo y diseño de instalaciones industriales con esta tecnología, siendo ambas disciplinas un trabajo habitual entre los ingenieros de hoy y sobre todo, del futuro.

4.

ANTECEDENTES

Se redacta el siguiente proyecto con objeto de diseñar las instalaciones de una nave industrial destinada a ser un almacén de productos agrícolas, como abonos, piensos y otros.

4.1. Emplazamiento

La nave que se proyecta se encuentra situada en el paraje denominado "Prado de las Barquillas", en el Término Municipal de Cabra, situado al sur- este de Córdoba. Sus datos catastrales son los siguientes:

- Polígono 21 del Municipio de Cabra, Provincia de Córdoba
- Parcelas 60 y 540, cuyas referencias catastrales son respectivamente:

14013A021000600000GT y 14013A021005400000GF

- Situación geográfica correspondiente a las coordenadas UTM, huso 30:

X=373.043 Y=4.146.228



Figura 15 - Situación geográfica del Término Municipal de Cabra



Figura 16 - Ortofoto de la ubicación de las parcelas



Figura 17 – Geometría y superficie de las Parcelas

Como se observa en la última imagen, las parcelas cuentan con buenas vías de acceso, ya que se encuentran cerca de la Carretera Nacional CO-6213 y de la Autovía A-318, conectada en sus proximidades a la Autovía del Olivar A-318.

Las actividades proyectadas se realizan en una nave de 520 m² de superficie, una edificación de grandes dimensiones que contará con un forjado en el que se proyecta una zona de oficinas y venta al público.



Figura 18 – Zona de oficinas



Figura 19 – Zona de venta al público

El clima de la zona es mediterráneo continental, de influencia atlántica, teniendo precipitaciones irregulares en invierno y muy escasas en verano. Las temperaturas son suaves en los meses fríos, mientras que en verano se alcanzan altas temperaturas.

En la Subbética, es predominante el monocultivo del olivar, produciendo aceites de gran calidad reconocidos a nivel nacional e internacional.



Figura 20 - Cultivo del olivar

4.2. Justificación del Proyecto

Actualmente, debido a los bajos precios de venta que tienen los productos agrícolas, se hace necesario mejorar la rentabilidad de la comercialización de estos disminuyendo los costos de los inputs. Una forma de conseguir disminuir los precios de adquisición consiste en realizar compras en común por parte de los miembros de una cooperativa.

Para ello, se proyecta este almacén complementario en el punto donde los socios trasladan la aceituna para su limpieza, de manera que además de mejorar las condiciones económicas de los precios de adquisición, se reduce el número de desplazamientos.

Debido al elevado volumen de agricultores en la zona se hace necesaria la presencia de un almacén de estas características.

4.3. Justificación del cumplimiento de condiciones

Como en cualquier Proyecto, será necesario cumplir la normativa vigente aplicable, reflejada en el Plan General de Ordenación Urbana^[4] de la zona, publicado el 17 de mayo de 2010. Teniendo que cumplir, entre otras, las siguientes condiciones:

- Distancia a linderos mínima de 10 m
- No superar los 10 m de altura
- Superficie de maniobra y aparcamiento sin obstaculizar el viario público
- Instalación de Filtro Biológico para la depuración de las aguas residuales de aseos de personal.

4.4. Edificaciones existentes

El recinto donde se ubica la nave se encuentra cerrado y urbanizado, con la instalación de maquinaria y equipos para el Desarrollo de la actividad Centro de Recepción de Aceituna.

Esta actividad consiste en la limpieza profunda de hojas y tierra que trae consigo la aceituna tras su recolección, para almacenar un producto limpio, hasta su posterior traslado a los puntos de molturación, es decir, a una almazara.

Una vez finalizada la limpieza, el producto se pesa, de manera que quede registrada la cantidad de aceituna aportada por cada agricultor perteneciente a la cooperativa.

4.5. Tipología Estructural

Se parte de una nave cuya estructura está previamente calculada, a continuación se describen brevemente las características estructurales de esta edificación.

La aplicación más extendida de estructuras ligeras es probablemente la construcción de edificaciones de una planta con cubierta ligera y con necesidad de espacios diáfanos carentes de soportes intermedios o muy distanciados entre sí.

Dentro de las estructuras ligeras, se puede catalogar como un sistema porticado, es decir, un sistema sencillo que queda definido por pórticos de carga y atado. En la siguiente figura quedan representados en rojo y azul respectivamente.



Figura 21 – Estructura porticada de la nave industrial

4.6. Distribución en planta

Como se ha descrito en apartados anteriores, la mayoría de la superficie se destina a almacén, sin embargo, también cuenta con oficinas, aseos, y zona de atención y venta al público.

Esta distribución queda definida en la siguiente imagen adjunta.



Figura 22 – Distribución de la nave industrial

El forjado correspondiente a la planta superior queda ubicado entre los dos primeros pórticos de carga, teniendo comunicación directa con la planta inferior por medio de un ascensor.

La distribución de las superficies queda definida en el siguiente cuadro:

<superfic< th=""><th>CIES DE HABIT</th><th>ACIONES></th></superfic<>	CIES DE HABIT	ACIONES>
Α	В	С
NIVEL	NOMBRE	ÁREA
00_Planta Baja	Almacén principal	36.94 m²
00_Planta Baja	Almacén piensos	24.24 m²
00_Planta Baja	Atención al cliente	32.03 m²
00_Planta Baja	Aseos	19.93 m²
00_Planta Baja	Auxiliar	47.96 m²
00_Planta Baja	Almacén fitosanitario	142.04 m²
00_Planta Baja	Almacén abonos	196.37 m²
00_Planta Baja: 7		499.52 m ²
01_Planta primera	Oficinas	37.16 m²
01_Planta primera	Sala de reuniones	58.14 m²
01_Planta primera	Aseos	19.94 m²
01_Planta primera: 3		115.23 m ²
Total general: 10		614.75 m ²

Figura 23 – Cuadro de superficies

32

MODELADO EN REVIT

"El software BIM de Revit ha sido concebido para el diseño arquitectónico, la ingeniería MEP (Mechanical Electrical Plumbing), el diseño, el detallado, la ingeniería estructural y la construcción".

A continuación, se describirá, muy brevemente, como se realiza un proyecto básico de arquitectura en Revit, describiendo los pasos más significativos para su ejecución.

El levantamiento arquitectónico del proyecto es además el primer paso. Para ello se deberá abrir una plantilla arquitectónica, donde se llevará a cabo el diseño y la distribución de la nave. Como se verá en apartados posteriores, dependiendo del trabajo que se vaya a realizar, será conveniente abrir un tipo de plantilla u otra, ya que además de la arquitectónica, existen plantillas por defecto de tipo estructural, de instalaciones, o incluso de coordinación entre ellas. Más adelante se trabajará con la plantilla de instalaciones, cuando sea necesario estudiar esta disciplina del proyecto.

Una vez abierta la plantilla arquitectónica, será necesario definir los sistemas de unidades con los que se trabajará, ya que, como se mencionó en apartados anteriores, Revit es un programa americano, por lo tanto, tendrá por defecto una configuración de unidades que, seguramente, no se adapten a nuestro contexto.

Más adelante, se definen los niveles de referencia, es decir, definir las principales plantas del edificio. Generalmente se define un nivel por cada planta existente, a los que se le añaden niveles auxiliares a medida que sean necesarios. Es recomendable incluir el menor número posible de niveles, ya que es frecuente que estos generen problemas de interoperabilidad de unos programas con otros. Una vez definidos los niveles, automáticamente se generará una vista de planta para cada nivel definido.

Como novedad, hay que mencionar que Revit genera también automáticamente planos de techo, es decir, proyecta en superficie una vista inferior del techo correspondiente al nivel actual. Esta peculiaridad es extremadamente útil a la hora de colocar elementos que vayan alojados en falsos techos, como luminarias, difusores o aparatos de climatización en este caso. Sin embargo, esos aspectos corresponden a la disciplina de instalaciones, por lo que se entrará con mayor detalle en esta sección.

Tras generar los niveles de referencia, se procede a definir la superficie topográfica. Esta acción se puede llevar a cabo de dos formas, de forma manual o de forma automática. No es habitual realizarlo de forma manual, ya que se debe insertar el terreno punto a punto, de forma que Revit genere superficies por triangulación. Este es un trabajo tedioso y lógicamente, poco aproximado. La opción habitual suele ser realizarlo de forma automática, para ello es necesario disponer de un plano CAD que contenga las curvas de nivel del terreno. Revit permite la inserción de imágenes o de este tipo de archivos, sirviendo de ayuda para modelar la superficie del terreno. Una vez insertada la información del terreno, basta con definir una cota de referencia y su orientación para dejar cerrado este apartado.



Figura 24 - Curvas de nivel en formato CAD



Figura 25 - Representación virtual del terreno

Esta última figura es una captura del plug-in de Revit "Enscape", el cual permite desplazarse sobre el modelo renderizado de forma virtual. Esta herramienta será de gran utilidad a lo largo del proyecto para comprobar el estado final de algunos elementos, detectar conflictos, o simplemente obtener imágenes muy aproximadas a la realidad.

Una vez definida la superficie, será necesario crear una plataforma de construcción sobre la que levantar la edificación, esto es una tarea sencilla que se encuentra dentro de la pestaña "Masa y emplazamiento". El objetivo de esta plataforma no es otro que el de generar los terraplenes y desmontes necesarios para obtener una superficie plana a la cota establecida.



Figura 26 – Plataforma de construcción

A continuación, se procede a instalar los elementos principales de la estructura ligera, pilares y zapatas. Para la realización de esta tarea, es útil crear rejillas auxiliares sobre las que se colocarán estos elementos. Tras ello, se inserta la solera, indicando su contorno para definir sus límites y el nivel al que se encuentra.

La estructura de la nave finaliza con la inserción de las vigas de atado y las cruces de San Andrés. Para colocar elementos con inclinación, es recomendable situarse en un alzado frontal a los mismos y desde esta vista, crear planos auxiliares, de forma que contengan a los elementos. Éstos serán insertados desde la vista del plano creado.



Figura 27 – Estructura metálica de la nave

El siguiente paso consiste en colocar los cerramientos de la nave, en este caso serán paneles de hormigón prefabricado y la cubierta panel sándwich. Para ello, previamente se configurarán sus características principales, como materiales y grosor.

Para ubicar correctamente los paneles, es necesario indicar su posición alineando su eje, seguidamente definir su trazado. Es importante también indicar sus restricciones superior e inferior, de modo que queden correctamente enrasados con los niveles correspondientes. Como cualquier otro elemento en Revit, sus propiedades pueden ser modificadas en cualquier momento, cambiando su alineación, nivel, textura o capas internas. Esto se realizará más adelante en el apartado de instalaciones.

La circulación vertical del edificio se realiza por medio de las escaleras exteriores o del ascensor. Para determinar el tamaño del ascensor se deberá atender al tipo de edificio y a la función que se destine el aparato elevador. Los ascensores son instalaciones mecánicas de larga duración, teniendo una vida media aproximada entre 25 y 40 años, por lo que será necesario proyectarlo con las exigencias crecientes con el paso del tiempo. Como en el resto de las instalaciones, es necesario evitar un mal diseño o un tamaño pequeño ya que la modificación resultaría excesivamente costosa o prácticamente imposible.

Por ello es necesario estimar correctamente la circulación de personas que harán uso del aparato elevador. En este caso se tratará de un ascensor de tamaño medio para que tenga capacidad de alojar sillas de ruedas para personas con discapacidad. Debido a que el uso no será frecuente y sólo existe una planta de desnivel, con una velocidad de 0.63 m/s será suficiente. Para un ascensor de estas características, será necesario disponer de una caja de 1,80 m de ancho y 2.10 m de profundidad como mínimo.^[5]

Por otra parte, la instalación de la cubierta se realiza de forma similar a la colocación de la solera, en primer lugar, se define el tipo de cubierta, y a continuación se dibuja el contorno asignando la pendiente requerida,

La tarea siguiente será la inserción de la tabiquería y los falsos techos, actividades que se realizan de forma análoga a la colocación de muros y suelos respectivamente. Un falso techo no es más que un tipo de suelo cuya cara de acabado se sitúa en su plano inferior.

A continuación, se procede al trazado de la escalera exterior, ésta es una de las asignaturas pendientes de mejora de Revit. No es sencillo realizar tramos de escaleras de forma específica, es decir, es el programa quien define la escalera con algunos datos de entrada. La escalera se modela de forma automática, indicando tamaño de huella, altura inicial y final, y dibujando los tramos. Finalmente, con pequeños ajustes como enrasando la parte superior de la escalera o colocando la barandilla queda completada su colocación.

Seguidamente se procede a colocar todos los elementos de carpintería, en este caso, ventanas y puertas. Se trata de elementos sencillos de ubicar puesto que irán alojados en los muros o tabiques ya existentes. Finalmente se colocan los acabados de suelos y falsos techos de forma análoga a la solera.

Por último, se colocan los aparatos sanitarios, tales como inodoros, duchas y lavabos. Los cuales servirán de referencia para ejecutar posteriormente el diseño de las instalaciones de fontanería y saneamiento.



Figura 28 – Modelo arquitectónico definitivo de la nave

6.

PROYECTO DE INSTALACIONES

6.1. Introducción a Revit MEP

Una de las ventajas de un proyecto en BIM es su mejor comprensión y coordinación, pero no solo del modelado arquitectónico, también de sus instalaciones. Con Revit MEP se deja atrás la documentación 2D de las instalaciones, siendo este programa un conjunto de órdenes y herramientas que permiten el diseño, modelado y cálculo de las instalaciones.

Las siglas MEP, provienen del inglés Mechanical, Electrical, Plumbing, que traducidas al castellano significan Mecánica, Electricidad y Fontanería. Todas estas disciplinas se encuentran dentro de la pestaña Sistemas.

R 🖻 I	- 🖓 • 🖓 •	r 🖓 + 🖨 😫 + 🗸	, t ₀	A 🚱 ·	- 🗘 🗾 🗄	<mark>}</mark>	Revi	itInstal - Plano de planta: N	ivel Sub	► Esc	riba palabra c	lave o frase:	848	🖉 ☆ 👤 fernandogom •	F 🤅 -	_ 8 ×
Archivo	Arquitectura	Estructura Acero	Siste	emas Ins	sertar Anot	ar Analiza	ir Masa y em	plazamiento Colaborar	Vista G	estionar (Complemen	tos Ensc	аре™ М	odificar		
b	Ø		a	\square		4	e de la calega de	Ł		2	Ø	ŋ				
Modifica	ar Conducto	Marcador de posición de conducto		Conducto flexible	Terminal de aire	Pieza de fabricación	Enrutamiento multipunto	P&ID Modeler	Equipos mecánicos	Fontaner	Electrici	Modelo	Plano			
Selecciona	r 🔻	Climatiza	ción		к	Fabri	د cación	Colaboración de P&ID 🛛	Mecánica 🛛	-	-	-	-			
Propiedade	is	× 🔂	Sanea	amiento 3D	- AG 🔷 🔅	Sección 17	😥 Sa	neamiento 3D 🛛 🛅 Ni	vel Sub	×						—

Figura 29 - Pestaña de sistemas dentro de la interfaz de Revit

A continuación, se explicará brevemente cómo funciona Revit MEP.



Figura 30 - Esquema de funcionamiento de Revit MEP

Este esquema sirve para todas las instalaciones de MEP, fontanería, mecánica y electricidad. Revit organiza los conjuntos de instalaciones creados en sistemas. Un sistema es la relación entre un equipo y uno o varios aparatos. El equipo (caldera, cuadro general, toma general de agua...) suministra algún tipo de servicio (agua, aire, electricidad...) a los aparatos (difusores de aire, lavabos, luminarias...)

Esta relación entre elementos es dual:

- Existe una relación física formada por los elementos conductores que conectan estos equipos con sus aparatos (tuberías en fontanería, conductos en aire, cables en electricidad...) y que dan al sistema propiedades como los diámetros o los tipos de conducciones utilizados
- También existe una relación lógica, que hace referencia al funcionamiento de la propia instalación, y nos da datos como caudales, pérdidas o tipo de sistema ante el que nos encontramos

Todo ello hace que un archivo MEP, no solo permita representar la instalación, sino que también puede de esta forma calcular y dimensionar una instalación a partir de los elementos instalados.

6.2. Vinculación del proyecto de arquitectura

Habitualmente, las instalaciones en Revit no se modelan en el mismo archivo que la arquitectura del edificio, bien porque los encargados de realizarlos son equipos diferentes, porque se realizan en momentos del proyecto distintos o simplemente por no tener un archivo con un tamaño excesivo.

Además de lo anterior, en la plantilla arquitectónica utilizada para el levantamiento del edificio no se encontrarán cargadas las familias de equipos, conductos o tuberías relacionados con las instalaciones. Del mismo modo, en la plantilla de instalaciones es frecuente que no se encuentre toda la variedad de muros, carpintería o suelos propios de una plantilla de arquitectura.

Existen plantillas específicas para electricidad, mecánica, estructura, arquitectura, etc., sin embargo, debido a que el proyecto de instalaciones en este caso lo realiza una única persona, será más cómodo trabajar con una plantilla de sistemas, la cual engloba a las relacionadas con las instalaciones del edificio. Esta plantilla es muy básica y ha de ser modificada en ocasiones para adaptarla al proyecto, sin embargo, será un buen punto de partida. Es frecuente realizar plantillas propias para posteriormente partir de ellas, evitando cambios que supongan grandes pérdidas de tiempo cada vez que se inicie un nuevo proyecto.

Para trabajar a la par con un proyecto de instalaciones y otro de arquitectura, es necesario vincular los archivos. En primer lugar, será necesario tener los dos archivos guardados, preferiblemente en la misma carpeta, y a continuación se procede a la vinculación.

Esta tarea se realiza desde la pestaña insertar, y a continuación aparece la opción Vincular Revit. Seguidamente, se selecciona el archivo de arquitectura que se desea vincular. En este caso, es importante seleccionar la posición "Automático - Origen a origen" para que el punto central de referencia de ambos proyectos sea el mismo.

Una de las ventajas de trabajar con vínculos es que no importa la unidad en la que se encuentre cada uno de ellos, es frecuente que un equipo de ingenieros trabaje en milímetros y un estudio de arquitectura haga lo propio en metros, sin embargo, esto no es problema ya que Revit reconoce en qué unidades está cada uno de ellos.

A continuación, es necesario ajustar los niveles de ambos vínculos, de forma que los niveles generados de las distintas disciplinas de instalaciones se encuentren correctamente ubicados con respecto a los de arquitectura.

Una opción interesante para el trabajo colaborativo consiste en supervisar elementos, de esta forma si alguno sufre alguna modificación en el archivo de origen, se notificará mediante un aviso en el archivo vinculado. Esto es muy útil ya que, si por ejemplo el encargado de diseñar el edificio decide modificar la altura de una planta, automáticamente le aparecerá un aviso al encargado de ejecutar las instalaciones.

Archivo	Arquitectura	Estructura	Acero	Sistemas	Insertar	Anotar /	Analizar	Masa y empl	azamiento Co	laborar Vis	ita Ges	tionar Compleme	entos Modific	ar		0
↓ Modifica	r Solicitudes de edición	Colaborar	C Subproyect	Subpro	vecto activ	20	•	Sincronizar con archivo central	Volver a cargan Io más reciente	Ceder todo lo mio	Mostrar historial	Restaurar copia de seguridad	Gestionar modelos en la r	Configuraci	ón Coordin	ar
Seleccional	· Comunicar		Gei	stionar col	laboración			3	Sincronizar 🔻			Gestio	nar modelos 🔻		-	
Propiedade	5			×	(📄 Nive	I 1 - Bandejas	÷	Este - Eléct	×			Copiar/Supervisar	Revisión de	Configuración	Reconciliar	Comprobación de
	Alzado Alzado de edif	cio			-							Usar proyecto	actual	Coordinar	annenen	·
Alzado: Est	e - Eléct		~ 88 E	ditar tipo								Sele cionar vi	nculo			pu

Figura 31 - Coordinación de archivos en Revit

El aviso que muestra Revit en caso de detectar alguna modificación es el siguiente:

El ejemplar de vínculo nec	esita Revisión de co	ordinación	-
			4
	Mostrar	Más información	Expandr >>

Figura 32 - Aviso de Revisión de Coordinación

Como indica el aviso, se debe de abrir la pestaña coordinación para una revisión, aquí aparecerá el elemento que ha sido modificado y su respectivo elemento supervisado o copiado. Desde el proyecto vinculado, se tendrá la opción de aceptar la diferencia, rechazarla, modificar elemento o aplazar esta decisión.

La opción aplazar no sirve para otra cosa que posponer el problema, o tratar de que decida otra persona, por ejemplo, el supervisor del proyecto. La opción rechazar, como su nombre indica, rechaza este cambio, pudiendo añadir algún comentario complementario o generando automáticamente un informe explicando o justificando por qué no es posible realizar dicho cambio. De esta forma, en futuras revisiones de equipo quedará guardada y documentada la instancia. Este informe aparecerá en la misma carpeta que el archivo origen, de modo que el encargado del diseño del edificio será notificado cuando vuelva a abrir esta carpeta. Si se selecciona aceptar diferencia, se acepta el cambio indicando que no supondrá ningún problema o contratiempo en el proyecto que se encuentra en desarrollo, sin embargo, no cambia nada en el proyecto actual. Finalmente, con la opción modificar se acepta el cambio y se modifica también en el proyecto vinculado, de forma que se tiene el modelo completamente actualizado. Si no existen inconvenientes en el cambio, es la opción más utilizada por los diferentes usuarios.

Se puede tener la idea errónea de supervisar cada uno de los elementos para así tener el proyecto completamente actualizado en todo momento, sin embargo, no es recomendable ya que prácticamente cada vez que se abra el archivo, se notificarán avisos de necesidad de revisión de coordinación, y una vez aquí, se observará que la mayoría de ellos no influyen para el proyecto de instalaciones, perdiendo una gran cantidad de tiempo en repetidas ocasiones. Por lo tanto será necesario supervisar elementos puntuales que puedan interferir con alguna de las instalaciones, como por ejemplo falsos techos, vigas de cimentación, muros, etc.

De este modo, se ejecutarán las instalaciones de la nave industrial, describiendo el proceso seguido para su desarrollo.

6.3. Introducción a las instalaciones del edificio.

Actualmente no se concibe un edificio sin unas instalaciones cómodas, seguras, duraderas y de fácil mantenimiento, que, de lo contrario, harían del mismo un lugar insalubre, incómodo, y con un costo de mantenimiento alto, pudiendo también dañar seriamente otros aspectos importantes del edificio.^[6]

Por ejemplo, si se realiza de forma errónea una instalación oculta de saneamiento sin seguir la normativa reglamentaria, probablemente su hermeticidad se vea afectada, ocasionando puntos de fuga de agua fecal, originando un foco de infección de serias consecuencias para la salud de los ocupantes. Además, el goteo constante que pudiera producirse provocaría un asentamiento de la cimentación, lo que daría lugar a grietas y fisuras en el edificio. Los que podría derivar finalmente en un colapso de la estructura.

Además de los daños físicos que se le pueden ocasionar a los ocupantes del edificio, la sustitución integral de una instalación defectuosa, originalmente de bajo costo, resulta prácticamente imposible, ocasionando mantenimientos constantes costosos, molestias, etc.

Pese a realizar unas instalaciones de eficaces, se estima que el 80 % del coste total del ciclo de vida de un edificio corresponde a gastos de mantenimiento y operación, mientras que el 20 % restante pertenece a las fases de diseño y construcción del edificio.^[7]



Figura 33 – Coste del ciclo de vida de un edificio.

Por todo lo anterior, se debe de realizar el proyecto de instalaciones de manera correcta, conforme a la normativa aplicable.

En este apartado, se describirán cada una de las instalaciones que forman parte de la nave industrial. Inicialmente se realizará un predimensionado manual, para después comprobar estos resultados y representar la instalación de forma definitiva con el software Autodesk Revit.

6.4. Cálculo de la ocupación

Para llevar a cabo el diseño de las instalaciones de cualquier tipo de edificio, es necesario en primer lugar, tener en cuenta la ocupación del edificio, con el objetivo de adecuar las instalaciones a los ocupantes, garantizando así el confort de los usuarios. De esta manera se evita dimensionar por exceso y sobre todo, por defecto cualquiera de los sistemas que componen el edificio.

La ocupación del local se obtiene realizando un cálculo según uso, superficie y densidad definido por el Código Técnico de la Edificación. Existen dos tipos de ocupación:

- Ocupación teórica: Número de ocupantes en el caso de que todo el edificio estuviese ocupado al completo, según su uso predeterminado
- Ocupación real momentánea: Resultado de calcular el número real de personas que pueden ocupar la edificación en un momento puntual

Para calcular la ocupación, deben tomarse los valores de densidad de ocupación indicados en la tabla 2.1. del CTE-DB-SI en su sección 3, en función de la superficie útil de cada zona, salvo cuando sea previsible una ocupación mayor.^[8]

	Cálculo de la ocu	upación del edificio seg	gún CTE-DB-SI	-S3	
Zona	Uso previsto	Tipo de actividad	Ocupación	Superficie	N.º Ocup.
			m ² /persona	m ²	
P0 At. al cliente	Comercial	Áreas de venta	5	32,03	7
P0 Almacén	Almacenes	Almacenes	40	36,94	1
P0 Alm. Piensos	Almacenes	Almacenes	40	24,24	1
P0 Alm. Fitos. 2	Almacenes	Almacenes	40	142,04	4
P0 Auxiliar	Cualquiera	Sala de máquinas	nula	47,96	0
P0 Alm. Abonos	Almacenes	Almacenes	40	196,37	5
P1 Oficinas ¹	Administrativo	Zonas de oficinas	10	95,19	10
				TOTAL	28

Tabla 1 – Cálculo de la ocupación por superficie

Finalmente resulta una ocupación total de 28 personas, número superior al real pero siempre se calcula del lado de la seguridad.

¹ Zona de oficinas: Esta superficie alberga también la sala de reuniones mencionada en apartados anteriores, el CTE-DB-SI-S3 contempla las zonas destinadas para reuniones, conferencias y otros usos en la ocupación estimada para una planta de oficinas.

INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO

7.1. Introducción

Se persigue con el diseño de la instalación de evacuación de aguas residuales y pluviales del presente Proyecto el cumplimiento de las exigencias que se encuentran caracterizadas y cuantificadas en el CTE-DB-HS5, al cual se remitirá constantemente en lo referente al diseño, dimensionado, a la ejecución, a los productos de construcción y a las condiciones de uso y mantenimiento de la instalación que nos ocupa en este apartado.^[9]

7.2. Descripción de la instalación

La instalación de saneamiento será de tipo separativo, es decir, existirán dos ramales independientes para aguas pluviales y aguas residuales. De esta forma el agua pluvial se canalizará directamente desde la cubierta hasta el terreno, por el contrario, las aguas residuales o negras, serán conducidas subterráneamente hasta un compacto decantador, encargado de tratar el agua para poder verterla subterráneamente al terreno.



Figura 34 – Esquema de saneamiento separativo

Debido a que se dispone de una cubierta a dos aguas, el agua pluvial de esta zona se recogerá por medio de canalones longitudinales que desembocan en 4 bajantes, ubicados en las proximidades de los vértices del edificio. Por medio de colectores y arquetas subterráneas se canaliza el agua hasta su desembocadura.

Para el caso de las aguas residuales, ante la inexistencia de red pública de saneamiento en esta zona rural, será necesaria la instalación de una fosa séptica, donde se depurarán las aguas negras antes de ser vertidas subterráneamente al terreno.

Las aguas residuales discurren por bajantes y colectores, junto a la red pluvial, cumpliendo en su dimensionado y diseño las exigencias del CTE, siguiendo los siguientes criterios básicos:

- Asegurar una evacuación simple y rápida, evitando rodeos innecesarios.
- Garantizar la impermeabilidad completa de la red, evitando la posibilidad de fugas, especialmente por las juntas innecesarias.

- Impedir, con cierta seguridad, la inundación de la red y el consiguiente retroceso por medio de válvulas antirretorno.
- Asegurar la accesibilidad a las distintas partes de la instalación para su reposición o limpieza

Se procede a continuación a realizar el dimensionado de las redes de evacuación de las aguas pluviales y residuales según este orden.

7.3. Dimensionado de la red de aguas pluviales

Según el apéndice B, figura B.1. del CTE-DB-HS5, se observa que Córdoba se sitúa en:

- Zona B
- Isoyeta 40
- Intensidad pluviométrica: 90 mm/h



Figura 35 – Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas

Table 2	Into	maidad	D1		in átri an
Tabla 2 -	– mie	nsidad	ועוץ	/10	metrica

	In	tensi	dad P	luvior	nétrica	a i (mr	n/h)					
Isoyeta	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Zona A	30	65	90	125	155	180	210	240	275	300	330	365
Zona B	30	50	70	90	110	135	150	170	195	220	240	265

A continuación se calcula el factor de corrección f, en este caso:

$$f = \frac{i}{100} = \frac{90}{100} = 0.9$$

7.3.1. Cálculo de los canalones

Por su parte, la recogida de aguas pluviales se lleva a cabo mediante canalones, situados en los laterales de la cubierta a dos aguas. Estos canalones se calculan siguiendo las indicaciones del CTE, disponiendo de la inclinación y diámetro suficientes para garantizar la circulación de agua por gravedad a través de ellos.

La superficie máxima de cubierta en proyección horizontal a evacuar es de 547 m², al tratarse de una cubierta a dos aguas, se divide esta cantidad a la mitad, resultando 273,5 m². Para evitar grandes diferencias de altura entre los extremos de los canalones, debido a la longitud de la nave se disponen 4. La cota superior se encuentra en el punto medio de la nave, teniendo una inclinación favorable hacia las fachadas frontal y posterior, en el sentido longitudinal. Por ello la superficie que sirve cada canalón hay que dividirla nuevamente por la mitad, resultando definitivamente 136.75 m² de área servida por unidad.

La disposición queda reflejada en la siguiente figura



Figura 36 – Disposición de los canalones

Tabla 3 – Diámetro del	canalón para	un régimen	pluviométrico de	100 mm/h

Máxima su	perficie de cubierta	en proyección horiz	contal (m²)	Diámetro nominal del canalón
0.5 %	1 %	2 %	4 %	(mm)
35	45	65	95	100
60	80	115	165	125
90	125	175	255	150
185	260	370	520	200
335	475	670	930	250

Para poder utilizar la Tabla 2, es necesario multiplicar previamente la superficie servida de cada canalón por el factor de corrección, 0.9 en este caso, obteniendo un valor de 123.075 m². Buscando la mínima pendiente posible, resulta un canalón de 200 mm de diámetro.

Debido a que por facilidad de montaje y por estética es más habitual encontrar canalones cuadrangulares, hay que adaptar la sección al diámetro calculado, para ello se aumenta la sección circular obtenida un 10 %, lo que finalmente supone una sección cuadrangular de 315 cm².

Canalón	Superf. servida (m ²)	f	Superf. corregida (m ²)	Sección Circular Calculada	Sección Cuadrangular Instalada	Pendiente
				(cm^2)	(cm^2)	
С	136.75	0.9	123.07	314.16	345,57	0.5 %

Tabla 4 – Cálculo de los canalones

Como los cuatro canalones son idénticos:

Por lo tanto se requieren	cuatro canalones con	n una sección	superior a 345	5 cm², con u	na inclinación	mínima del
0.5 %.			-			

7.3.2. Cálculo de las bajantes.

Se dispondrán cuatro bajantes pluviales, ubicadas en las proximidades de los vértices del edificio, según se observa en el siguiente esquema.



Figura 37 – Ubicación en planta de las bajantes pluviales

Para el cálculo, se sigue un proceso análogo al del cálculo de los canalones:

Superficie en proyección horizontal servida (m²)	Diámetro nominal de la bajante (mm)
65	50
113	63
177	75
318	90
580	110
805	125
1.544	160
2.700	200

Tabla 5 – Diámetro de las bajantes pluviales para régimen pluviométrico de 100 mm/h

Siendo 123.075 m² el área servida por bajante con el factor de corrección ya incluido, según la Tabla 4, supone un diámetro nominal de la bajante de 75 mm.

Bajante	Superf. servida (m ²)	f	Superf. corregida (m ²)	Ø Calculado (mm)
BP	136.75	0.9	123.07	75

Se requieren cuatro bajantes pluviales con un diámetro no inferior a 75 mm.

7.3.3. Cálculo de colectores de aguas pluviales.

El cálculo de los colectores pluviales se realiza a sección llena en régimen permanente. El diámetro de los colectores de aguas pluviales se obtiene de la tabla, en función de la pendiente y a la superficie servida por cada uno de ellos.

Tabla 6 - Diámetro de los colectores de aguas pluviales para un régimen pluviométrico de 100 mm/h

Superficie proyectada (m²)			Diámetro nominal del colector
	Pendiente del colector		
1 %	2 %	4 %	(((((()))))))))))))))))))))))))))))))))
125	178	253	90
229	323	458	110
310	440	620	125
614	862	1.228	160
1.070	1.510	2.140	200
1.920	2.710	3.850	250
2.016	4.589	6.500	315

La nave industrial requiere en total con seis colectores de aguas pluviales, cuatro de ellos sirven a un cuarto de la superficie de cubierta, mientras que los dos restantes sirven a la mitad de la cubierta.



Figura 38 – Disposición de los colectores pluviales

Según la tabla se obtienen colectores de 90 y 125 mm de diámetro, con una pendiente mínima del 1%, sin embargo, al tratarse de una red subterránea y no colgada cuyo acceso queda más limitado, generalmente se colocan pendientes del 2%. Recalculando se obtienen colectores de 90 mm de diámetro.

Colector	Superficie Servida (m ²)	f	Superficie corregida (m ²)	Ø Calculado (mm)	Pendiente
CP1-CP4	136.75	0.9	123.07	90	2 %
CP5, CP6	273.5	0.9	246.15	110	2 %

Tabla 7 – Cálculo de los colectores pluviales

7.3.4. Arquetas.

En esta red existen dos tipos de arquetas, arquetas de registro y arquetas a pie de bajante. Las arquetas de registro se colocan cada 15 m de tramos contiguos, y las arquetas a pie de bajante, como su nombre indica, junto a una bajante.

Se instalan seis arquetas en total, de las cuales dos de ellas serán registrables.



Figura 39 - Disposición de las arquetas pluviales

Para hallar las dimensiones mínimas necesarias de longitud y anchura, es necesario conocer el valor del diámetro del colector de salida.

Tabla 8 –	Dimensiones	de	las	arquetas

	Diámetro del colector de salida [mm]								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
L x A [cm]	40 x 40	50 x 50	60 x 60	60 x 70	70 x 70	70 x 80	80 x 80	80 x 90	90 x 90

Tabla 9 - Selección de arquetas para la red pluvial

Arqueta	Ø Colector salida	Dim. calculadas	Dim. instaladas
	(mm)	L x A (cm)	L x A (cm)
A1 – A4	90	40 x 40	50 x 50
A5, A6	110	50 x 50	50 x 50

Se obtienen arquetas de dimensiones diferentes, sin embargo, es frecuente homogeneizar la instalación sustituyendo las arquetas de tamaño inferior por las de superior dimensión. De este modo se facilita la ejecución, e incluso en ocasiones, supone un ahorro económico. Como se verá en apartados posteriores, todas las arquetas correspondientes a la red de evacuación de aguas negras obtenidas son de 50 x 50 cm, por lo que carece de sentido instalar únicamente dos arquetas de diferente magnitud al resto.

7.4. Dimensionado de la red de evacuación de aguas residuales.

La red de aguas residuales evacuará el agua que proviene de los almacenes y aseos. Ésta se canaliza por medio de tuberías y arquetas hasta un compacto decantador – digestor con filtro biológico, ya que como se cita en apartados anteriores, debido a la zona rural en la que se encuentra ubicada la parcela, no existe red pública de saneamiento.

Este tipo de equipos son especialmente indicados para tratar las aguas fecales de pequeñas y medianas comunidades ya que permite el tratamiento biológico de las aguas residuales, asimilables a domésticas, proporcionando un buen rendimiento en calidad de aguas a la salida del equipo.

El tratamiento seleccionado, cumple la normativa actual de vertido, correspondiente a la Ley de Aguas RD 606/2003.

La depuración de las aguas de la red de saneamiento se realiza en dos etapas.

- Decantador-digestor: Compuesto por dos compartimentos donde tiene lugar la sedimentación y la digestión de la materia orgánica presente en las aguas residuales. Las bacterias anaerobias, sin presencia de oxígeno, se encargan de metabolizar la materia orgánica, gasificando, hidrolizando y mineralizándola.
- Filtro biológico: A partir de los microorganismos presentes en el agua y gracias a la aportación de oxígeno mediante tiro natural, se lleva a cabo la oxidación de la materia orgánica. La utilización de un relleno plástico de alto rendimiento proporciona una mayor efectividad al proceso y evita los problemas de mantenimiento debidos a la utilización de relleno mineral

7.4.1. Compacto decantador

La ocupación estimada real de la nave de almacenamiento es de 15 personas, por tanto, el compacto decantador digestor con filtro biológico según el catálogo del fabricante REMOSA^[10], tendrá las siguientes dimensiones:

REFERENCIA	HE	VOLUMEN I	D mm	Lmm	Ø BOCA DE ACCESO mm	Ø TUBERÍAS mm	PESO APROX. Kg
FF 10	10	3.500	1.600	2.140	313/410	110	120
FF 15	15	4.500	1.600	2.660	313/410	110	160
FF 20	20	6.000	1.750	2.930	313/410	125	200
FF 25	25	8.000	2.120	2.900	410/567	125	500

Tabla 10 - Modelos del compacto decantador en función del número de ocupantes

Las siglas H.E. significan Habitante Equivalente, es la medida utilizada en depuración en la Comunidad Europea. Es una unidad de dimensionamiento correspondiente a una carga orgánica biodegradable con una demanda bioquímica de oxígeno de 5 días.

Las características del equipo seleccionado son las siguientes:

- Volumen: 4.500 L
- Diámetro 1.600 mm
- Longitud: 2.660 mm
- Diámetro Tuberías: 110 mm



Figura 40 - Esquema tipo de un compacto decantador

7.4.2. Derivaciones individuales.

La adjudicación de las Unidades de Desagüe a cada equipo y los diámetros mínimos de las derivaciones individuales correspondientes se establecen en la tabla 11 en función del uso.

Tipo de aparato sanitario		Unidades de	Unidades de desagüe UD		Diámetro mínimo sifón y deri- vación 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	
landers	Con cisterna	4	5	100	100	
Inodoro	Con fluxómetro	8	10	100	100	
•	Pedestal	-	4	-	50	
Urinario	Suspendido	-	2	-	40	
	En batería	-	3.5	-	-	
	De cocina	3	6	40	50	
Fregadero	De laboratorio, restaurante,		2		40	
	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	Inodoro con cisterna	7	-	100	-	
(lavabo, inodoro, bañera y	Inodoro con fluxómetro	8	-	100		
bidé)	modoro con naxometro		-	100	-	
Cuarto de aseo	Inodoro con cisterna	6	-	100	-	
(lavabo, inodoro y ducha)	Inodoro con fluxómetro	8	-	100	-	

Tabla 11 – UD correspondientes a los distintos aparatos sanitarios

En la red de evacuación de aguas residuales, existen desagües en los aseos y en los almacenes de mayor superficie. Los aseos contienen lavabos, inodoros con cisterna y ducha, los almacenes dispondrán de una pila auxiliar.

Aparato	Ø Calculado	Ø Instalado
	(mm)	(mm)
Lavabo	40	40
Ducha	50	50
Inodoro	100	110
Pila	50	50

Tabla 12 – Cálculo de la derivación individual

Como se observa, únicamente se modifica el diámetro de la derivación individual del inodoro, este cambio se justifica debido al diámetro del ramal colector, donde no es común utilizar diámetros de 100 mm, de forma que colocando ambos diámetros de 110 mm, se simplifica la instalación.

7.4.3. Cierres hidráulicos.

Los cierres hidráulicos serán en su mayoría botes sifónicos, estos son elementos que sirven a varios aparatos, en este caso a los lavabos y a la ducha. Este equipo es un pequeño depósito en el que desembocan todos los desagües del baño excepto el del inodoro. Debe tener como mínimo 110 mm de diámetro, contener una tapa de registro hermética y estanca y finalmente una altura adecuada para su correcto funcionamiento.

Para los desagües de los almacenes se utilizarán sifones individuales, debido a su situación independiente.

La función principal de los cierres hidráulicos consiste en evitar los malos olores por retorno, para ello siempre deben tener agua en su interior. Del mismo modo, también sirven para controlar los atascos que pudieran producirse en las tuberías más próximas.

En la figura adjunta, se observa cómo funciona un cierre hidráulico, donde la salida se encuentra a una cota superior que la entrada, de modo que siempre exista entre ambas, por diferencia de densidades, una capa de agua que evite el retorno del aire de las tuberías existentes aguas abajo por sifonamiento.



Figura 41 - Funcionamiento de los cierres hidráulicos

La imagen que se adjunta a continuación es similar a la instalación que se proyecta en los aseos, donde los aparatos sanitarios acometen al bote sifónico, que, junto al inodoro, se conectan a la bajante.



Figura 42 – Esquema tipo de red local de evacuación

7.4.4. Ramales colectores.

Una vez determinadas las derivaciones individuales, se procede al dimensionado de los ramales colectores, para su cálculo a través del bote sifónico, se atiende a la siguiente tabla del CTE DB HS-5. Para ello, previamente es necesario calcular el máximo número de unidades de desagüe (UD) por cada local húmedo.

A continuación. Se dimensionan los ramales colectores de los tres tipos de aseos. A estos aseos se les denominará Aseo A, B y C. Los dos primeros contarán con lavabo e inodoro, el aseo tipo C contará además con una ducha.

Aseo	Elementos	UD	N.º elementos	UD totales
	Inodoro	1	5	
А	Lavabo	1	2	7
	Ducha	0	0	
В	Inodoro	1	5	
	Lavabo	1	2	7
	Ducha	0	0	
С	Inodoro	1	5	
	Lavabo	1	2	10
	Ducha	1	3	

Tabla 13 - Unidades de desagüe (UD) por local húmedo

Según el CTE, hay que asignar una pendiente mínima del 1% para colectores colgados. En la siguiente tabla adjunta se obtiene el diámetro de los ramales colectores ubicados entre cada derivación individual y la bajante, según el número máximo de unidades de desagüe y la pendiente del ramal.

	Máximo número de UD		
	Pendiente		Diámetro (mm)
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 14 – Diámetros de ramales colectores entre aparatos sanitarios y bajante

Los colectores horizontales parten del bote sifónico y se conectan al manguetón del inodoro o directamente a la bajante, por lo que por ellos circularán las UD correspondientes a las derivaciones individuales conectadas. La instalación cuenta con tres colectores colgados.

Ramal colector	UD	Pendiente	Ø Calculado
RC1	2	2	40
RC2	2	2	40
RC3	5	2	50

Tabla 15 - Cálculo de ramales colectores

Como indica la tabla, uno de ellos tendrá 50 mm de diámetro, mientras que el resto contarán con 40 mm de diámetro. Estos colectores se conectan al manguetón del inodoro correspondiente, y éste a su vez a la bajante, la cual se dimensiona a continuación.

7.4.5. Bajantes residuales

Para cumplir la normativa del CTE, no debe de haber una distancia superior a dos metros entre el bote sifónico y la bajante. Además, el desagüe del inodoro debe realizarse directamente o por medio de un manguetón de longitud no superior a un metro. Estas instrucciones, en la práctica no siempre se respetan, ya que de este modo, grandes instalaciones tendrían una cantidad excesiva de bajantes, botes sifónicos y otros accesorios, sin embargo, al tratarse de una pequeña instalación y teniendo este trabajo un carácter académico, se intentarán seguir todas las directrices marcadas por el CTE.

Por ello, se instalarán dos bajantes, por las que circularán 10 y 14 UD respectivamente. Para dimensionarlas se acude a la siguiente tabla, al igual que las anteriores, obtenida del CTE-DB-HS5. De aquí se obtiene el valor del diámetro de la bajante en función de la altura del edificio y del número de unidades de desagüe.

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

Tabla 16 - Diámetro de las bajantes según altura del edificio y el N.º de UD

Al tratarse de una altura inferior a 3 plantas, se requieren bajantes de 63 mm de diámetro, sin embargo, por comodidad y por lógica, no se instalan diámetros inferiores a los instalados aguas arriba. En este caso, la salida del inodoro y su manguetón correspondiente son de 110 mm de diámetro, medida que se respeta hasta el final de toda la instalación, siempre y cuando no se requiera un diámetro superior.

Tabla 17 - Cálculo de bajantes residuales

Bajante	UD	Ø Calculado (mm)	Ø Instalado (mm)
BR1	10	50	110
BR2	14	63	110

7.4.6. Colectores

La red enterrada de colectores se dispondrá en zanjas de dimensiones adecuadas, situadas por debajo de la red de distribución de agua potable, con una pendiente mínima del 2 %, y disponiéndose de registros de tal manera que los tramos contiguos no superen 15 m. La acometida de las bajantes y manguetones a esta red se hará con interposición de una arqueta a pie de bajante.

El diámetro de los colectores horizontales se obtiene de la siguiente tabla, en función del máximo número de UD y la pendiente.

Máximo número de UD			
	Pendiente		Diámetro (mm)
1 %	2 %	4 %	
-	20	25	50
-	24	29	63
-	38	57	75
96	130	160	90
264	321	382	110
390	480	580	125
880	1.056	1.300	160
1.600	1.920	2.300	200
2.900	3.500	4.200	250
5.710	6.920	8.290	315
8 300	10.000	12 000	350

Tabla 18 – Diámetro de los colectores horizontales en función de las UD y la pendiente

Para una ejecución y diseño más sencillo, se instala una red principal de colectores paralelos a la nave, a los que acometen las distintas derivaciones. Esta red de colectores será de diámetro único en todo su recorrido, derivando en el compacto decantador, encargado de depurar las aguas residuales.

La distribución de las arquetas queda definida de forma compleja si se atiende completamente a las exigencias del CTE, en el que, entre otras cosas, sólo permite acometer un colector por cada cara de arqueta, de tal forma que el ángulo formado por el colector y la salida sea mayor de 90^a.

Se traza la red de colectores y arquetas buscando pendientes cercanas y superiores al 2%. Durante el trazado, se ha de tener en cuenta la situación de elementos existentes como vigas de atado y zapatas de cimentación estructurales. Para evitar conflictos, la cara superior de las arquetas que no sean registrables quedará inmediatamente debajo de la superficie inferior de las vigas de atado. Atravesar o modificar la estructura es completamente indeseable.

Como se ha comentado en apartados anteriores, los manguetones de los inodoros y los ramales colectores son de 110 mm de diámetro, medida que marca el diámetro mínimo en el resto del recorrido aguas abajo. Por lo tanto, no tiene sentido instalar colectores horizontales de los diámetros calculados (50,63,75,90 mm), es decir, se opta por utilizar un diámetro común de 110 mm para toda la red.

Tabla 19–	Cálculo	de colectores	residuales
-----------	---------	---------------	------------

Colector	UD	Ø Calculado (mm)	Ø Instalado (mm)
С	60	90	110

7.4.7. Arquetas.

En esta red existen tres tipos de arquetas

- Arquetas a pie de bajante (AB), utilizadas a modo de codo para conectar la bajante a los colectores horizontales. En esta red se utilizan dos, coincidiendo con el número de bajantes existentes.



Figura 43 – Arqueta a pie de bajante

- Arquetas de paso (AP), encargadas de conectar las derivaciones individuales de los aparatos sanitarios a la red de colectores.
- Arquetas registrables (AR), arquetas que llegan hasta el nivel de la superficie, existen tres arquetas registrables dentro de esta red de evacuación.

El CTE obliga instalar una arqueta para cualquier cambio en la dirección del flujo que se produzca subterráneamente. En este caso, para cumplir las exigencias, se dispone un elevado número de arquetas para la magnitud de esta instalación.

Nuevamente, se dimensionan las arquetas en función del diámetro del colector de salida que acometan.

Arqueta	Ø Colector salida	Dimensiones calculadas
		L x A (cm)
AB	110	50 x 50
AP	110	50 x 50
AR	110	50 x 50

Tabla 20 - Cálculo de arquetas residuales

Como puede observarse en la tabla anterior, la instalación de una red de colectores de diámetro único simplifica en gran medida el cálculo de las arquetas correspondientes, ya que todas tendrán las mismas dimensiones, por lo tanto, la ejecución en obra también se realiza de forma más sencilla.

7.4.8. Ventilación.

Deben disponerse, siempre que sea posible, subsistemas de ventilación en las redes de aguas residuales. Para ello, existen subsistemas de ventilación primaria, secundaria, terciaria y ventilación con válvulas de aireación-ventilación.

La ventilación primaria tiene como función principal la evacuación del aire en la bajante para evitar sobrepresiones y subpresiones en la misma durante su funcionamiento. Consiste en la prolongación de la bajante por encima de la última planta hasta la cubierta de forma que quede por encima de la atmósfera exterior y de los recintos habitables. La normativa establece que la ventilación primaria es suficiente para edificios de menos de 7 plantas.

En este caso, en el que se trata una nave industrial con dos plantas, y que además, cuenta con dos bajantes sobredimensionadas, se solucionará este problema mediante válvulas de aireación. Es habitual realizar dicha instalación en naves industriales, ya que, además de ser una pequeña instalación, realizar una apertura en la cubierta es indeseable por las complicaciones que trae consigo, filtraciones por humedad, entrada de animales o insectos y complejidad en la ejecución entre otros. Por medio de este sistema se evitan estos inconvenientes, ya que la ventilación de estos bajantes se realiza en el espacio disponible entre el falso techo y cubierta.



Figura 44 – Ventilación primaria

Una válvula de aireación consiste en un sistema que permite la entrada de aire en el sistema, pero no su salida. Se utilizan para evitar las fluctuaciones de presión dentro de los bajantes, evitando así retornos de aire por los propios aparatos que producen malos olores.



Figura 45 – Válvula de aireación

El funcionamiento es el siguiente, la válvula de aireación se abre y facilita la entrada de aire exterior cuando se produce una depresión en la instalación a causa de la descarga de algún elemento. La finalidad es equilibrar la presión y evitar el desifonamiento de los aparatos sanitarios. Cuando la descarga finaliza, la válvula se cierra por su propio peso, evitando la salida al exterior de malos olores procedentes de su instalación.

Además de lo anterior, los aseos cuentan con ventilación forzada mediante extracción mecánica, la cual garantiza una renovación constante del aire viciado interior.

7.5. Instalación de Saneamiento en Revit

A lo largo del presente documento se realizará el diseño en Revit de las diferentes instalaciones que componen el edificio industrial, así como su cálculo cuando sea posible. En cada una de ellas la metodología de trabajo y el nivel de detalle será distinto, puesto que las diferentes disciplinas de Revit se encuentran desarrolladas de forma heterogénea. Estos aspectos se analizarán en profundidad en cada una de ellas.

La disciplina "*Plumbing*", conocida en castellano como fontanería, comprende las instalaciones de abastecimiento y saneamiento. Ambas cuentan con un buen nivel de desarrollo actualmente, sin embargo, como se verá a continuación, pese a formar parte de una misma disciplina la forma de trabajar en ellas es diferente.

El trazado de la red de saneamiento será, como se mencionó anteriormente, de tipo separativo. Por ello se dividirá en dos sistemas completamente independientes, por un lado, aguas negras o residuales y por otro aguas grises o pluviales.

Al tratarse de caudales de agua, la red de saneamiento guardará muchas similitudes con el trazado de redes de abastecimiento, sin embargo, también existen diferencias entre ellas como se verá a continuación.

Volviendo al esquema MEP adjuntado en páginas anteriores, ya que este es aplicable a todo tipo de sistema, el flujo cambia en este caso, si antes se disponía de un equipo que daba flujo a los diferentes aparatos (sanitarios o sumideros), a continuación, serán los aparatos los que llevarán su flujo hasta un equipo final que será el depósito para el tratado de aguas.

En primer lugar, hay que dividir los sistemas de saneamiento, Revit trae por defecto un único sistema para las redes de evacuación, denominado "sistema sanitario". Seleccionando el sistema se puede duplicar y generar uno equivalente denominado Sanitario – AN (Aguas Negras) y otro, Sanitario – AG (Aguas Grises). Para distinguirlos con claridad, se modificará la visibilidad de ambos, de forma que, como se verá en los gráficos siguientes, queda definida la red de agua pluvial en naranja mientras que la red residual queda en verde. Los colores rojo y azul se reservan para las instalación de abastecimiento de agua caliente sanitaria y agua fría sanitaria respectivamente.

El DB-HS fija en el capítulo 5 los criterios para dimensionar las bajantes y los sumideros de los sistemas de evacuación de aguas. A diferencia del abastecimiento, no se trata de caudales exactos en litros por segundo, si

no de demandas más imprecisas. Por ello el programa elimina alguna de las propiedades de una tubería que pertenece a un sistema sanitario, parámetros como flujo o factor de fricción no son utilizados.

7.5.1. Sanitario – Aguas Negras

Para la red de saneamiento de aguas negras, como se ha visto en el capítulo anterior, las demandas se dimensionan en unidades de desagüe UD, según CTE. Del mismo modo, marcará el diámetro de las bajantes y colectores horizontales, siempre en función de la pendiente y de las UD que circulan a través de ellos.

Revit utiliza el término "Unidades de Aparato" para trabajar con caudales de saneamiento, en este caso tendrán un uso similar a las Unidades de Desagüe utilizadas en la normativa española.

El proceso para trasladar esto a Revit se realiza de forma manual, a diferencia de la red de abastecimiento como se verá en capítulos posteriores, no existe la posibilidad de realizar ningún tipo de dimensionado automático. Revit se limita a sumar las diferentes Unidades de Aparato de los distintos equipos conectados. De manera que, siguiendo el CTE, se le asigna el diámetro correspondiente a cada tubería de forma manual. Además, al circular el flujo a presión atmosférica y evacuar por efecto gravitatorio, hay que añadir la complejidad de cumplir las pendientes que marca la normativa

Para las conducciones de saneamiento es frecuente utilizar tuberías de PVC, la plantilla de sistemas cargada inicialmente trae por defecto la mayoría de los accesorios necesarios para las tuberías de PVC, con todas sus uniones configuradas.

Como se aprecia en la siguiente imagen, las uniones de los diferentes tipos de tuberías, cobre utilizadas en abastecimiento (azul), y PVC utilizadas en saneamiento (verde), se realizan de forma diferente. En tuberías de saneamiento, se evitan las uniones de 90°, mientras que, en redes de abastecimiento, es lo más común.



Figura 46 – Tuberías de cobre y PVC

Las redes enterradas, formadas fundamentalmente por colectores que canalizan el agua proveniente de la red vertical hasta el filtro biológico, deben tener al menos un 2% de pendiente, y en cada encuentro y cada 15 metros debe de existir una arqueta de registro.

El problema más importante a la hora de trazar esta instalación en Revit es que éste por defecto no incorpora arquetas en su biblioteca, y ha de ser el usuario el que las modele. Estos elementos no son capaces de sumar UD. De este modo, el trazado de una red de saneamiento de grandes dimensiones es un trabajo que requiere tiempo a pesar de ser una tarea sencilla.

A continuación, se describen los pasos seguidos para llevar a cabo la parametrización de la arqueta creada, con el objetivo de automatizar o simplificar, en la medida de lo posible, el trazado de la red de saneamiento.

- El caudal de salida de la arqueta no es una suma automática de las unidades entrantes, se debe por lo tanto disponer de un parámetro donde se pueda introducir este valor

- Es necesario modificar la altura de los conectores en función de la ubicación final de la arqueta. Por lo que esta característica se convierte en un parámetro de ejemplar, es decir, un parámetro intrínseco a cada arqueta, independiente de la configuración estándar que comparten entre ellas. Estos valores son fácilmente modificables durante el trazado de la red.
- Para favorecer el tránsito del flujo, se dispone del conector de salida 2 cm más profundo que el conector más profundo de entrada.
- Se sitúa el fondo de la arqueta 5 cm por debajo del conector de salida.
- Es necesario activar el parámetro "permitir ajustes de pendiente", de modo que puedan acometer a ellos tuberías inclinadas. (En redes de saneamiento todas las tuberías poseen inclinación)
- Al existir 4 conectores independientes, por cada conexión se genera un sistema de arquetas, esto es evitable señalando la arqueta final de la red como equipo.



Figura 47 – Parametrización de arqueta

Una vez configurada la arqueta, se puede comenzar el trazado de la red, teniendo siempre en cuenta los criterios establecidos anteriormente y que se recogen a continuación a modo de resumen.

- Sólo puede acometer un colector por cada cara de arqueta, de tal forma que el colector y la salida formen un ángulo mayor a 90°.
- Pendientes mínimas del 2%
- No superar 15 metros de tramos contiguos sin disponer de arquetas registrables
- Diseñar la red de forma que las arquetas queden accesibles para su mantenimiento
- La acometida de las bajantes a esta red se hará con interposición de arqueta a pie de bajante.

Además de las restricciones que se han mencionado, existen otros requisitos técnicos que se han de cumplir, y es donde Revit tiene un gran potencial. Por ejemplo, se ha de evitar forzosamente que las arquetas o las tuberías intersequen los elementos estructurales de la nave, como zapatas o vigas de atado. Esto es fácilmente detectable mientras se traza la red ya que además de contar con revisión de intersecciones, en Revit se pueden ajustar las capas de visibilidad en todo momento, observando en pantalla los elementos necesarios establecidos por el usuario.

En primer lugar es necesario copiar los aparatos sanitarios del modelo original, de modo que sobre la posición establecida, se pueda colocar un aparato sanitario con información MEP. Es habitual que el arquitecto diseñe la distribución del cuarto de baño, pero sea otra persona la que diseñe la instalación, por ello se ha seguido este proceso.

Se necesitan aparatos sanitarios con información MEP, es decir, que contengan conectores lógicos que aporten
información de caudal demandado de agua fría, agua caliente, unidades de desagüe, etc., por ello, se busca en la biblioteca de Revit aparatos sanitarios de este tipo. Otra opción consiste en visitar bibliotecas de fabricantes, y colocar uno de ellos, de modo que se obtenga un ejemplar real que después pueda ser exactamente el que se ha instalado, teniendo de esta forma todos los detalles del producto, generando la instalación a partir del elemento.

En este caso, se opta por la segunda opción, para ello se realiza una búsqueda de ejemplares válidos para este proyecto.

Puede ser habitual que no se encuentren ejemplares que cumplan todas las especificaciones necesarias, esto no es un problema, ya que del mismo modo que los archivos de la biblioteca de Revit pueden ser modificados por el diseñador, cumpliendo así los requisitos establecidos.



Figura 48 - Ejemplar de inodoro y características

Esta última imagen corresponde al inodoro seleccionado, concretamente se trata del modelo The Gap - White, del fabricante Roca. En ella se aprecian los conectores que dispone, una toma de agua fría sanitaria, y uno de desagüe, ambos conectores poseen la información necesaria para colocarlos correctamente en la instalación. Además, si se abre la pestaña de características del ejemplar, se obtienen datos importantes para su instalación como sus cotas, el peso del ejemplar, o la presión necesaria.

Del mismo modo, se buscan ejemplares de fabricantes para los lavabos, y duchas.

Es importante que los conectores, en este caso de salida, cumplan lo establecido en el CTE, quedando definidas las unidades de desagüe mínimas por cada aparato, en el caso del inodoro, cinco.

R		Ŧ
Elemento conector (1)	∼ 🔠 Edi	tar tipo
Diámetro	110.0	
Mecánica		*
Coeficiente K	0.000000	
Factor de flujo	0.000000	
Configuración de flujo	Unidades de aparatos	
Dirección de flujo	Saliente	
Método de pérdida	Pérdida específica	c
Permitir ajustes de pen		
Clasificación de sistema	Sanitario	
Mecánico - Flujo		*
Unidades de aparatos	5.000000	
Flujo	0.00 L/s	
Pérdida de carga	100000.00 Pa	
Datos de identidad		*

Figura 49 – Unidades de aparto correspondientes al conector de salida

A continuación, será necesario adaptar la vista a un plano de saneamiento mediante filtros y otras herramientas. Del mismo modo se generan las vistas 3D correspondientes.

Una vez realizados estos pasos preliminares, lo primero que hay que realizar es una primera medición para calcular, en función de la longitud de la red y de la pendiente necesaria, a que cota se sitúa el colector principal. Con la opción de medir que ofrece el programa, esto se realiza de forma sencilla.

Resulta una longitud aproximada de 40 metros, teniendo en cuenta que se encuentran a una pendiente mínima del 2%, se obtiene un desnivel total aproximado de un metro.

La cota superior del colector se ubica inicialmente un metro por debajo del nivel del suelo, quedando de esta manera con cierto margen, por debajo del nivel inferior de las vigas de atado.



Figura 50 - Alzado Este del edificio

A continuación, en un plano de planta se ubican los elementos principales, como los aparatos sanitarios, los botes sifónicos y las bajantes. A partir de estos tres elementos se trazan las derivaciones individuales y la red de colectores.



Figura 51 – Plano de planta baja de los aseos

Los círculos ubicados en el centro de cada aseo corresponden a los botes sifónicos mientras que los que se encuentran insertados en los tabiques corresponden a bajantes.

Es interesante, por estética, que las bajantes no queden vistas, por ello se colocan en el interior del tabique, sin embargo, esta solución no es válida para cualquier tabique. Éstos son de ladrillo y no es factible dejar un hueco continuo de las dimensiones del bajante. Para ello habrá que realizar una modificación en el modelo de arquitectura, creando un tabique de mayores dimensiones que contenga en su interior una capa de aire, la cual debe de tener al menos la anchura del diámetro de la tubería bajante.

Para ello se crea un nuevo tipo de muro, cuyas caras interior y exterior tengan la anchura mínima para colocar un ladrillo y una capa interior de aire de al menos 110 mm.

ditar	montaje					
Famil Tipo: Gross Resis Masa	lia: or total: stencia (R): a térmica:	Muro bási Muro hue 0.2500 0.0000 (m 0.00 kJ/K	co :o instalaciones 1²·K)/W	Altu	ra de muestra:	
Ca	pas		CARA EXTERI	OR		
	Func	ión	Material		Grosor	Envolvente
1	Acabado 1 [4]		Enlucido - Blan 0.0600		0.0600	
2	Contorno del núcleo		Capas de env	olve	0.0000	
3	Capa térmica	a/de aire [3	Hueco de ma	sa	0.1300	
4	Contorno de	l núcleo	Capas de env	olve	0.0000	
5	Acabado 1 [4	l]	Enlucido - Bla	n	0.0600	
<	1				l	>
			CARA INTERI	OR		

Figura 52 - Creación del muro hueco.

Como se observa en la figura 50, el grosor de las capas exterior e interior es de 6 cm, mientras que la capa de aire tiene un grosor de 13 cm, es decir 20 mm más que el diámetro de la bajante. Finalmente se obtiene un muro de grosor total de 25 cm.



Figura 53 – Estado inicial de la tabiquería de los aseos



Figura 54 – Estado final de la tabiquería de los aseos

De este modo se tiene un muro que pueda alojar sin problemas a las bajantes de aguas fecales, de forma que queden ocultas. Para no interferir en el resto de las habitaciones, se ha ampliado el grosor del muro hacia el interior, disminuyendo de esta forma el área total correspondiente a los tres aseos y al vestíbulo de entrada a los mismos.

Este proceso es análogo en la planta superior, ya que la bajante discurre desde la válvula de aireación ubicada el falso techo del nivel 2 hasta el nivel subterráneo, conectada a la arqueta correspondiente, cruzando la planta baja y la planta primera.

Los botes sifónicos, por su parte, deben de quedar de forma que la tapa superior sea visible y esté enrasada con el suelo. Este elemento, al igual que la arqueta, no viene por defecto en Revit y ha tenido que ser creado.



Figura 55 - Bote sifónico en Revit

El proceso de elaboración de estos elementos es lento y complejo, sin embargo, afortunadamente cada día son más los fabricantes que incorporan sus productos a formatos BIM. De modo que dentro de no mucho tiempo no va a ser necesario generar y parametrizar elementos tan básicos como un bote sifónico o una arqueta, ya que se tendrá un amplio abanico de fabricantes donde escoger.

Esta ausencia de familias se debe a que actualmente no se utilizan este tipo de programas para el diseño de instalaciones, están principalmente orientados para la modelización de edificios, de modo que existen cientos de ejemplares de fabricantes para cualquier tipo de mesa, sillón o mueble, sin embargo, no se puede decir lo mismo para elementos de instalaciones, como un depósito, un calentador, o un ascensor.



Figura 56 – Estado final de las bajantes en los aseos

Una vez ubicados los elementos principales se procede al trazado de la red de tuberías. Esto es una tarea compleja ya que Revit realiza las uniones entre conductos, es decir, coloca automáticamente accesorio necesario. Esto es un problema ya que, en varias ocasiones, Revit no contendrá la unión específica requerida, de modo que se tendrán que modificar uno o varios parámetros de los elementos que se pretenden unir, como pendientes o diámetros hasta tener una unión válida.



Figura 57 - Vista en planta de la red de tuberías de saneamiento



Figura 58 - Vista axonométrica de la instalación de saneamiento, planta primera

En la última imagen se aprecia como las uniones entre tuberías se realizan con un nivel de detalle alto, esto supone una ventaja ya que Revit utiliza componentes y accesorios reales, de modo que, si el programa permite la unión de una determinada forma, ésta teóricamente siempre podrá llevarse a cabo. Esto supone un incremento de tiempo en la fase de diseño, pero consecuentemente, se ahorrará tiempo en la fase de ejecución.

Para el diseño de la red, será necesario ayudarse de planos, alzados y secciones auxiliares, también se pueden dibujar las tuberías directamente desde una vista 3D, sin embargo, no es recomendable esta última si se requiere precisión en el trazado.



Figura 59 - Sección correspondiente a la instalación de saneamiento

Esta sección, por ejemplo sirve para visualizar cómo se realiza correctamente el trazado de las tuberías, respetando las pendientes mínimas y realizando las uniones en todo momento por debajo del forjado. La tubería amarilla corresponde a la ventilación primaria del bajante, es de color diferente ya que su función es diferente al resto de la red, perteneciendo al sistema ventilación, en lugar de saneamiento.

Para ello previamente se traza una tubería ascendente, prolongándola con el mismo diámetro hasta el nivel del falso techo, una vez dibujada, cambiar el sistema de la tubería, indicando que se trata de un sistema de ventilación.



Figura 60 - Instalación de tubería de ventilación

En la parte superior se colocará una válvula de aireación, este ejemplar se obtendrá a través de la plataforma BimObject^[11], sitio web donde se podrán encontrar diferentes elementos. Finalmente, realizando pequeños ajustes, queda de la siguiente forma.



Figura 61 - Renderizado de la válvula de aireación

Como se ha mencionado anteriormente, la evacuación del agua de las tomas de agua de los almacenes se realizará por medio de pilas. Cada una contendrá un sifón individual para evitar retornos de aire. Además, se instala un sumidero en la esquina noroeste del almacén auxiliar para el desagüe de los grifos de comprobación y vaciado de la red, este desagüe también sirve para evacuar el agua que pudiera producirse en caso de avería del equipo. Para ello se deberá inclinar el suelo con una pendiente suficiente hacia este punto.

El sifón individual se realiza manualmente trazando dos codos consecutivos de tubería con las dimensiones necesarias, por su parte, el sumidero de desagüe se ha obtenido de la biblioteca de Revit. Nuevamente se ha de tener en cuenta la posición de los elementos estructurales como zapatas o vigas de atado, tratándolas de evitar en todo momento.



Figura 62 - Pila y sumidero de desagüe

Finalmente, la unión entre el colector principal y las tuberías, y la unión o los cambios de dirección de tuberías subterráneas se realiza por medio de arquetas, éstas habrá que colocarlas estratégicamente para intentar colocar el menor número posible. Se le añaden accesorios propios de la instalación como válvulas de retención para evitar retornos.



Figura 63 – Estado final de la red de saneamiento

Es neceasrio ajustar manualmente la altura de los conectores de entrada y salida de las arquetas, respetando las pendientes de las tuberías y asegurando así la evacuación de agua por gravedad. También es necesario sumar los caudales de entrada y asignarlos a la salida, ya que las arquetas no son capaces de sumar Unidades de Aparato. Por último, es necesario ajustar el nivel de las arquetas, por defecto será 70 centímetros por debajo del nivel del suelo, de manera que se sitúen por debajo de las vigas de atado evitando problemas. Las arquetas registrables, se encuentran a nivel del suelo.

Una vez realizado el trazado de tuberías con las arquetas incluidas, solo queda conectarlo al compacto decantador. No existen fabricantes que realicen modelos BIM de este elemento, por ello utilizaremos un depósito de la biblioteca de Revit y modificaremos algunos de sus parámetros. Para ello se tomará como referencia el modelo seleccionado en apartados anteriores, cuyas características eran las siguientes.

- Volumen: 4.500 L
- Diámetro 1.600 mm
- Longitud: 2.660 mm
- Diámetro Tuberías: 110 mm



Figura 64 - Compacto decantador modelado en Revit

Se modifican, en primer lugar, las dimensiones del depósito, introduciendo las correspondientes al modelo seleccionado. A continuación se modifican los conectores de serie, ubicando dos en los puntos extremos de la parte superior, indicando que el primero corresponde a una entrada de saneamiento y que por él circularan

Unidades de Aparato, y que el segundo conector es una salida de ventilación, por la que circulará un flujo de aire.

Se conecta este elemento al final de la red, quedando finalizada la instalación de evacuación de aguas residuales.



Figura 65 – Estado final de la instalación de evacuación de aguas residuales

Una vez modelada la instalación de saneamiento, se puede trabajar con el inspector de sistemas. Esta herramienta sirve para comprobar que no existe ningun error a lo largo de la red. Para ello se selecciona cualquier tubería y pulsando inspeccionar, se visualizará de manera rápida y sencilla si esta todo correctamente conectado, si la dirección del flujo es la correcta, o también si las uinidades de aparato que circulan a través de la tubería, son las necesarias.



Figura 66 – Inspector de sistemas en la instalación de saneamiento.

A continuación se muestra un esquema de color, esto es una forma sencilla de ver rápidamente todas las unidades que circulan por cada una de las tuberías, con objeto de revisar la instalación. Esto es extremadamente útil para instalaciones de gran envergadura, observando de forma esquemática el funcionamiento de la instalación. De igual modo se puede clasificar según flujo, tamaño, o cualquier característica intrínseca del elemento.



Figura 67 – Esquema de color correspondiente a las Unidades de Aparato.

Por último, como en cualquier otra instalación modelada en Revit, se pueden extraer mediciones. En este caso se extraerán los metros necesarios de tubería de PVC, empleada para la red de evacuación de aguas negras. Gernerando una tabla de planificación, agregando los campos que interesen y ordenando filas y columnas, se obtiene la siguiente tabla:

Sanitario - Aguas Negras		
Cloruro de polivinilo - Rígido		
ø32 mm	12.82 m	
ø50 mm	8.85 m	
ø100 mm	0.31 m	
ø110 mm	57.87 m	
	79.84 m	

Figura 68 – Medición de los metros necesarios de tubería de PVC según diámetro.

Del mismo modo, se podría haber tenido un recuento de cualquier otro elemento, como accesorios de tubería, codos, o uniones.

A diferencia de las tuberías de abastecimiento o los conductos de ventilación, en redes de saneamiento Revit no es capaz de generar un informe de pérdidas de presión, ya que la evacuación en este caso se realiza a presión atmosférica, descendiendo por efecto gravitatorio.

7.5.2. Sanitario – Aguas grises

Como se vio anteriormente, el DB-HS no dimensiona los elementos de evacuación de agua pluvial a partir de un flujo predefinido. En este caso, el diámetro varía según los metros cuadrados de cubierta a evacuar, la zona pluviométrica y la pendiente del conducto. Desarrollar esta instalación en Revit se trata nuevamente de un proceso completamente manual.

En primer lugar, es necesario colocar los canalones de cubierta, un proceso más complejo de lo que debería ya que Revit no incorpora familias de tuberías MEP abiertas al exterior, que es lo que sería un canalón. Existen diferentes formas de abordar este trabajo con Revit. Una posible opción consiste en instalar un canalón predefinido, existente en el modelo de arquitectura, sin embargo, por defecto su sección es semicircular, no rectangular, y modificarlo resulta complejo. Además de lo anterior, no es un elemento MEP, no se le puede incluir información de colectores lógicos para el flujo que circula a partir de él, por lo tanto, se descarta esta opción.

Otra opción, similar a la anterior consiste en descargar de internet una familia de canalón que se adapte a lo que se busca, sin embargo, cuesta ver familias MEP bien configuradas en la red.

Finalmente, al tratarse de una geometría sencilla, se opta por modelarlo. Esta opción lleva más tiempo que las anteriores, sin embargo, es la más conveniente en este caso ya que se dibujará la sección estándar deseada.

Al igual que ocurre en el caso de las arquetas, se crea una nueva familia en el editor de familias de Revit. Se parte de un alzado cualquiera, donde se dibujará la sección del canalón. A continuación, se realiza una extrusión de la longitud requerida y se le añade el material del elemento, en este caso PVC.



Figura 69 - Modelado del canalón

Al existir tres tamaños diferentes, se generarán de uno en uno. Estos tipos son:

- El ejemplar de mayor longitud, ubicado en el tramo central de la nave,
- El ejemplar de menor longitud, situado en los extremos frontal y posterior de la nave
- El ejemplar de unión entre ambos, que a su vez acomete a la bajante.

Los dos primeros se realizan de forma similar, variando únicamente su longitud, el tercer ejemplar, además de variar su longitud, habrá que crear una extrusión vacía y añadirle a ésta un conector de salida.



Figura 70 – Modelado de la unión entre canalones y bajante.

Finalmente, ubicándolos correctamente y añadiendo la pendiente establecida del 0.5 %, quedan instalados los canalones.

Guardando y cargando esta familia en el proyecto se dispone de un canalón de las medias necesarias, a continuación, hay que hacerlo formar parte del sistema sanitario - aguas grises. Una característica de los elementos MEP es que, si no tienen sistema predefinido, adoptan el sistema del elemento que les siga o que les preceda, según sea el caso, por lo que conectando los bajantes, automáticamente el canalón formará parte de este sistema, obteniendo el tono anaranjado propio del resto de componentes de la instalación.

Trazando los bajantes de forma perpendicular a la superficie, se observa que intersecan con una viga de atado de la estructura, por lo que se realiza un pequeño quiebre "in situ" para salvar esta incidencia. De nuevo aquí se observa la importancia de contener toda la información en el mismo modelo, puesto que inmediatamente después de conocer el problema, se puede adoptar una solución sencilla y eficaz.



Figura 71 - Resolución del conflicto entre bajante y viga de atado

Además de los bajantes, se colocan también las arquetas, de forma que existen cuatro a pie de bajante. Tras su

colocación, se observa que la distancia entre ellas es superior a 15 m, por lo que habrá que colocar una arqueta registrable entre ellas.

Ajustando las pendientes de los colectores y las alturas de los conectores de las arquetas, se tiene el trazado definitivo de la red de evacuación de aguas pluviales.



Figura 72 – Red de evacuación de aguas pluviales

Al igual que con la estructura del edificio, también se debe de tener en cuenta que no exista conflicto entre las instalaciones ya modeladas anteriormente.



Figura 73 - Red de saneamiento separativa

8. INSTALACIÓN DE ABASTECIMIENTO

8.1. Introducción

En el presente apartado se dimensionará la red de suministro de agua del edificio, siguiendo el criterio del DB-HS4. Contará con redes de agua fría y agua caliente sanitarias.

De todas las instalaciones del edificio, la de abastecimiento de aguas es la más importante, debe estar proyectada para que desde cualquier punto que se requiera, disponga de la presión, caudal y pureza adecuadas, asegurando un servicio continuo, incluyendo por ello depósitos de reserva en la instalación.

Generalmente, la presión de la red pública no es suficiente para dar servicio a toda la instalación, por lo que se requerirá equipo de impulsión y bombeo. Es recomendable ubicar estos sofisticados sistemas en cuartos y recintos protegidos, siendo accesibles para llevar a cabo el mantenimiento o reparación de alguno de ellos.

Por último, siguiendo el CTE-DB-HE, no será necesario instalar sistemas de contribución solar para la producción de agua caliente sanitaria, debido a que el consumo de esta, no supera los 100 litros al día, calculados según el Anejo F de esta sección, donde estima un consumo de 2 l/día persona.^[12]

$$2\frac{l}{dia \cdot persona} \cdot 28 \ personas = 56 \ l < 100 \ l$$

Por lo tanto, no será necesario la instalación de placas solares para la producción de agua caliente sanitaria.

8.2. Descripción de la instalación

El trazado de la red de abastecimiento debe discurrir por lugares accesibles y registrables. Esta red está compuesta por la acometida, la instalación general que contiene al contador, las instalaciones particulares y las derivaciones colectivas.

El agua de la instalación debe cumplir lo establecido en la legislación vigente sobre el agua para el consumo humano. Normalmente, las compañías suministradoras facilitan los datos de caudal y presión servidas en el punto de acometida, sirviendo éste como base para el dimensionado de la instalación. En este caso, la empresa encargada es EMPROACSA, Empresa Municipal de Aguas de Córdoba.

A lo largo de la red se deben de disponer sistemas antirretorno, evitando la inversión del sentido del flujo. Se deberá disponer en cualquier punto que resulte necesario, generalmente después de los contadores y en la base de los ascendentes.

Este sistema consiste en unas válvulas conocidas como válvulas de retención o unidireccionales. Se utilizan además de para evitar la inversión del flujo, para conservar estable la presión de una tubería de servicio y dejar descargada la alimentación.



Figura 74 – Válvulas de retención.

Una de las ventajas de estas válvulas es que disponen de una resistencia al desgaste muy elevada, además de no necesitar ningún tipo de mantenimiento específico, únicamente se requiere utilizar un filtro de agua previamente para asegurar un correcto funcionamiento.



Figura 75 – Filtro de agua tipo Y

En la imagen anterior se observa un equipo común para el filtrado de sedimentos del agua, por medio de telas filtrantes de aproximadamente 25 micras, cuyo objetivo es evitar daños en la instalación.

A lo largo de la instalación, se deben disponer antirretornos combinados con grifos de vaciado de tal forma que sea posible vaciar cualquier tramo concreto de la red.

Las instalaciones de suministro de agua no podrán conectarse directamente a las instalaciones de evacuación ni a instalaciones de suministro de agua proveniente de otro origen que la red pública.

La instalación debe suministrar a los aparatos y equipos los caudales que marca el CTE, según la siguiente tabla.

Tipo de aparato	Caudal instantáneo míni- mo de agua fría [dm³/s]	Caudal instantáneo míni- mo 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 21 – Caudal instantáneo para cada tipo de aparato

Para grifos comunes, la presión mínima de suministro debe de ser 100 kPa, y en ningún punto de consumo se deben superar los 500 kPa. La temperatura de ACS en los puntos de consumo debe estar comprendida entre 50°C y 65°C.

La red de tuberías debe diseñarse de tal forma que sea accesible para su mantenimiento y reparación, debiendo estar a la vista o alojadas en huecos o patinillos, y en su defecto, disponer de arquetas o registros.

El esquema general de la instalación será del tipo red con contador único, es decir, estará compuesta por la acometida, la instalación general que contiene un armario o arqueta del contador general, un tubo de alimentación, un distribuidor principal y las derivaciones colectivas. Este es el diseño típico en redes que sirven a un único titular.



Figura 76 - Esquema general de la red

A continuación, se realiza una breve descripción de los elementos que componen la red de agua fría:

1. Acometida

La acometida deberá contar, al menos, con los siguientes elementos:

- Una llave o collarín de toma sobre la tubería de distribución de la red exterior de suministro público.
- Un tubo de acometida que enlace la llave de toma con la llave de corte general.
- Una llave de corte en el exterior de la propiedad.

2. Instalación general

La instalación general debe contener:

- Llave de corte general, situada dentro de la propiedad, en una zona de uso común, accesible y señalada. Se alojará dentro del armario junto al contador general. Consiste en una válvula de bola o esfera que corta la instalación exterior.
- Filtro general retenedor de residuos, encargado de evitar averías aguas abajo, se localiza antes del contador y tras la llave de corte general.
- Armario o arqueta del contador general. Contendrá en el siguiente orden: la llave de corte general, filtro de la instalación, el contador, llave, grifo de comprobación, válvula de retención y una llave de salida. Su instalación debe de realizarse en un plano paralelo al suelo.



Figura 77 – Armario del contador general

- Tubo de alimentación, debe de ser registrable, transcurre por zonas de uso común.
- Distribuidor principal, registrable y discurre por zonas de uso común, deben disponerse llaves de corte en todas las derivaciones, de forma que, en caso de avería no deba interrumpirse el suministro
- Ascendentes o montantes. Discurren por zonas de uso común. Deben de ser registrables y accesibles para su mantenimiento, deben disponer de válvula de retención en su base, una llave de corte y un grifo o tapón de vaciado. Finalmente, deben contar con dispositivos de purga automáticos o manuales en su parte superior.
 - 3. Derivaciones colectivas

Discurrirán por zonas comunes, su trazado se realizará de tal forma que las derivaciones a los cuartos húmedos sean independientes, cada una de estas derivaciones contará con una llave de corte, tanto para agua fría como para agua caliente. Contará además con ramales de enlace. Existirá una llave de corte individual en cada punto de consumo.

4. Sistemas de control y regulación de presión

Se entiende por grupo de presión al conjunto de depósitos y bombas necesarias para proporcionar una presión suficiente en todo el edificio,

La presión de acometida de red urbana puede ser suficiente para garantizar el suministro de la edificación, en tal caso el agua entra desde la acometida y da servicio a la instalación completa,

No obstante, ante una presión insuficiente, o cuando no exista una garantía de servicio constante de abastecimiento, se instala grupo de presión. Dicho grupo está diseñado para sobre elevar el suministro de agua a los diferentes puntos de consumo.

Para determinar si se requiere definitivamente grupo de presión, se realiza un predimensionado calculando la presión necesaria. En el caso de que la presión disponible en el punto de consumo más desfavorable sea inferior a la presión mínima exigida, es necesaria la instalación de un equipo de bombeo.

En el diseño de las instalaciones de agua caliente sanitaria deben aplicarse condiciones análogas a las anteriores. En este caso, hay que tener en cuenta las condiciones derivadas de la pérdida de energía por un aislamiento térmico deficiente o incompleto. Las dilataciones de los tubos, si están rígidos, producirán deformaciones constantes por fatiga del material, que, con el paso del tiempo, puede derivar en una fractura originando un salidero de agua por la presión interior. Por ello, se realiza una instalación de agua caliente completamente flotante, evitando los contactos con morteros u hormigones, montando los pasa-tabiques con un diámetro superior.

Es importante disponer de un aislamiento adecuado para las tuberías de agua caliente sanitaria ya que además de reducir las pérdidas energéticas, evitan el contacto directo. Para ello se utilizará aislamiento de coquilla de espuma de caucho sintético, material con una baja conductividad térmica, o lo que es lo mismo, un buen aislante.



Figura 78 – Tubería de cobre aislada con coquilla de caucho

8.3. Cálculo de la instalación.

8.3.1. Armario de la acometida.

Se realizará en una arqueta de 60 x 50 x 20 cm, que se situará en el acerado, la cual acometerá a la red general de agua. Estas dimensiones se obtienen de la tabla 21, teniendo como dato de partida el diámetro del tubo de alimentación, 20 mm.

Dimensionan				Diáme	tro nomi	nal del c	ontador	en mm			
Differisiones en			Armario					Cán	nara		
11111	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
Largo	600	600	900	900	1300	2100	2100	2200	2500	3000	3000
Ancho	500	500	500	500	600	700	700	800	800	800	800
Alto	200	200	300	300	500	700	700	800	900	1000	1000

Tabla 22 – Dimensiones del armario y de la arqueta para el contador general

Debido a problemas frecuentes en el suministro de agua en las zonas rurales, se tomará como presión en la acometida un valor estándar, 20 m.c.a. a una profundidad de 70 cm. Estos valores corresponden por ejemplo a la presión de suministro entregada por EMASESA^[13] en la ciudad de Sevilla.

La acometida se encuentra aproximadamente a 35 metros de la nave en dirección Este.



Figura 79 - Situación de la acometida

8.3.2. Cálculo del grupo de presión

En primer lugar, es necesario verificar la necesidad de instalar grupo de presión en la instalación de abastecimiento, o si por el contrario, es prescindible.

Para ello se comprueba la presión disponible en el punto de consumo más desfavorable supera los valores mínimos indicados anteriormente. Este predimensionado se realiza de la siguiente forma:

En primer lugar será necesario determinar la pérdida de presión del circuito sumando las pérdidas de presión totales de cada tramo. Las pérdidas de carga localizadas podrán estimarse en un 20 % de la producida sobre la longitud real del tramo. Para ello se utiliza la siguiente expresión:

$$P = \pm H + P_c + P_r + P_{cont} + P_{ACS}$$

Siendo:

H: altura a la que se suministra el agua del punto más desfavorable, en este caso corresponde a 5.2 m desde el nivel de la acometida.

P_c: pérdida de carga total

P_r: presión residual en el grifo, presión mínima que debe de tener el agua al llegar al punto de consumo, 100 kPa, su valor equivalente es 10 m.c.a.

P_{cont}: pérdida de carga generada por el contador, cuyo valor aproximado es 1 m.c.a.

P_{ACS}: pérdida generada por el equipo de producción de agua caliente sanitaria, cuyo valor es 5 m.c.a.

A continuación se calcula la pérdida de carga total, estimando las pérdidas puntuales provocadas por codos y accesorios como un 0.2 % de las lineales.

$$P_C = P_L + P_P = 1.2 \cdot P_L$$

 $P_L = \Delta p_L \cdot L = P$ érdidas de carga lineales

 $P_p = Pérdidas de carga puntuales$

La longitud máxima de tramo se estima en 40 metros lineales, únicamente queda hallar la pérdida de carga unitaria Δp_L por medio de la siguiente fórmula.

$$\Delta p_L = F \cdot v^{1.75} \cdot d^{-1.25}$$

Donde:

 Δp_L : Pérdida de presión unitaria

F: Rugosidad según Flamant

Material	F (Rugosidad)
Acero galvanizado nuevo	0.000700
Acero galvanizado en uso	0.000920
Cobre	0.000560
PVC	0.000540
Acero negro	0.000740

Tabla 23 –	Va	lores de	la rugosidad	según e	l material
------------	----	----------	--------------	---------	------------

d: Diámetro interior del tubo, en metros.

v: Velocidad media del agua, m/s.

$$\Delta p_L = 0.000560 \cdot 2^{1.75} \cdot 0.02^{-1.25} = 0.25 \ m. \ c. \ a./m$$

Una vez obtenida la pérdida de carga unitaria, se pueden calcular las pérdidas de carga lineales multiplicando por la longitud total, estimada en 50 metros.

$$P_L = \Delta p_L \cdot L = 0.25 \cdot 50 = 12.5 \ m. c. a.$$

Del mismo modo, las pérdidas de carga totales:

$$P_c = P_L + P_P = 1.2 \cdot P_L = 1.2 \cdot 10 = 15 \text{ m. c. a.}$$

Finalmente, incluyendo los datos iniciales como la altura de suministro y las pérdidas de carga generadas por el contador y el equipo de producción de agua caliente sanitaria, se obtiene:

$$P = 5 + 15 + 10 + 1 + 5 = 36 m. c. a.$$

Como queda demostrado, se requiere una presión superior a la disponible en el punto de acometida, por lo que será necesario disponer de equipo de bombeo.

Se instala, por tanto, un grupo de presión convencional, el cual contendrá un depósito auxiliar de alimentación, un equipo de bombeo, compuesto como mínimo de dos bombas de iguales prestaciones cuyo funcionamiento es alterno, montadas en paralelo y conectadas a un depósito de presión con membrana utilizado para la puesta en marcha y parada automática del equipo.

A continuación, se dimensionarán los componentes del equipo de bombeo:

1. Depósito auxiliar de alimentación

También conocido como depósito acumulador o partidor, se dispone para que las bombas de elevación no trabajen nunca en vacío y para acumular agua a presión atmosférica a modo de reserva, equivalente a 15-20 min de consumo simultáneo.

El volumen del depósito, por lo tanto, se calculará en función del tiempo previsto de utilización, por medio de la siguiente expresión:

$$V = Q \cdot T \cdot 60$$

Siendo:

V: Volumen del depósito (l)

Q: Caudal máximo simultáneo (dm³/s)

T: Tiempo estimado de suministro, generalmente de 15 a 20 minutos.

Existen diferentes técnicas para calcular el caudal máximo simultáneo, en este caso se aplicará el métodos francés, una de las más comunes.

Para ello en primer lugar, se calcula el caudal máximo de todo el edificio, utilizando los valores de la tabla del CTE-DB, sección HS4, correspondiente al Suministro de Agua, caudal mínimo para cada aparato.

Considerando independientes la zona de oficinas y de almacén, puesto que sus actividades lo son, se calculará el máximo caudal simultáneo para la zona de mayor demanda, es decir la de oficinas.

Aparato	Caudal mínimo AFS (l/S)	N.º aparatos	Total (l/s)
Inodoro	0.10	6	0.60
Lavabo	0.10	6	0.60
Ducha	0.20	2	0.40
			1.60

Tabla 24 - Cálculo del caudal simultáneo

Sumando todos los aparatos, se tiene un caudal máximo instantáneo de 1.6 l/s. A continuación, hay que incluir el coeficiente de simultaneidad obtenido de la siguiente expresión:^[14]

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

Siendo:

K_v: Coeficiente de simultaneidad, cuyo valor es adimensional

n: Número de aparatos en la zona, en este caso 14.

$$K_V = \frac{1}{\sqrt{14 - 1}} = 0.277$$

Para 14 aparatos sanitarios considerados, se obtiene un coeficiente de simultaneidad de 0.277. A continuación, se puede llevar a cabo el cálculo del máximo caudal simultáneo.

$$Q = 0.277 \cdot 1.6 \, l/s = 0.443 \, l/s$$

Con estos valores se tienen todos los datos necesarios para dimensionar el depósito auxiliar, obteniendo lo siguiente:

$$V = 0.443 \cdot 15 \cdot 60 = 398.70 \, l$$

Se requiere un depósito auxiliar de 400 l, debido a que generalmente son prefabricados, el contenido va en función del modelo. Por lo tanto el valor de cálculo es orientativo.

2. Equipo de bombeo

Tras el depósito acumulador se encuentra el equipo de bombeo, dicha unidad se compone generalmente de dos o de 4 bombas, en función de las demandas del edificio. Estas succionan el agua del depósito auxiliar de alimentación y la impulsan con la presión necesaria hacia la red interior.

Las bombas funcionan de forma alterna, y su potencia dependerá de dos factores, por un lado del caudal del edificio y por otro de la presión que se deba suministrar a dicho caudal.

Para seleccionar la bomba adecuada, es necesario conocer la potencia requerida. Para ello se hace uso de la siguiente expresión:

$$P(CV) = \frac{Q_C \cdot H_m}{75 \cdot \eta}$$

Donde:

Q_C: Caudal de cálculo, estimado anteriormente en 0.443 l/s

H_m: Altura manométrica, corresponde a la presión necesaria más un margen diferencial. En este caso no será considerado dicho margen ya que el cálculo realizado correspondiente a la presión se ha realizado de forma muy conservadora, de lo contrario, se sobredimensionaría en exceso el equipo. Se tomarán los 36 m.c.a. calculados anteriormente.

 Π : Rendimiento de la bomba. Los valores suelen estar comprendidos en torno al 70 %.

$$P(CV) = \frac{0.443 \cdot 33}{75 \cdot 0.7} = 0.3038 \, CV = 226.544 \, W$$

El número de bombas a instalar dependerá del caudal simultáneo de la instalación, a este caudal también se le denomina caudal de cálculo. En este caso al tratarse de una pequeña instalación, se utilizarán dos bombas. Su funcionamiento es generalmente alterno, quedando una de ellas en reserva.

Otro valor para tener en cuenta es la presión de arranque que debe vencer el equipo de bombeo, para ello se aplica la siguiente ecuación

$$P_b = H_a + H_g + P_c + P_r$$

Donde:

P_b: Presión de arranque

H_a: Altura geométrica de aspiración, distancia vertical existente entre el eje de la bomba y el nivel inferior del agua. En este caso, se trata de un valor negativo, puesto que el nivel del agua de alimentación del depósito queda 0.5 metros por encima del eje de la bomba.

Hg: Altura geométrica, distancia vertical entre el eje de la bomba y el punto de servicio más elevado, 4.50 m.

P_c: Pérdida de carga del circuito, producida por el rozamiento del fluido con la tubería y las pérdidas localizadas en llaves, contadores y cruces. Como se calculó anteriormente, 15 m.c.a.

Pr: Presión residual en el grifo, presión mínima que debe tener el agua al llegar al punto de consumo. En grifos

convencionales se toma el valor de 100 kPa, lo que equivale a 10 m.c.a.

$$P_b = -0.5 + 4.50 + 15 + 10 = 29 m. c. a.$$

Se requiere una presión aproximada de 29 m.c.a. para realizar el arranque de la bomba, el equipo encargado de mantener este valor es el depósito de presión:

3. Depósito de presión

El depósito de presión permite acumular agua presurizada, de forma que se permita el consumo instantáneo de agua sin necesidad de que el equipo de bombeo funcione permanentemente. Su ubicación en el sistema se encuentra inmediatamente después de este equipo.

Las bombas impulsan el agua con presión hacia el depósito mediante el siguiente proceso:

El ciclo comienza cuando se abre un grifo cualquiera, el depósito de presión comienza a vaciarse, de manera que la presión disminuye hasta que se alcanza la presión de arranque del equipo de bombeo. En ese momento, las bombas comienzan a introducir agua a presión en el depósito, de manera que se encuentre apto en todo momento para dar servicio a los diferentes consumos.

El equipo de bombeo proporciona el agua con la presión de servicio, pudiendo alcanzar altos valores. Por ello se acumula en una unidad preparada para ello, generalmente de acero galvanizado.



Figura 80 – Depósito de presión

El volumen del depósito de presión, considerando un margen diferencial de 10 m.c.a. entre presiones de parada y arranque, se calcula mediante la siguiente expresión.

$$V_d = 3 \cdot Q \cdot (P_b + 10)$$

Siendo Q el caudal de cálculo y Pb la presión de arranque:

$$V_d = 3 \cdot 0.443 \cdot (29 + 10) = 51.831 l$$

Se requiere por lo tanto de un depósito de presión de al menos 50 litros de volumen.

Por último, al grupo de presión se le instala un Bypass, es decir, una tubería que conecta directamente la entrada de agua al grupo de presión con la salida de este. El objetivo consiste en suministrar agua a la instalación con la presión de la red siempre que esta sea suficiente. De esta forma las bombas quedan en desuso hasta que se requiera una presión superior a la disponible en la acometida, entrando inmediatamente en funcionamiento. Generalmente el Bypass dispone de una válvula de corte, con objeto de poder cortar el suministro por esta tubería. También debe instalarse una válvula de retención para evitar que el agua de salida del depósito de presión, superior a la de la acometida, retorne aguas debajo de la instalación



Figura 81 – Esquema del Bypass

8.3.3. Cálculo de las tuberías de distribución

Una vez caracterizado el grupo de presión, se realiza el dimensionado de los diámetros de las tuberías de distribución.

Se calculará de forma que la velocidad del fluido quede comprendida entre 0.5 y 2 m/s, es decir, a una velocidad suficiente para evitar obstrucciones, pero no excesiva, de manera que se eviten velocidades que afecten al confort de los generando ruidos excesivos.

En este apartado se dimensionará desde el tubo general de alimentación hasta las derivaciones a cada local húmedo, siguiendo las pautas descritas anteriormente.

Para calcular el diámetro de cada tramo de tubería será necesario utilizar el caudal de cálculo obtenido en la ecuación que sigue:

$$Q_C = K \cdot Q_i$$

Donde:

Qc: Caudal de cálculo o simultáneo

Qi: Caudal total

K: Coeficiente de simultaneidad obtenido de la expresión anterior

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

n: Número de aparatos

Se dimensionarán a continuación las distribuciones a cada uno de los aseos, como se mencionó anteriormente, existen tres tipos de aseos, A, B y C, ubicados tanto en planta baja como en planta primera.



Figura 82 - Aseos tipo

El caudal total de cada aseo se obtiene sumando los caudales correspondientes de la tabla adjunta a continuación.

	5	1 1
Aparato	Caudal mínimo AFS (l/S)	Caudal mínimo ACS (l/s)
Inodoro	0.10	-
Lavabo	0.10	0.065
Ducha	0.20	0.10

Tabla 25 - Caudal mínimo AFS y ACS por aparato

En primer lugar, se hallará el caudal de cálculo de la tubería de distribución del aseo tipo A.

Agua fría sanitaria	Agua caliente sanitaria
n=2	n = 1
K = 1	K = 1
$Q_i = 0.2 l/s$	$Q_i = 0.065 \ l/s$
$Q_c = 0.2 \ l/s$	$Q_c = 0.065 \ l/s$

Tabla 26 – Distribuc	ción Aseo	tipo A
----------------------	-----------	--------

Se realiza de forma idéntica el cálculo para la distribución del aseo tipo B, al contener los mismos aparatos sanitarios que el anterior, se obtendrán los mismos resultados.

Agua fría sanitaria	Agua caliente sanitaria
n = 2	n = 1
K = 1	K = 1
$Q_i = 0.2 l/s$	$Q_i = 0.065 \ l/s$
$Q_c = 0.2 l/s$	$Q_c = 0.065 \ l/s$

Tabla 27 – Distribución Aseo tipo B

Finalmente, se realiza el mismo procedimiento para el aseo tipo C.

Agua fría sanitaria	Agua caliente sanitaria
n = 3	n = 2
K = 0.7	K = 1
$Q_i = 0.4 l/s$	$Q_i = 0.165 l/s$
$Q_c = 0.28 l/s$	$Q_c = 0.165 \ l/s$

Tabla 28 - Distribución Aseo tipo C

Una vez obtenidos los caudales simultáneos correspondientes a cada derivación se sigue el mismo método para hallar el caudal de cálculo del tubo general de alimentación. Para ello normalmente se toman los valores correspondientes al agua fría sanitaria.

A continuación, se dimensionan los diámetros mínimos de acuerdo con la siguiente expresión:

$$Q = v \cdot \pi \cdot \frac{\phi_i^2}{4000}$$

Donde:

Q: Caudal (l/s)

- V: Velocidad del fluido (2 m/s)
- Ø_i: Diámetro interior de la tubería (mm)

Independientemente del caudal instantáneo y su diámetro correspondiente obtenido, el CTE establece un diámetro mínimo para las derivaciones a cada local húmedo, según la siguiente tabla.

Tramo considerado		Diámetro nominal del tubo de alimentación		
		Acero	Cobre o plástico (mm)	
Alimentación a cuarto húmedo privado: baño, aseo, cocina.		3⁄4	20	
Alimentación a derivación particular: vivienda, aparta- mento, local comercial		3/4	20	
Columna (montante o descendente)		3/4	20	
Distribuidor principal		1	25	
Alimentación equipos de climatización	< 50 kW	1/2	12	
	50 - 250 kW	3/4	20	
	250 - 500 kW	1	25	
	> 500 kW	1 1⁄4	32	

Tabla 29 – Diámetros mínimos de alimentación

A continuación, se instalará el mayor diámetro entre el calculado y el mínimo exigido por el CTE. Para la red de agua fría sanitaria:

Distribución	Q _C (1/s)	Ø Calculado (mm)	Ø Instalado (mm)
Aseo tipo A	0.2	11.283	20
Aseo tipo B	0.2	11.283	20
Aseo tipo C	0.28	13.351	20
Conjunto Aseos P0	0.328	14.450	20
Conjunto Aseos P1	0.328	14.450	20
Total AFS	0.448	16.888	20

Tabla 30 - Alimentación AFS

De forma análoga con la alimentación de agua caliente sanitaria:

Distribución	Q _C (1/s)	Ø Calculado (mm)	Ø Instalado (mm)
Aseo tipo A	0.065	6.433	20
Aseo tipo B	0.065	6.433	20
Aseo tipo C	0.165	10.249	20
Conjunto Aseos P0	0.171	10.434	20
Conjunto Aseos P1	0.171	10.434	20
Total ACS	0.223	11.915	20

Tabla 31 – Alimentación ACS

Finalmente, para el tubo general de alimentación se toman los mismos valores que la alimentación obtenida de AFS, ya que la mayoría de los aparatos, por características de diseño, no pueden demandar todo el caudal de agua fría y caliente simultáneamente.

Tabla 32 – Alimentación general

Distribución	Q _C (1/s)	Ø Calculado (mm)	Ø Instalado (mm)
Tubo general alimentación	0.448	16.888	20

Como queda demostrado, atendiendo a las consideraciones del CTE, la instalación de abastecimiento queda considerablemente sobredimensionada.

8.4. Instalación de abastecimiento en Revit

La instalación de abastecimiento en Revit es una de las más completas dentro de Revit MEP, ya que además de la gran variedad de accesorios y complementos que trae por defecto, permite realizar cálculos lógicos, y en función de éstos, dimensionar la red.

En primer lugar, se requiere, al igual que en la instalación de saneamiento, configurar las familias de los aparatos sanitarios, adaptando los flujos demandados a los mínimos exigidos, en España corresponde al DB-HS4 del CTE. Para llevar a cabo la instalación, se pueden tomar como base elementos de la biblioteca de Revit, o descargar modelos reales de fabricantes. Al igual que en la instalación de saneamiento, se opta por la segunda opción, ya que algunos de estos aparatos pertenecen a ambas instalaciones, como por ejemplo el inodoro. También se añadirán nuevos elementos como el grifo del lavabo o el de la ducha.

En base a estos caudales mínimos, se personalizan las familias de los aparatos sanitarios MEP, asignando los valores correspondientes y configurando el flujo de los conectores como predefinido. Del mismo modo, se le asigna la pérdida de carga, en este caso se le asigna la presión necesaria a la salida del grifo, siendo ésta de 100 kPa.

R Elemento conector (1)		A Editar tipo
Configuración de fluio	Predefinido	
Dirección de fluio	Entrante	^ ^ ^
Método de pérdida	Pérdida específi	ca
Permitir ajustes de pen		
Clasificación de sistema	Agua caliente sa	nitaria
Mecánico - Flujo	^	\$
Unidades de aparatos	0.000000	
Flujo	0.065 L/s	
Pérdida de carga	100.00000 kPa	~
Ayuda de propiedades		Aplicar

Figura 83 – Asignación de caudales según CTE

Una vez definidos los caudales demandados por cada aparato sanitario, se procede al ajuste de unidades, en este caso, el flujo viene dado en l/s y la presión en Pa. Debido a que el cálculo previo de la instalación se utilizó la medida metros de columna de agua, será conveniente trabajar en Revit en kPa. Revit no incluye entre sus unidades Bares ni Metros Columna de Agua.

Como cualquier otro sistema, debe tener al menos un equipo, es decir un elemento que proporcione servicio a los aparatos encargados de consumirlo. En esta instalación aparecen dos sistemas bien diferenciados, el de agua fría sanitaria y agua caliente sanitaria. Ambos sistemas irán colgados siguiendo las recomendaciones del CTE, evitando problemas relacionados con dilataciones térmicas. A continuación, se trazan las redes de AFS y ACS por separado.

8.4.1. Sistema de Agua Fría Sanitaria

Este Sistema recorre todo el circuito, desde el equipo, la acometida en este caso, hasta cada uno de los aparatos sanitarios que demandan agua fría, es decir todos. A lo largo de este Sistema, aparecen elementos complejos como son los calentadores de agua caliente, o los equipos del grupo de presión.

Nuevamente, hay que realizar una búsqueda de equipos válidos para la instalación. En el caso del depósito auxiliar de alimentación, se toma uno del fabricante Rotoplas, cuyo volumen es de 1.000 litros. Su tamaño será modificado al igual que sus propiedades, de modo que se obtenga uno de 400 litros similar al necesario.

En la siguiente imagen se aprecia como algunos fabricantes se dedican a crear sus productos en formato digital, teniendo estos una gran similitud con el modelo real. Sin embargo, la mayoría de ellos no realizan productos complejos que contengan conectores y puedan ser utilizados en una instalación MEP. Por ello es el usuario el que debe de realizar esta tarea, generando los conectores de entrada y salida a partir del modelo del fabricante.



Figura 84 – Tanque alimentación auxiliar

Como se verá a continuación, al incluir dos conectores, el depósito funciona como equipo al igual que la acometida, esto será un problema a la hora de realizar cálculos, ya que por cada sistema sólo puede existir un equipo, de lo contrario no existirá esta opción. Por lo tanto, se genera un sistema diferente, de idénticas propiedades al de agua fría, pero se denominará "Grupo de presión", se le modificará la visibilidad adquiriendo este un tono rosado.

Del mismo modo que el tanque de alimentación, se realiza una búsqueda de equipos de bombeo, de depósitos de presión y de una unidad para calentar el agua.

En el caso de las bombas, se busca una bomba en línea de la potencia calculada en apartados anteriores, 210 W o valores aproximados. Los valores de potencia son parámetros modificables al igual que el resto, sin embargo, conviene seleccionar equipos de una potencia similar a la necesaria para obtener una instalación lo más parecida a la real, en cuanto a consumos, dimensiones, caudales, etc. Por ello se selecciona la bomba ALME 500, obtenida de la página web BIMOBJECT.

Para el depósito de presión, se escoge uno de la biblioteca de Revit. A éste se le añade la información necesaria a sus conectores y por último, se adecuarán las dimensiones para ser un depósito de presión de 50 l.



Figura 85 – Equipo de bombeo y depósito de presión

Existen diferentes métodos para calentar el agua, en este caso se opta por utilizar termos eléctricos instantáneos sin acumulación por los siguientes motivos:

- Como se verá a continuación en el trazado de la red, al no superar la longitud de 15 metros desde el punto de salida de agua caliente hasta el punto más alejado de consumo, no es necesario instalar retorno de agua caliente.

- Al ser una pequeña instalación, con una baja demanda esperada de ACS, carece de sentido instalar un depósito acumulador de agua caliente que suponga un gasto continuo de energía. Siendo por tanto más eficiente instalar un sistema de calentamiento instantáneo. A largo plazo, supondrá un ahorro considerable.
- Finalmente, al existir actividades completamente independientes en el recinto, se opta por dividir la producción de agua caliente sanitaria utilizando dos termos independientes, uno ubicado en la planta inferior, encargado de abastecer a esta planta en la que se incluyen almacenes, zona de venta y sus correspondientes aseos, y otro en planta superior, el cual abastecerá a toda la zona de oficinas y aseos de dicha planta. Además de lo anterior, ante una demanda superior a la esperada, consultando diferentes fabricantes, podría ser insuficiente la utilización de un único termo, por lo que finalmente se opta por colocar dos de ellos.

Los termos eléctricos instantáneos se utilizan para caudales comprendidos entre 3.5 y 13 litros minuto, o lo que es lo mismo, entre 0.058 y 0.216 l/s. En este caso se tiene una demanda estimada de 0.223 l/s, superando ligeramente el límite superior, por lo que se opta por colocar dos de ellos. El caudal de cálculo de cada uno de ellos se reduce ahora, resultando 0.171 l/s, un valor más común dentro de los diferentes fabricantes.

Por comodidad, se escoge un termo eléctrico instantáneo de la biblioteca de Revit, al que se le adaptarán sus propiedades (caudal, consumo, dimensiones, etc.) según diferentes modelos consultados. En este caso se tratará de un modelo del fabricante SIEMENS correspondiente a la serie DH.^[15]



Figura 86 - Edición termo eléctrico instantáneo, biblioteca de Revit

Por último se instala la toma de agua correspondiente a la acometida. En este caso Revit cuenta con conectores de tubería que hacen la función de toma de agua. Adaptando sus conectores a la presión estimada en la acometida. Configurando el flujo como calculado, según demande la instalación, se tiene definido el punto inicial de toda la instalación de abastecimiento

Los conectores en Revit se configuran de manera compleja, un único conector de salida puede servir a varios de entrada generando un único sistema, y viceversa. Sin embargo, no se pueden intercalar entre ellos, evitando de esta manera que se puedan generar sistemas complejos. En este caso, el sistema principal de agua fría estará compuesto de un equipo, la toma de agua, y del resto de aparatos a los que sirve, es decir, todos los aparatos sanitarios, incluidos el depósito auxiliar de alimentación y los termos eléctricos. Estos últimos elementos formarán parte de dos sistemas diferentes. En el caso del depósito, será aparato en el sistema principal de agua fría y será el equipo, en el sistema del grupo de presión. Del mismo modo, los calentadores de agua funcionan como aparato en el sistema general de agua fría, y como equipo en el sistema de agua caliente, ya que es el encargado de suministrar agua a temperatura elevada al resto de los equipos. En el siguiente esquema se observa cómo funciona un sistema en Revit.



Figura 87 – Esquema de funcionamiento de los sistemas en Revit

Como se observa, una red compleja estará formada por varios sistemas, ya que no pueden formar parte del mismo sistema conectores de entrada y salida de forma alterna. Dicho de otro modo, un sistema sólo puede contener un único equipo. Esta división supone una ventaja a la hora de esquematizar y detallar con claridad las partes de una instalación o sistema, teniendo datos específicos de cada uno de ellos. En contraposición, esto es una clara desventaja a la hora de realizar cálculos, ya que no se pueden ejecutar análisis de sistemas diferentes. En este caso, cuando la red de abastecimiento quede definida, se podrá realizar un cálculo estimativo de la presión requerida en los puntos de abastecimiento, sin tener en cuenta elementos clave como el grupo de presión o el calentador de agua. Es decir, un análisis del Sistema 1, Agua Fría Sanitaria y de todos los elementos que lo componen.

Los elementos que pertenecen a dos sistemas diferentes, como el caso del depósito (Agua fría sanitaria, Grupo presión) o el de los calentadores de agua (Agua fría sanitaria, Agua caliente sanitaria) adquirirán un color negro. Las bombas, actualmente de tono anaranjado, perderán este color cuando se conecten más adelante a un sistema eléctrico.



Figura 88 - Grupo de presión

Una vez instalados las diferentes unidades de la instalación, se procede al trazado y diseño del circuito. Esta tarea puede realizarse forma manual, automática o híbrida. La opción más lógica es esta última, ya que de esta forma se realiza una instalación con las características deseadas, de forma rápida y sencilla.

En esta red se ha realizado un diseño automático de las derivaciones individuales de cada aseo por separado, indicando a que altura se desea que se realice la unión entre los diferentes tramos de tubería. Para ello se utilizarán dos alturas diferentes, 2.600 mm desde el nivel del suelo para la instalación de agua fría, y 2.800 para la instalación de agua caliente. De este modo ambas irán colgadas con un margen de 20 cm entre ambas para evitar pérdidas térmicas.

A continuación, de forma manual se trazan las diferentes uniones entre las derivaciones de cada aseo hasta la toma de alimentación, incluyendo dentro del trazado los equipos del grupo de presión y los termos eléctricos. Revit generará los sistemas automáticamente atendiendo a cada tipo de unión entre aparatos.

Se realiza parte del trazado de forma manual para agrupar las derivaciones de forma correcta, de tal manera que posteriormente sea posible colocar llaves de paso correctamente. Estas llaves, en caso de avería, tendrán la capacidad de cerrar un único aseo, una planta entera, o los elementos que sean necesarios, sin tener que cortar la instalación completa. Del mismo modo, también sirve para poder vaciar algunos tramos concretos de la instalación.

Se puede comprobar que Revit no utiliza coeficientes de simultaneidad, por lo tanto, por cada tubería circula el flujo total en el caso de que todos los aparatos estuviesen demandando caudal, cosa que sobredimensionará la instalación como se verá más adelante.

Para verificar que toda la instalación de agua fría carece de errores de conexión y se ha realizado de forma correcta, basta con seleccionar una de las primeras tuberías y comprobar que el flujo que circula por ella corresponde al total del agua fría y agua caliente demandados por los aparatos sanitarios. El sistema de agua fría sanitaria sirve al sistema de agua caliente por medio de los termos eléctricos, los cuales demandan el caudal de agua caliente total.

Propiedades		х
Tipos de tul Estándar	bería	•
Tuberías (1)	🗸 🔐 Editar t	ipo
Mecánico - Flujo	\$	^
Flujo adicional	0.00 L/s	
Flujo	2.19 L/s	
Número de Reynolds	87206.886420	
Aspereza relativa	0.000089	
Estado de flujo	Turbulento	
Factor de fricción	0.018949	
Velocidad	3.44 m/s	
Fricción	3920.3104 Pa/m	
Pérdida de carga	76241.27 Pa	
Unidades de aparatos	0.000000	

Figura 89 – Características mecánicas de un tramo de tubería

Comprobando el agua total demandada por los aparatos, según la siguiente tabla:

Aparato sanitario	Caudal Unitario AF (l/s)	Caudal Unitario AC (l/s)	N.º ejemplares	Total (l/s)
Lavabo	0.10	0.065	6	0.99
Inodoro	0.10	-	6	0.6
Ducha	0.20	0.10	2	0.6
				2.19

Tabla 33 – Caudal total de agua en la instalación.

En efecto, el flujo coincide siendo en ambos casos 2.19 l/s, de modo que la red de agua fría, a priori, parece estar bien trazada. Sin embargo, para realizar un análisis más detallado, se puede hacer uso de la herramienta "Inspector de sistemas", obteniendo datos de cada tramo de tubería.



Figura 90 - Inspector de sistemas en AFS

Desplazando el cursor a lo largo de cualquier tubería, aparecerá una ventana indicando el flujo o las unidades de aparato que por ella circulan. Además, marca en color rojo las tuberías en las que se produce la mayor pérdida de carga, por si se quieren revisar nuevamente y realizar alguna modificación.

A continuación, se describe cómo se pueden ajustar los diámetros de las tuberías automáticamente, esto es una opción muy útil ya que realiza un predimensionado de forma rápida, dando una aproximación de las tuberías a instalar.

Este ajuste se puede realizar en función de los parámetros de velocidad y fricción. Para llevar a cabo este dimensionado, se selecciona una serie de tuberías continuas o un sistema completo. Esto es posible dentro de la pestaña Análisis > Cambio de tamaño de conducto/tubería.
ſ	RevitInstal - Vista 3D: Fontanería 3D - Abastecimiento 🕠 Escriba palabra clave o frase 🕅 🏠 🏠 🔔 Iniciar sesión 🔹 🐷 🕐 🛨 🖊												
r	Masa y emp	lazamiento	Colabo	rar Vista G	iestionar Co	mplement	tos Ensca	ре™ Мо	dificar Tub	erías Sist	temas de tuberías		Ŧ
	🗢 💀 🔩	♀ • 💣 ∡ • ☴		B		_	`]			<u>0</u>]			
	븨 칇 ✖	N	×* -		Diseño a fabricación	Editar	Desfasar	Separaci	Aislamie	Análisis			
		Vista	Medir	Crear	Fabricación	-	•	-	-	-			
										- 			
eı	nto 🗙 📑 Nir	vel Sub	🕞 F	ontanería 3D	😚 View 1					Inspector	de Cambio de tamaño de	-	F
										sistema	conducto/tubería	^	•
											Análisis		
											ROMAT DESCR		
											Sugar	- Bar	

Figura 91 - Pestaña "Análisis" dentro de la interfaz de usuario de Revit

A continuación, se muestran las distintas opciones para dimensionar la tubería

Cambio de tamaño de tub	ería	×	
Método de cambio de tama	ño		5
Velocidad \sim	2.0 m/s		
● Sólo O Y	00		
Fricción:	245.17 Pa/m		
Restricciones Tamaño de ramificación:			3
Mayor entre tamaño con	ector o calculado \sim	æ	
Restringir tamaño:	200.0 mm ~		≥ €B
Aceptar Ca	ncelar Ayuda		

Figura 92 - Modificación del diámetro de la tubería.

En este caso, se limita la velocidad del fluido a 2 m/s, por motivos de confort. Revit a continuación cambiará el tamaño de todas las tuberías seleccionadas consiguiendo que la velocidad del flujo a través de ellas tenga un valor cercano al marcado, pero sin rebasarlo. Además, permite incluir un diámetro mínimo para evitar dimensiones poco frecuentes o para cumplir exigencias mínimas de normativa, como en el caso que se estudia, en el que el CTE marca un diámetro mínimo para cualquier tramo de la red de 20 cm.

Pulsando el botón aceptar, automáticamente se redimensionará la red de tuberías. Como se comentó anteriormente, Revit no utiliza coeficientes de simultaneidad, hecho que sobredimensiona de forma considerable la instalación. Por ello los valores de las tuberías ubicados aguas debajo de la instalación, es decir las derivaciones individuales de los aparatos, sí adquieren valores más lógicos que las tuberías de alimentación principales.

Para obtener unas dimensiones más cercanas a la realidad se pueden relajar las limitaciones de velocidad. Sin embargo, una vez obtenido los caudales de cálculo en apartados anteriores y dimensionando los tramos de tubería en función de estos, resulta más conveniente cambiar los diámetros de las tuberías de forma manual, ya que se trata de una pequeña instalación.

Una vez finalizado el ajuste, se tiene la red de agua fría definida, a continuación, se procede a finalizar la instalación de abastecimiento con el trazado de la red de agua caliente.

8.4.2. Sistema de Agua Caliente Sanitaria ACS

El trazado de la red de agua caliente es más sencillo y conlleva menos tiempo que el anterior, ya que todos los aparatos y equipos se encuentran ya instalados, y la mayoría de sus conectores configurados.

En este caso se traza la red de tuberías desde el a termo eléctrico correspondiente, hasta cada aparato servido por este. En primer lugar, se realiza un trazado automático de las derivaciones individuales hasta el nivel del techo, indicando la altura a la que se realizan las conexiones entre los diferentes tramos de tubería, en este caso, 2.600 mm desde el nivel del suelo. Tras pequeños ajustes, se realiza el trazado que une estas derivaciones con el termo eléctrico, configurando este último como equipo del sistema.

Por último, se comprueba que los diámetros cumplen la normativa del CTE y la velocidad no supera los valores establecidos haciendo uso del inspector de sistemas.

8.4.3. Informes de pérdida de presión tuberías

Antes de realizar cálculos, conviene describir que método utiliza Revit para ello. En este caso Revit utiliza por defecto la Ecuación de Colebrook adjunta a continuación, sin embargo, también cuenta en su galería con la ecuación de Halaand. Se ha realizado el cálculo con la primera de ellas por tener conocimiento previo, sin embargo, ambas son igualmente válidas.

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

Donde:

- v: Velocidad media
- ε: Aspereza absoluta

D: Diámetro interior

Re: Número de Reynolds

Si se han realizado ambos sistemas correctamente, se podrá generar un informe de pérdida de presión de tuberías, generando un documento HTML en el que se pueden incluir factores como el flujo, diámetro, factor de fricción, velocidad, número de Reynolds, presión de velocidad, ruta crítica y muchos otros en una tabla resumen. Este análisis puede servir como última comprobación analizando que todos los valores son coherentes.

En definitiva, pese a que la disciplina de Fontanería MEP de Revit está muy avanzada hoy en día, no es definitiva para abordar el cálculo de una instalación más compleja, actualmente está más enfocado a volcar la información obtenida de otros programas y representarlos con una calidad superior al resto.

Los cálculos que se pueden obtener son sencillos ya que sólo se puede analizar un sistema en concreto, y una instalación está normalmente compuesta por varios de ellos. Sin embargo, Revit es una herramienta complementaria ideal al diseño de una instalación cualquiera, ya que además de representar a la perfección, sirve para realizar un predimensionado rápido o una comprobación final.

En este caso, se podría haber utilizado para comprobar la presión requerida en el punto más desfavorable de la instalación, observando que es menor que la presión disponible en la acometida, por lo que se requiere un grupo de presión, o por ejemplo como verificación final, comprobando que ningún elemento de la instalación supone una pérdida de carga excesiva y por lo tanto inaceptable.

Se adjunta un anejo correspondiente a estos cálculos al final de este documento.

9.

INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN

9.1. Introducción

En esta sección se describirán y justificarán técnicamente los elementos seleccionados para lograr una climatización y ventilación eficaz de la nave, tanto de la zona de almacenes como la de oficinas. La finalidad de las instalaciones térmicas es mantener unas condiciones ambientales controladas en el interior del recinto.

El Código Técnico de la Edificación en su sección HS3 – Calidad del aire interior se aplica en los edificios de viviendas, y en el interior de estas, los almacenes de residuos, los trasteros, los aparcamientos y garajes. Por lo tanto, no se aplica en este apartado.

Por el contrario, el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, comúnmente conocido como RITE, establece las exigencias de eficiencia energética y seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas en los edificios para atender la demanda de bienestar e higiene de las personas en cualquier tipo de edificio, incluidos edificios de uso industrial. Se consideran Instalaciones Térmicas las instalaciones fijas de climatización (ventilación, calefacción y refrigeración).^[16]

El RITE se aplicará a las instalaciones térmicas de los edificios de nueva construcción y en las reformas de las edificaciones existentes.

Las finalidades de esta instalación son las siguientes:

- Renovación del aire, sustituir un aire sucio o viciado por uno limpio.
- Favorecer el movimiento del aire, por un lado, refrigerar o refrescar en verano, y por otro, disminuir el riesgo de condensaciones.
- Controlar en todo momento la temperatura del interior del recinto, adaptándola a las necesidades de los usuarios.

Estas instalaciones son fundamentales en cualquier edificio, priorizándolas por encima de otras ya que como se menciona en apartados anteriores, la salubridad de los recintos está por encima de todo.

Existen diferentes formas de llevarlas a cabo, se puede optar por colocar un único sistema centralizado que al mismo tiempo que climatice, también ventile según las exigencias mínimas. Sin embargo, por facilidad de diseño, por ahorro económico, y por comodidad de operación, se realizan estas instalaciones por separado.

Por un lado, la zona de almacenes estará ventilada, pero no climatizada, según las exigencias del Reglamento de Instalaciones Térmicas. Para ello se utilizará un sistema de ventilación natural como son los aireadores estáticos. Se profundiza en ellos en el apartado correspondiente.

Por otro lado, la zona de oficinas y venta al público se encontrará ventilada y climatizada. Para la climatización, al ser recintos separados e independientes se utilizarán equipos Split, los cuales pueden operar indistintamente según sea la demanda de cada uno de ellos. La ventilación se solucionará por medio de una red de difusores conectados a un recuperador de calor. Estos equipos pueden regular su caudal de funcionamiento adaptándose a las exigencias de cada habitación.

Pese a no ser exigido el recuperador de calor, se instala ya que compensa económica y térmicamente. Se

dispone un intercambiador de calor de flujo cruzado con bypass en la instalación, de modo que aumenta de modo considerable la eficiencia energética de la misma.

En apartados posteriores se profundizará en cada una de las instalaciones térmicas del edificio.

9.2. Instalación de climatización.

La nave dispondrá de climatización en las zonas de ocupación frecuente, esto son la zona de oficinas y la zona de recepción y venta al público. Para ello se utilizará un sistema Split ubicados en el falso techo, independientes entre ellos. Las unidades exteriores se ubicarán en la fachada lateral oeste del edificio, ya que por motivos estéticos no se sitúan en la fachada norte principal, en principio más cercana y accesible.

Se ha seleccionado un sistema Split por las ventajas que dispone:

- El compresor se encuentra separado de la unidad interior, por lo que la emisión acústica es prácticamente nula en el interior del recinto.
- La mayor parte de estos equipos cuentan con la tecnología "Inverter", un sistema capaz de regular el funcionamiento del compresor de los equipos de forma que trabaje a velocidades más constantes, evitando de este modo paradas y arranques continuos. Esto supone ahorros de energía cercanos al 40% en comparación con equipos que no disponen de esta tecnología.
- También pueden ser utilizados como bomba de calor, por lo que además de refrigerar, pueden ser utilizados en invierno, siguiendo el ciclo inverso para calentar la zona.

Como principal desventaja se puede destacar su instalación, ya que la colocación de dos unidades separadas requiere la instalación de tuberías y cableado eléctrico, y como es lógico, la dificultad aumenta a medida que se separen estas dos unidades.

9.2.1. Cálculo de la instalación de climatización.

Dimensionar esta instalación supone seleccionar el número de equipos con la potencia frigorífica necesaria para climatizar la estancia. Para conocer la potencia frigorífica necesaria se han de conocer las cargas térmicas del edificio y del recinto de análisis. Existen diferentes formas de calcular o hacer una estimación de las cargas térmicas, en este caso se utilizará un método sencillo siguiendo el Manual de Aire Acondicionado de Carrier^[17], uno de los principales fabricantes de unidades de climatización.

Debido a la ubicación de la nave, y el clima de la zona, se dimensionará para demanda energética de frío.

Existen dos tipos de cargas térmicas, las cargas sensibles y las cargas latentes:

- Cargas sensibles: Son las cargas debidas a la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior y a la radiación térmica.
- Cargas latentes: Cargas originadas por la aportación de humedad al aire.

Las cargas sensibles son las que provocarán un cambio de la temperatura en el recinto, las más relevantes para tener en cuenta para el cálculo son las siguientes:

- 1. Transmisión a través de cerramientos opacos
- 2. Transmisión a través de cerramientos traslúcidos
- 3. Radiación solar
- 4. Ventilación/infiltración de aire
- 5. Ocupación del local

6. Iluminación

7. Maquinaria

A continuación se analizará cada una de ellas.

1. Cargas por transmisión a través de cerramientos opacos:

La carga térmica por transmisión a través de elementos opacos se calcula según la siguiente expresión:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

Donde:

Q: Carga térmica por transmisión (W)

U: Transmitancia térmica del muro (W/m^{2.o}C), se estima a continuación

A: Superficie del muro expuesta a la diferencia de temperaturas (m²),

 Δ T: Diferencia de temperatura entre el interior y el exterior (°C) se toma como temperatura exterior 38°C y 25°C como temperatura interior.

Para obtener un valor real de la transmitancia térmica se comprueba el CTE-DB-HE, correspondiente al ahorro de energía. Se obtiene que Córdoba pertenece a zona B4, correspondiéndole una transmitancia térmica de 0.82 W/m²·K, y por lo tanto una resistencia térmica de 1.22 m²·K/W.

Por medio de la siguiente ecuación se obtiene un valor orientativo del espesor de aislante necesario, cuyo material en este caso será poliestireno.

$$\frac{0.16 - x}{1.60} + \frac{x}{0.035} \ge 1.22$$

Donde el primer término corresponde a la resistencia térmica mostrada por el hormigón y la segunda al material aislante, poliestireno, dejando como incógnita el valor que tendrá esta capa intermedia.

 $x \geq 0.04007 \, m$



Figura 93 - Ejemplares de aislante de poliestireno expandido

Se requiere por tanto un espesor de material aislante de 5 cm. A continuación, se comprueba que el valor de la transmitancia U térmica es el deseado.

$$R = R_{Hormig\acute{o}n} + R_{Aislante} = \frac{0.12}{1.60} + \frac{0.05}{0.035} = 1.503$$

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{1.503} = 0.665 \frac{W}{m^{2} \, {}^{\circ} C}$$

Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla

Zona	U (W/m ^{2.} °C)	A (m ²)	ΔT (°C)	Q (W)
PB. At. Al cliente	0.665	5.6 · 2.30	15	128.478
P1. Oficinas	0.665	6.4 · 2.30	15	146.832
P1. Sala Reuniones	0.665	15.90 · 2.30	15	364.786
Total				640.096 W

Tabla 34 – Carga térmica sensible por transmisión a través de cerramientos opacos

2. Cargas por transmisión a través de cerramientos translúcidos

Se consideran cerramientos traslúcidos las claraboyas, lucernarios y ventanas. En este proyecto aparecen ventanas de aluminio.



Figura 94 - Ventana de aluminio

Del mismo modo que en el caso anterior de los cerramientos opacos:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

En esta ocasión, el valor de la transmitancia U toma valores superiores. Las ventanas convencionales de aluminio tienen un valor de resistencia térmica en torno a 0.25 y 0.30 m²·K/W, lo que supone una transmitancia de 3.5 W/m^2 ·K.

Zona	U (W/m ^{2.} °C)	A (m ²)	ΔT (°C)	Q (W)
PB. At. Al cliente	3.50	1.00 · 2.20	15	115.50
P1. Oficinas	3.50	1.00 · 2.20	15	115.50
P1. Sala Reuniones	3.50	$1.00 \cdot 2.20 \cdot 2$	15	231.00
Total				462.00

Tabla 35 - Cargas térmicas sensibles por transmisión a través de cerramientos translúcidos

3. Cargas térmicas por radiación solar

La radiación atraviesa algunos elementos e incide sobre las superficies interiores de los locales, aumentando la temperatura del ambiente interior. Estas cargas se obtienen de la siguiente forma:

$$Q = A \cdot R \cdot f$$

Donde:

Q: Superficie traslúcida expuesta a la radiación (W)

A: Superficie traslúcida expuesta a la radiación en m²

R: Radiación solar que atraviesa un vidrio sencillo, este valor se encuentra tabulado para cada latitud. En el caso de Cabra es de 37 °, para una orientación Noreste, le corresponde un valor máximo de 437 W/m² en el mes de junio.

Tabla 36 – Radiación solar en función de latitud, orientación y tiempo

	Mes	Orientación										
Latitud Norte		N	NE	E	SE	S	SO	0	NO	Horiz.		
			Máximas aportaciones solares R (W / m2)									
	Junio	63	437	506	283	66	283	506	437	786		
	Julio y Mayo	50	412	515	314	94	314	515	412	774		
	Agosto y Abril	34	339	519	405	197	405	519	339	739		
30°	Sept.y Marzo	28	283	496	478	329	478	496	283	666		
	Oct. y Febrero	24	122	425	513	456	513	425	122	563		
	Nov. y Enero	22	50	364	509	500	509	364	50	456		
	Diciembre	19	37	329	509	513	509	329	37	412		
	Junio	53	418	509	349	169	349	509	418	745		
	Julio y Mayo	46	399	515	393	217	393	515	399	732		
	Agosto y Abril	34	320	509	458	320	459	509	320	673		
40°	Sept.y Marzo	28	182	469	509	440	509	469	182	575		
	Oct. y Febrero	22	109	383	513	509	513	383	109	405		
	Nov. y Enero	15	37	314	491	522	491	314	37	324		
	Diciembre	15	31	270	465	519	465	270	31	267		

f: Factor de corrección, tipo de vidrio, sombras, etc. En este caso se aplicará un valor de 0.7, correspondiente a las sombras generadas por las cortinas o cualquier elemento similar.

	-	-		
Zona	A (m ²)	R (W/m ²)	f	Q (W)
PB. At. Al cliente	1.00 · 2.20	437	0.7	672.98
P1. Oficinas	1.00 · 2.20	437	0.7	672.98
P1. Sala Reuniones	1.00 · 2.20 · 2	437	0.7	1345.96
Total				2691.92

Tabla 37 - Cargas térmicas sensibles por radiación solar

4. Carga sensible por ventilación

Carga térmica originada por la circulación o la infiltración de aire exterior, se determina de la siguiente manera:

$$Q = \dot{V} \cdot 0.34 \cdot \Delta T$$

Donde:

Q: Carga térmica sensible por ventilación o infiltración (W)

 \dot{V} : Caudal de aire infiltrado o de ventilación (m³/h), este cálculo se encuentra realizado en el apartado correspondiente al dimensionado de la instalación de ventilación.

0.34: Calor específico del aire en base al volumen (Wh/m³ °C)

 ΔT : Diferencia de temperatura entre el ambiente interior y exterior

	-			
Zona	$\dot{V}(m^{3}/h)$	C _e (Wh/m ³ °C)	ΔΤ	Q (W)
PB. At. Al cliente	315	0.34	15	1606.50
P1. Oficinas	$0.4 \cdot 450^2$	0.34	15	918
P1. Sala Reuniones	0.6.450	0.34	15	1377
Total				3901.50

Tabla 38 - Cargas térmicas sensibles por ventilación

5. Carga sensible por ocupación del local

Esta carga se determina multiplicando una valoración del calor sensible emitido por cada persona, teniendo en cuenta el número de ocupantes previsto por el local.

$$Q = G \cdot N$$

² El caudal de aire de ventilación corresponde al total de la planta de oficinas, debido a que se instalarán aparatos independientes, se calculan las cargas térmicas por separado. Se estima esta proporción entre la zona de reuniones y la zona de trabajo de oficina en función de la superficie de ambas.

Donde:

G: Grado de actividad por ocupante, valor obtenido de la tabla adjunta a continuación:

	Temperatura seca del local								
Crada da astividad	26°C W		24°C W		21°C W				
Grado de actividad									
	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente			
Sentados, en reposo	61	41	67	35	75	27			
Sentados, trabajo muy ligero	63	53	70	46	79	37			
Empleado de oficina	63	68	71	60	82	49			
De pie, marcha lenta	63	68	71	60	82	49			
Sentado, de pie	64	82	74	72	85	61			
Sentado, restaurante	71	90	82	79	94	67			
Trabajo ligero en banco de taller	72	147	86	133	107	113			
Baile o danza	80	168	95	153	117	131			
Marcha, 5 km/h	96	196	111	181	135	158			
Trabajo penoso	142	282	153	270	176	247			

Tabla 39 - Calor sensible por ocupante según el tipo de trabajo

N: Número de ocupantes del recinto.

e e		· ·	
Zona	Ν	G	Q (W)
PB. At. Al cliente	7	64	448
P1. Oficinas	0.4.10	63	252
P1. Sala Reuniones	0.6.10	63	378
Total			1078

Tabla 40 – Cargas térmicas sensibles por ocupación

6. Carga sensible por la iluminación del local.

Generalmente se considera que la potencia íntegra de la lámpara se transforma en calor sensible, para lámparas de descarga se incrementa el valor aproximadamente en un 25%. En este caso, se utiliza la ecuación aplicable a lámparas incandescentes o LED:

$$Q = Pot(w)$$

Donde:

Q: Carga térmica por iluminación (W)

Pot: Potencia de las lámparas, en este caso se toma el valor obtenido del estudio lumínico realizado con el software Dialux, desarrollado en apartados siguientes.

Zona	Pot (W)	Q (W)
PB. At. Al cliente	145.60	145.60
P1. Oficinas	327.60	327.60
P1. Sala Reuniones	436.80	436.80
Total		910

Tabla 41 - Cargas térmicas sensibles por iluminación del local

7. Carga sensible generada por maquinaria presente en el local

Las maquinaria presente al igual que las luminarias, generan unas cargas térmicas debido a su uso. Se considerará que las pérdidas de la máquina se transformarán íntegramente en calor sensible.

$$Q = (1 - \eta) \cdot Pot(W)$$

Donde:

Q: Carga térmica sensible generada por la maquinaria.

η: Rendimiento de la máquina, en el caso de dispositivos electrónicos se considera 0.

En las zonas de estudio, no se dispone de maquinaria pesada, únicamente contarán con los equipos electrónicos básicos de una oficina, como ordenadores, pantallas, fotocopiadoras, impresoras, etc. Todos estos equipos tienen una potencia de consumo muy baja, se realiza una estimación a continuación:

Ordenador completo Impresora/Escáner Fotocopiadora Proyector Zona Total (200W) (150 W) (900 W) (400W) PB. At. Al cliente 1 1 1 1250 W 0 P1. Oficinas 2 1 1 0 1450 W 1 0 0 P1. Sala reuniones 1 600 W

Tabla 42 - Estimación de la potencia consumida por cada habituación

Una vez prevista la potencia según la zona, se procede al cálculo de las cargas térmicas generadas:

Zona	Pot (W)	η	Q (W)
PB. At. Al cliente	1250	0	1250
P1. Oficinas	1450	0	1450
P1. Sala Reuniones	600	0	600
Total			3300

Tabla 43 - Cargas térmicas sensibles por maquinaria del local

Una vez obtenidas las cargas sensibles, se procede al cálculo de las cargas latentes. Las cargas latentes son las que provocan un cambio de estado del aire, al contrario que las sensibles, no provocan un cambio de temperatura, siendo las siguientes:

1. Carga latente por ventilación o infiltración de aire exterior

$$Q = \dot{V} \cdot 0.63 \cdot \Delta w$$

Donde:

Q: Carga térmica latente por ventilación o infiltración (W)

V: Caudal de aire infiltrado o de ventilación (m³/h)

0.63: Producto de la densidad estándar del aire (1,2 kg/m³) por el calor latente de vaporización del agua (0.52 Wh/g)

 Δ w: Diferencia de humedad absoluta entre el ambiente interior y el exterior. Su valor depende de parámetros como la humedad relativa, temperatura y presión. Su cálculo se realiza mediante una hoja de cálculo tomando los siguientes valores.

Tabla 44 - Cálculo de la humedad absoluta de los ambientes interior y exterior

	Humedad relativa (%)	Temperatura (°C)	Presión (hPa)	Humedad absoluta (kg/m ³)	Humedad absoluta (g/kg)
Exterior	55	38	1015	0.025	20.408
Interior	50	25	1020	0.0115	9.387

Con los datos obtenidos se calculan las cargas latentes por infiltración en cada zona

	8	1		
Zona	<i>V</i> (m ³ /h)	$\rho \cdot C_e$ (kg·w·h/m ³ ·g)	Δw (g/kg)	Q (W)
PB. At. Al cliente	315	0.63	11.021	2187.117
P1. Oficinas	0.4.450	0.63	11.021	1271.214
P1. Sala Reuniones	0.6.450	0.63	11.021	1874.672
Total				5333.003

Tabla 45 – Cargas térmicas latentes por ventilación

2. Calor latente por ocupación del local

Esta carga se determina mediante el producto de una valoración del calor latente emitido por persona según el tipo de trabajo y el número de ocupantes previstos. Este valor se obtiene por medio de la tabla utilizada para el cálculo de las cargas sensibles generadas por los ocupantes.

	Temperatura seca del local							
	26	°C	24°C		21°C			
Grado de actividad	w		w		w			
	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente		
Sentados, en reposo	61	41	67	35	75	27		
Sentados, trabajo muy ligero	63	53	70	46	79	37		
Empleado de oficina	63	68	71	60	82	49		
De pie, marcha lenta	63	68	71	60	82	49		
Sentado, de pie	64	82	74	72	85	61		
Sentado, restaurante	71	90	82	79	94	67		
Trabajo ligero en banco de taller	72	147	86	133	107	113		
Baile o danza	80	168	95	153	117	131		
Marcha, 5 km/h	96	196	111	181	135	158		
Trabajo penoso	142	282	153	270	176	247		

Tabla 46 - Calor latente por ocupante según tipo de trabajo

Esta carga se determina multiplicando una valoración del calor latente emitido por cada persona, teniendo en cuenta el número de ocupantes previsto por el local.

$$Q = G \cdot N$$

Donde:

G: Grado de actividad por ocupante, valor obtenido de la tabla anterior

N: Número de ocupantes del recinto.

Zona	N	G	Q (W)
PB. At. Al cliente	7	82	574
P1. Oficinas	0.4.10	68	272
P1. Sala Reuniones	0.6.10	68	408
Total			1254

Tabla 47 – Cargas térmicas latentes por ocupación del local

A continuación, se realiza una tabla resumen de las cargas de refrigeración necesarias para cada recinto climatizado del establecimiento industrial.

	Cerr. opacos	Cerr. translúc.	Rad. solar	Vent.	Ocup.	Ilum.	Maq.	Total
Cargas Sensibles	128.478	115.50	672.98	1606.50	448	145.60	1250	4367.058
Cargas latentes	-	-	-	2187.117	574	-	-	2761.117

Tabla 48 – Cargas térmicas en Pb. Atención al cliente (W)

Tabla 49 - Cargas térmicas en P1. Oficinas (W)

	Cerr. opacos	Cerr. translúc.	Rad. solar	Vent.	Ocup.	Ilum.	Maq.	Total
Cargas Sensibles	146.832	115.50	672.98	918	252	327.60	1450	3882.912
Cargas latentes	-	-	-	1271.214	272	-	-	1543.214

Tabla 50 – Cargas térmicas en P1. Sala de reuniones (W)

	Cerr. opacos	Cerr. translúc.	Rad. solar	Vent.	Ocup.	Ilum.	Maq.	Total
Cargas Sensibles	364.786	231	1345.96	1377	378	436.80	600	4733.546
Cargas latentes	-	-	-	1874.672	408	-	-	2282.672

Como queda demostrado, la carga sensible es superior a la latente en todos los recintos. Esto es lógico ya que no existe maquinaria pesada, y son locales destinados a tener una ocupación alta. En el caso de haber calculado estas cargas para una fábrica cualquiera, el valor de la carga latente hubiese sido superior, ya que existe un número elevado de equipos para un número menor de personas.

Por lo tanto, en este caso se tendrá en cuenta el valor de las cargas térmicas sensibles para buscar equipos con una potencia frigorífica igual o superior a la calculada para cada habitación. Hay que tener en cuenta que la potencia eléctrica consumida y la potencia frigorífica no son la misma, generalmente la eléctrica tiene un valor cercano a un tercio de la frigorífica.

Existen diferentes sistemas para llevar a cabo la climatización, en este caso, debido al pequeño tamaño de la instalación se opta por un sistema aire-aire, instalaciones comunes en pequeños comercios. Este tipo de sistemas se alojan en los falsos techos, conectados a difusores de aire y conductos, conectados con una unidad exterior mediante tuberías de cobre aisladas.

Estos sistemas de compresión se dividen en dos partes, por un lado, la unidad compresora, situada en el exterior, encargada de realizar el ciclo de compresión del gas refrigerante. Por otro lado, en el interior del recinto, se ubica la unidad evaporadora, por donde circula el gas refrigerante, sufriendo un nuevo cambio de estado.

Se instalarán aparatos de tipo Split, sistemas muy eficaces para climatizar superficies en climas muy calurosos.

Se seleccionan equipos del fabricante internacional TOSHIBA, concretamente de la serie CASSETE R32, con equipos de potencia frigorífica de refrigeración desde 2.5 hasta 12.5 kW. Los cuales se adaptan a las necesidades de los locales.

Para cumplir las demandas energéticas se selecciona el modelo de 5kW de potencia frigorífica para cada local, ya que el modelo inmediatamente inferior tiene una potencia frigorífica insuficiente de 2.5 kW.



Figura 95 - Equipo de aire acondicionado Toshiba Cassete Inverter de 5 kW

9.3. Instalación de ventilación.

La ventilación es un Sistema imprescindible a la hora de acondicionar el aire para los ocupantes, además de suponer un ahorro considerable de energía. Todos los locales de la nave deben de estar eficazmente ventilados, a continuación se especifican las soluciones escogidas para cada uno de ellos.

Se pretende garantizar unas condiciones mínimas de calidad del aire mediante su renovación, para ello hay que seguir el siguiente procedimiento:

- Determinar el caudal de ventilación
- Diseñar el sistema de ventilación, indicando si se trata de ventilación natural, mecánica o híbrida
- Dimensionar los elementos del sistema elegido: aberturas, bocas, conductos, aspiradores, ventiladores, ventanas, etc.

9.3.1. Cálculo de la instalación de ventilación.

Se considerará satisfecha la exigencia de calidad térmica del ambiente si los parámetros que definen el bienestar térmico como la temperatura seca y operativa del aire, humedad relativa, temperatura radiante media del recinto, velocidad media del aire, e intensidad de la turbulencia se mantienen dentro de los valores establecidos en la zona ocupada.

Las condiciones de diseño de la temperatura operativa y la humedad relativa se fijarán en base a la actividad metabólica de las personas

Para personas con actividad metabólica sedentaria de 1.2 met, los valores de la temperatura operativa y de la humedad relativa estarán comprendidos entre los límites indicados en la tabla siguiente.

Estación	Temperatura operativa (°C)	Humedad relativa
Verano	2325	4560
Invierno	2123	4550

Tabla 51 – Condiciones interiores de diseño

A continuación se estima el caudal mínimo de aire exterior de ventilación, necesario para alcanzar las categorías de aire interior que se indican de acuerdo con alguno de los métodos existentes.

La calidad de aire interior se precisa en función del uso del edificio o local.

- IDA 1: Aire de óptima calidad, necesario en hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías.
- IDA 2: Aire de buena calidad, utilizado en oficinas, residencias, salas de lectura, museos, salas tribunales, piscinas, aulas de enseñanza y asimilables.
- IDA 3: Aire de calidad media, empleado en edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles y similares, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales para el deporte y salas de ordenadores
- IDA 4: Aire de calidad baja, edificios con usos distintos a los mencionados.

Se considera IDA-2 el aire de los locales de oficinas, la zona de almacén se considera IDA-3. Dependiendo de si se considera ocupación o no, se aplicará un método diferente para determinar el caudal necesario de ventilación.

En el caso de la zona de almacenes, donde la ocupación no es permanente, se utiliza el método indirecto de

caudal de aire por unidad de superficie, utilizado específicamente para espacios no dedicados a ocupación humana permanente. Se aplican los siguientes valores:

Categoría	$dm^3/(s \cdot m^2)$
IDA 1	No aplicable
IDA 2	0.83
IDA 3	0.55
IDA 4	0.28

Tabla 52 - Caudales de aire exterior por unidad de superficie

Por el contrario, para la zona de oficinas se utilizará el método indirecto de caudal de aire exterior por persona, válido cuando las personas tengan una actividad metabólica en torno a 1,2 met, sea baja la producción de sustancias contaminantes por fuentes diferentes del ser humano y no esté permitido fumar.

Categoría	dm ³ /(s·persona)
IDA 1	20
IDA 2	12.5
IDA 3	8
IDA 4	5

Tabla 53 – Caudales de aire exterior por persona

Para el cálculo de la ventilación en locales independientes como lo aseos y cuartos de baño se realiza en función de otros parámetros, exigiendo un caudal mínimo de ventilación de 15 l/s por local.

Finalmente hay que caracterizar el aire exterior del recinto, ya que tiene una gran importancia a la hora de determinar los filtros necesarios, se clasifica según se indica en la siguiente tabla.

Tabla 54 - Calidad del aire interior

Categoría	Descripción
ODA-1	Aire puro que sólo puede ensuciarse temporalmente
ODA-2	Aire con altas concentraciones de partículas (sólidas y líquidas)
ODA-3	Aire con altas concentraciones de gases contaminantes
ODA-4	Aire con altas concentraciones de partículas y gases contaminantes
ODA-5	Aire con muy altas concentraciones de partículas y gases contaminantes

En este caso, al tratarse de una zona rural, la calidad del ambiente exterior se podría considerar entre ODA-1 y ODA-2, considerando finalmente este último para estar del lado de la seguridad.

La calidad del aire interior debe ser IDA-2 para las oficinas y una calidad IDA-3 para los almacenes, por lo tanto, se dispondrán de filtros adecuados según el RITE mediante la siguiente tabla para las aperturas exteriores.

Calidad del aire exterior	Calidad del aire interior					
	IDA-1	IDA-2	IDA-3	IDA-4		
ODA-1	F9	F8	F7	F6		
ODA-2	F8 / F9	F8	F7	F6		
ODA-3	F7 / F9	F6 / F8	F6 / F7	G4 / F6		

Tabla 55 – Clases de filtro

Esta consideración de clases de filtro se obtiene de la norma UNE-EN 779, se requiere un filtro F8 para zona de oficinas y un filtro F6 / F8 para las dependencias de los almacenes.

Por medio de los tres métodos citados anteriormente, se realiza la siguiente tabla, donde se recoge el caudal mínimo de aire en l/s por cada local.

Zona	Habitación	Ocupación	Superficie	Método cálculo	RITE	Total
		N.º personas	m2		1/s	l/s
	P0 Aseos	0	18,88	Por local	15 por local	45
А	P1 Aseos	0	18,88	Por local	15 por local	45
D	P0 Almacén	1	36,94	Por superf.	0,55 l∕s·m2	20,32
В	P0 Almacén piensos	1	24,24	Por superf.	0,55 l∕s·m2	13,33
	P0 Almacén fitos. 2	4	142,04	Por superf.	0,55 l/s·m2	78,12
С	P0 Auxiliar	0	47,96	Por superf.	0,55 l∕s·m2	26,38
	P0 Almacén abonos	5	196,37	Por superf.	0,55 l∕s·m2	108
	P0 At. al cliente	7	32,03	Por persona	12,5 l/s·persona	87,5
D	P1 Oficinas	10	95,19	Por persona	12,5 l/s·persona	125

Tabla 56 - Caudal mínimo de aire de ventilación por local

Como observa, la tabla anterior indica el método llevado a cabo para calcular el caudal mínimo de cada local. Además, se ha realizado una división por zonas, ya que en función de ésta, se llevará a cabo un tipo de ventilación u otro.

A continuación, se describe el sistema de ventilación seleccionado para cada zona:

1. Zona A. Aseos:

Para estas dependencias se dispondrán de extractores en línea, con boca de aspiración en falso techo del aseo y emboquillados a una rejilla que desemboca en la fachada este. Se instalará uno por cada planta del edificio, es decir, uno para cada conjunto de tres aseos ya que su caudal es variable entre 150 y 180 m³/h para el modelo seleccionado, TD-SILENT, del fabricante Soler y Palau.^[18]



Figura 96 - Boca de aspiración y extractor en línea TD-Silent 160

Esta estancia quedará en depresión respecto a la zona de oficinas, evitando de esta manera que se produzcan corrientes de aire inversas indeseables.

A continuación, se predimensionan los conductos de cada estancia, para ello se ha generado una hoja de cálculo en Excel, adjunta a continuación. Como dato de entrada se toma el caudal de aire que circula a través del conducto, limitando la velocidad a 6 m/s y realizando los cambios de unidades necesarios, entrega el diámetro calculado para esta velocidad, a continuación, se redondea, generalmente hasta la decena inmediatamente superior, para buscar un diámetro válido dentro de los catálogos de los fabricantes. Finalmente, para el diámetro instalado se calcula la velocidad a la que circula el aire para el caudal dado inicialmente.

Zona	Caudal (m ³ /h)	Área Conducto (m ²)	Ø Calculado (mm)	Ø Instalado (mm)	Veloc. final (m/s)
Aseo A	54	0.0025	56.42	60	5.31
Aseo B	54	0.0025	56.42	60	5.31
Aseo C	54	0.0025	56.42	60	5.31
Conducto Salida	162	0.0075	97.72	100	5.73

Tabla 57 - Cálculo de los conductos de ventilación de la zona A

2. Zona B. Almacenes.

La zona B corresponde a los almacenes de menor dimensión situados bajo el forjado, la extracción se realiza del mismo modo que los aseos, por medio de extractores en línea. Sin embargo, estos almacenes cuentan con unas aperturas al exterior que permiten la entrada de aire limpio tras realizar la aspiración.

La rejilla de entrada de aire exterior se situará en la parte inferior del local, deberá contar con una superficie suficiente que asegure la entrada de aire necesaria tras generar la depresión en el interior. Los difusores de aspiración se ubicarán en el falso techo en la zona alejada de la rejilla de entrada de aire exterior, de modo que se asegure una renovación eficaz del ambiente evitando puntos de estancamiento de aire viciado.



Figura 97 - Ventilación forzada de los almacenes de pequeña superficie

Los conductos tendrán las dimensiones según la siguiente tabla:

Zona	Caudal (m ³ /h)	Área Conducto (m ²)	Ø Calculado (mm)	Ø Instalado (mm)	Veloc. final (m/s)
P0. Almacén	73.141	0.0034	65.66	70	5.68
P0. Alm. Piensos	47.995	0.0022	53.19	60	5.51
P0. Conducto salida	121.136	0.0056	84.50	90	5.59

Tabla 58 – Cálculo de los conductos de ventilación de la zona B.

3. Zona C. Almacenes

La ventilación de los almacenes de mayor superficie se debe de llevar a cabo de la forma más económica posible, por ello se utiliza ventilación natural por medio de aireadores estáticos, una solución muy común debido a las numerosas ventajas que presentan.

- Renuevan eficazmente el aire viciado
- Evacúan el calor producido por la actividad industrial o radiación
- Eliminan condensaciones
- Regula la temperatura
- No contamina
- No consume energía
- No precisa mantenimiento

Como única precaución se deben instalar mallas, evitando que entren por la apertura pájaros, insectos, hojas o cualquier otro agente exterior.



Figura 98 - Batería de aireadores estáticos

El funcionamiento de los aireadores estáticos es sencillo, se basa en la energía térmica, piezométrica y en el viento exterior, se describe a continuación.

El aire menos denso asciende hacia cotas superiores, variando su velocidad en función del gradiente de temperaturas existente.

La diferencia de altura libre existente entre el punto superior e inferior en estos almacenes genera una diferencia de presión que favorece la ascensión del aire. Para ello es necesario que la superficie de entrada de aire limpio por la cota inferior sea, al menos, 1.5 veces superior que la superficie de salida del ventilador estático, o en su defecto, del conjunto de ventiladores instalados. Se instalan, por tanto, rejillas de lamas fijas en la parte inferior como se verá a continuación en los cálculos adjuntos.

Por último, el viento exterior también favorece la renovación del aire interior, generando una depresión en el ventilador situado en la cubierta, gracias a la forma de éste.



Figura 99 - Sección transversal de un ventilador estático

A continuación, se realiza el cálculo de los metros lineales de aireador estático que son necesarios para garantizar la calidad del aire interior de los almacenes de la zona C. En función de los metros lineales obtenidos se obtendrá la superficie necesaria para las rejillas de aire de entrada. Para llevar a cabo este cálculo estimativo se utilizará el manual del fabricante INCOPERFIL^[19], empresa especialista en este tipo de sistemas.

Es preciso conocer el caudal de aire necesario para cumplir las exigencias mínimas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. Teniendo en cuenta que se requiere una calidad de aire interior IDA 3 para los almacenes y la superficie a ventilar es de 400 m². El volumen total de aire es de 3.360 m³.

$$0.55 \frac{l}{s \cdot m^2} \times \frac{1 m^3}{1000 l} \times \frac{3600 s}{1 h} \times 400 m^2 = 792 m^3/h$$

$$792 \frac{m^3}{h} \times \frac{1 \text{ Renovación}}{3360 m^3} = 0.24 \text{ renovaciones/hora}$$

Teniendo en cuenta que los caudales exigidos por el RITE en la tabla anterior son para locales de 3 metros de altura máxima y los almacenes tienen una altura media aproximada de 8.5 m habrá que aumentar el caudal necesario de forma considerable. El RITE exige aumentar este valor como mínimo un 20 % si se supera la altura de 3 metros, en este caso, al triplicar este valor, se aumentará en una proporción similar, el caudal de aire de ventilación, pasando de las 0.24 ventilaciones/hora a 1 ventilación/hora.

$$1\frac{renovación}{hora} = 3360 \frac{m^3}{h}$$
$$3360\frac{m^3}{h} \cdot \frac{1 h}{60 \min} = 56 m^3/\min$$

A continuación, con el valor del flujo dado en m³/min, se busca en la siguiente tabla un ejemplar válido para este proyecto. Obteniendo en función de la diferencia de temperatura y la altura piezométrica el caudal de salida por metro lineal de ventilador.

Diferencia	Altura	G-250	G-500	G-915
temperatura	piezométrica (H) mt	Caudal de Salida m ³ /minu- to por ml/ de ventilador		
	6	13,30	26,20	53,60
	8	14,50	28,30	52,50
5°	10	16,80	33,10	63,70
	12	18,20	36,02	68,60
	6	18,00	35,40	66,80
	8	19,20	38,10	73,30
10°	10	21,60	42,90	84,60
	12	24,20	48,00	97,10
	6	21,80	43,10	85,90
	8	24,10	47,30	93,60
15°	10	26,20	51,90	101,20
	12	29.80	58,50	115.00

Tabla 59 - Caudal de salida por metro lineal de ventilador, según condiciones.

Para el caso más desfavorable, es decir, una diferencia de temperatura de 5°C y una altura piezométrica de 8 m, se obtiene un caudal de salida por metro lineal de ventilador de 14.50 m³/minuto para el modelo G-250.

A continuación, conocido el caudal de salida requerido, se obtiene el valor de los metros lineales de ventilador necesarios.

$$\frac{56 \, m^3 / min}{14.50 \, m^3 / min \cdot ml} = 3.86 \, ml$$

Se requieren, por tanto, 3.86 metros lineales de ventilador.

Teniendo en cuenta que el modelo G-250 se suministra en módulos de 2,3,4,5 y 6 m se opta por insertar 2 ejemplares de 2 metros cada uno, disponiendo así un total de 4 metros lineales de ventilador.

Cada ventilador tiene unas dimensiones unitarias de 2 metros de largo por 0.6 metros de ancho, es decir, una superficie de 1.2 m². Al disponer de 2 ejemplares:

$$1.2 \frac{m^2}{ventilador} \cdot 2 ventiladores = 2.4 m^2$$

Una vez caracterizado el ventilador estático, es necesario determinar la superficie necesaria para las rejillas de entrada de aire limpio, debiendo ser un 50% superior.

$$2.4 \ m^2 \cdot 1.5 = 3.6 \ m^2 \rightarrow 4 \ m^2$$

Se deberá instalar una serie de aperturas cuya superficie total sea de al menos 3.6 m^2 . Por comodidad se instalarán 4 rejillas de 1 m^2 , cuyas dimensiones serán 2 metros de largo, y 0.5 metros de altura, se ubicarán en paredes opuestas para facilitar el movimiento del aire.



Figura 100 - Esquema de funcionamiento de los ventiladores estáticos

4. Zona D, oficinas y área de venta

A diferencia de los locales anteriores, éstos se encuentran climatizados, hecho que ha de tenerse en cuenta a la hora de ventilar este recinto, ya que, de hacerlo de forma similar a los anteriores, supondría un desperdicio energético inasumible.

La solución consiste en instalar un intercambiador de calor de flujo cruzado, de forma que gran parte de la energía contenida en el flujo de salida sea aprovechada para atemperar el flujo exterior que se introduce en el local.



El RITE no exige la instalación de estos equipos para caudales de extracción menores a 0.5 m³/s, sin embargo, pese a no superar dicha cantidad, es recomendable instalarlos en este proyecto por diferentes factores. Uno de ellos es el económico, instalar un equipo de recuperación de calor supondrá lógicamente un mayor desembolso inicial que en el caso de no instalarlo, sin embargo, además de limitar la pérdida energética de forma eficiente, puede servir para climatizar en algunas ocasiones sin hacer uso de los equipos específicos para ello, gracias a un By-Pass, permitiendo que parte del aire extraído no pase a través del intercambiador, cuando se requiera enfriar o calentar el local directamente con la temperatura del aire exterior. En definitiva, en pocos años se recupera la inversión inicial realizada debido al aumento considerable de la eficiencia de la instalación.

Otro factor para tener en cuenta es el ambiental, con un intercambiador de calor el consumo de energía se reduce en gran medida, ya que su consumo es mínimo, y el ahorro que producen es más que significativo, siendo más respetuosos con el ecosistema.

Como se calculó anteriormente, la instalación cuenta con un caudal de entrada de aire 765 m³/h, para dejar la zona en sobrepresión, se debe de extraer un caudal de aire ligeramente inferior, en torno al 95 % del total introducido, por ello el caudal de salida será de 720 m³/h, de forma que se evite el retorno de aire proveniente de otras zonas.

Para generar esta circulación de aire, se deben generar depresiones y sobrepresiones en los conductos, garantizando las condiciones necesarias en los lugares de trabajo. Actualmente, existen recuperadores de calor que incluyen ventiladores en su interior, como el que se selecciona a continuación.

El recuperador de calor debe ser apto para el caudal estudiado, por ello se escoge el modelo CADB/-HE D 08 PRO-REG, con un caudal nominal de 800 m³/h especialmente recomendado para locales comerciales y oficinas.



Figura 101 - Recuperador de calor, CADB/T-HE-PRO-REG

El recuperador de calor, al igual que los conductos, irá alojado en el falso techo. Esta instalación requiere de espacio suficiente para ubicar todo el equipo de extracción, impulsión y recuperación a lo largo de los plenums de los locales.

Las dimensiones de los conductos se obtendrán del mismo modo que los anteriores, a través de la tabla generada en Excel, quedando de la siguiente manera:

Zona	Caudal (m ³ /h)	Área Conducto (m ²)	Ø Calculado (mm)	Ø Instalado (mm)	Veloc. final (m/s)
P0. Atención	315	0.0146	136.26	140	5.68
P1. Oficinas	450	0.0208	162.87	170	5.51
Conducto Gral.	765	0.0354	212.35	220	5.59

Tabla 60 - Cálculo de los conductos de ventilación de la zona D

9.4. Instalaciones térmicas en Revit

9.4.1. Introducción a las instalaciones térmicas en Revit

Se puede decir que, junto con la instalación de abastecimiento, las instalaciones térmicas son las disciplinas más desarrolladas en Revit-MEP, debido a la amplia variedad de herramientas que posee y las posibilidades que ofrecen.

Al igual que en las instalaciones de fontanería, se podrán realizar análisis de flujo de los sistemas o generar informes de la instalación. Revit incorpora por defecto una amplia biblioteca de familias de climatización y ventilación, siendo de gran utilidad en caso de no encontrar ejemplares BIM de fabricantes en la red.

Del mismo modo, en Revit se realizará el trazado de la instalación de climatización y de ventilación de forma independiente. Sin embargo los primeros pasos a realizar son con comunes.

Concretamente el primer paso a realizar es la definición de espacios, un espacio es el equivalente a una habitación pero en términos de Revit MEP se denomina con este nombre. Los espacios servirán para separar estancias y agruparlas en zonas, además de para realizar en ellos análisis de cargas.

Un espacio es una información sobre el área en la que se colca, almacena una serie de parámetros que afectan al análisis de cargas de un proyecto

Al contrario que las habitaciones, los espacios se generan a través de la pestaña analizar, es imprescindible comprobar si el vínculo de arquitectura tiene activa la función "delimitador de habitación", para que Revit reconozca los límites de cada espacio cuando se inserten.

Para que Revit entienda correctamente los espacios, es necesario también definir los plenums, agujeros, y huecos que normalmente no se tienen en cuenta en el diseño arquitectónico. Para ello se crean los niveles auxiliares que sean necesarios.



Figura 102 - Definición de espacios en Revit

En la imagen anterior, en la parte inferior izquierda se observan los planos de planta, se han creado dos que se corresponden con los niveles de los falsos techos de cada planta. Se han generado también los espacios, cuya información aparece en la parte superior izquierda.

Los espacios pueden agruparse en zonas, esto es útil cuando un equipo mantiene un entorno común, o diferentes espacios tengan requisitos comunes de diseño. Una zona puede contener espacios de niveles distintos, lo cual será útil en las condiciones de este proyecto.

Las zonas reúnen información de espacios, como por ejemplo temperaturas definidas de climatización y refrigeración, que, junto con las propiedades de espacio, se utilizan con un análisis de cargas de calefacción y refrigeración para determinar las demandas de energía de la construcción.

En este caso se generarán las zonas definidas anteriormente, clasificando de esta manera los espacios según sea su sistema de ventilación y climatización. Así pues, se dispone de una organización completa dentro del proyecto gracias al navegador de sistemas.

3 🕼

Figura 103 – Navegador de sistemas, zonas del edificio.

Revit trae de serie una zona denominada "Por defecto" la cual no se puede renombrar ni eliminar, en ella se agruparán los espacios no habitables, configurados como plenums, el resto de las zonas, se generan por el usuario, pudiendo ser nombradas convenientemente.

Revit permite realizar un análisis de cargas de climatización y refrigeración del modelo, como es lógico, para obtener una buena aproximación es necesario asimilar los elementos lo máximo posible a la realidad.

Es necesario, entre otros factores, indicar algunas propiedades de los espacios. En primer lugar, como se realizó anteriormente, hay que indicar si es un espacio ocupable o de plénum. En el caso de seleccionar plénum, Revit tiene ya toda la información necesaria para ese espacio.

Si por el contrario se marca el espacio como ocupable, aparecerán más opciones para personalizar el espacio, como por ejemplo el tipo de acondicionamiento, indicando si se encontrará ventilado, climatizado, con ventilación natural, o sin acondicionar.

También es necesario indicar el tipo de espacio, de manera que Revit tenga en cuenta la actividad llevada a cabo en ese recinto, de esta forma tendrá valores específicos del calor emitido por persona, contribución de la iluminación, densidad de carga, etc.

A modo de ejemplo se describen los pasos seguidos con el almacén 3, correspondiente al almacenamiento de fitosanitarios.

Se indica, en primer lugar, que el recinto es ocupable y a continuación, el tipo de acondicionamiento del espacio, en este caso dispone de ventilación natural.

Análisis energético	
Zona	Almacenes G
Plénum	
Ocupable	\checkmark
Tipo de acondicionamiento	Sólo con ventilación natural 🛛 🗸 🗸
Tipo de espacio	Calentado
Tipo de construcción	Enfriado
Personas	Calentado y enfriado
Cargas eléctricas	Sin acondicionar Ventilado
Ayuda de propiedades	Sólo con ventilación natural

Figura 104 - Categorización del edificio

Más adelante, es necesario indicar el tipo de espacio, en este caso, al tratarse de un almacén, se busca un tipo de espacio similar.

Se observa que existen diferentes opciones relativas a almacenes, sin embargo, se puede afinar más todavía y seleccionar uno de ellos, duplicarlo, y adaptar cualquier parámetro. En este caso, se ha escogido "Almacén activo" por mostrar más similitudes que el resto y se ha duplicado, creando un nuevo tipo de espacio denominado "Almacén agrícola".

A continuación, se adapta este espacio según las necesidades de este proyecto, por ejemplo cambiando el método de cálculo de aire exterior, por defecto, realizado por persona y área, en este caso, según el RITE, se realiza únicamente por superficie, para ello se le indica una cantidad nula al aire exterior requerido por persona. Finalmente, se le añade el valor especificado al aire exterior por área, en este caso $2.44 \text{ l/(s} \cdot \text{m}^2)$.

Configuración de tipo de espacio		? ×
Filtro: almacén		
<edificio></edificio>	Parámetro	Valor
Almacén activo Almacén activo - Hospital/Centro médico	Análisis energético	*
Almacén agrícola	Área por persona	33.333 m ²
Material fino - Almacén	Incremento de calor sensible por persona	73.27 W
Material voluminoso/medio - Almacén	Incremento de calor latente por persona	58.61 W
Museo y galeria - Almacén - Museo y galeria - Almacén Zonas comunes de oficina - Almacén inactivo	Densidad de carga de iluminación	8.61 W/m ²
Zonas contanes de orienta - Ainacen inacavo	Densidad de carga de potencia	3.23 W/m ²
	Contribución de iluminación de plénum	20.0000%
	Tabla de planificación de ocupación	Ocupación de almacén - 7 AM a 4 PM
	Tabla de planificación de iluminación	lluminación de almacén - 7 AM a 4 PM
	Tabla de planificación de potencia	lluminación de almacén - 7 AM a 4 PM
	Aire exterior por persona	0.0000 m³/h
	Aire exterior por área	2.44 L/(s·m²)
	Renovaciones de aire por hora	0.000000
	Método de aire exterior	por personas y por área

Figura 105 - Configuración de tipo de espacio

Esta última acción se realiza con el resto de los espacios, modificando los parámetros que sean necesarios para obtener con modelo con calidad de información.

Por último, hay que indicar, a rasgos generales, como es la construcción del edificio, de manera que Revit pueda hacer una estimación más precisa en el análisis de cargas térmicas. Estos datos se introducen dentro de las opciones avanzadas de configuración de energía. Es necesario indicar el sistema de climatización del edificio y los materiales principales, indicando los aspectos principales como la tipología de los muros, el tipo de cubierta, etc. En la imagen siguiente se observan las opciones disponibles.

Modelo de masa	Construcciones		
Muro exterior de masa	Construcción ligera – Aislamiento típico de clima templado		
Muro interior de masa	Construcción ligera – Sin aislamiento		
Muro exterior de masa - Subterráneo	Construcción pesada – Aislamiento típico de clima templado		
Cubierta de masa	Aislamiento típico - Cubierta fría		
Suelo de masa	Construcción ligera – Sin aislamiento		
Losa de masa	Construcción pesada – Sin aislamiento		
Cristalera de masa	Cristal doble incoloro – Sin recubrimiento		
Objeto de masa para claraboya	Cristal doble incoloro – Sin recubrimiento		
Sombreado de masa	Sombreado básico		
Hueco de masa	Aire		

Figura 106 - Tipos conceptuales del equipo

Esto son los pasos para seguir dentro del archivo de instalaciones, sin embargo, para realizarlo de forma

correcta, habrá que insertar los materiales utilizados para la construcción correctamente en el modelo de arquitectura.

En este caso, es necesario modificar los paneles de hormigón prefabricado de los cerramientos, creando en su interior una capa aislante de poliestireno expandido.

Edita	ir montaje					\times
Fan Tipe Gro Res Mas	nilia: o: isor total: sistencia (R): sa térmica:	Muro básico hormigon 16 cm 0.1600 1.3268 (m²·K)/V 17.01 kJ/K	Altura V	a de muestra:	6.0000	
C	apas	CAR	A EXTERIOR			
Γ	Función	Material	Grosor	Envolventes	Material estructural	
1	Contorno del	Capas de env	0.0000			
2	2 Estructura [1]	Hormigón	0.0600			
3	3 Capa térmica/	Poliestireno	0.0400			
4	4 Estructura [1]	Hormigón	0.0600			
	5 Contorno del	Capas de env	0.0000			

Figura 107 - Edición de las capas y parámetros térmicos del muro

En este caso se observa que con un grosor de aislante de 4 cm se alcanza la resistencia mínima exigida en la zona cuyo valor es de $1.22 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}$.



Figura 108 – Visualización de las capas del muro.

En la anterior imagen se observa cómo quedan definitivamente las capas del panel de hormigón prefabricado

La cubierta también debe de ser modificada añadiéndole el aislante térmico, esta será de panel sándwich con aislante de poliuretano de 3 cm de espesor, ofreciendo una resistencia térmica de 0.9375 ($m^2 \cdot K$)/W



Figura 109 - Aislamiento de la cubierta

Los materiales utilizados no vienen cargados por defecto en la plantilla de instalaciones utilizada, sin embargo, es posible crear nuevos materiales y aplicarle características de los existentes en la biblioteca de Revit, donde existe una amplia variedad de opciones entre las que se encuentran el polietileno expandido y el poliuretano.

Una vez realizadas estas modificaciones hay que comprobar que también se ha indicado la ubicación del edificio, ya que Revit tiene en cuenta entre muchas otras cosas, el clima de la zona, las horas de sol, etc. En este caso se realizó al comienzo del proyecto por lo que no habrá que realizar de nuevo esta acción.

Con todos los pasos anteriores realizados, se puede realizar un análisis de cargas del edificio, para ello se selecciona la pestaña Analizar > Cargas de calefacción y refrigeración. A continuación, se desplegará la ventana siguiente:



Figura 110 - Configuración del análisis de cargas del edificio

Es importante mantener activa la opción "usar créditos de carga", ya que en este caso se tienen en cuenta la transferencia de cargas térmicas de unas zonas a otras, teniendo una aproximación más cercana a la realidad.

Se debe verificar que los datos son correctos, y que finalmente, en la pestaña "detalles", no aparezca ningún

error para realizar un cálculo correcto. Los fallos más habituales son algunos solapamientos de espacios o espacios incorrectamente delimitados.

General Detailes	
 ● Espacios ○ Superficies analíticas ○ Modelo de construcción ○ Por defecto ○ Amacenes G ○ Amacenes P ○ Aseos P1 ○ Aseos PB ○ Oficinas 	

Figura 111 – Comprobación de errores del análisis energético

En el caso de existir algún fallo o incoherencia, la pestaña de advertencia situada en el lateral derecho de la imagen estaría activa. Una vez comprobado, se procede a realizar el cálculo de las cargas térmicas.

Una vez realizadas todas las comprobaciones previas, pulsando el botón calcular, Revit generará el informe de cargas térmicas de calefacción y refrigeración. De este análisis se obtendrán los valores necesarios para dimensionar las instalaciones de climatización y ventilación de manera relativamente sencilla.

En este análisis aparecerán aspectos interesantes para tener en cuenta como por ejemplo, los porcentajes de contribución de los diferentes elementos a las cargas térmicas, pudiendo comprobar al instante si hay algún elemento que no es viable, por ejemplo una cantidad excesiva de ventanas, aislamiento de muro insuficiente, etc.

Commenter	Refrigeración		Calefacción	Calefacción		
componentes	Cargas (W)	Porcentaje del total	Cargas (W)	Porcentaje del total		
Muro	830	25.60%	520	19.92%		
Ventana	383	11.83%	308	11.80%		
Puerta	0	0.00%	0	0.00%		
Cubierta	0	0.00%	0	0.00%		
Claraboya	0	0.00%	0	0.00%		
Partición	0	0.00%	0	0.00%		
Infiltración	0	0.00%	0	0.00%		
Iluminación	555	17.12%	-552	-21.14%		
Potencia	534	16.46%	-531	-20.32%		
Personas	705	21.74%	-700	-26.82%		
Plénum	235	7.24%				
Total	3.241	100%	-955	100%		

Tabla 61 - Contribución de los diferentes elementos a las cargas térmicas de la sala de reuniones

En la anterior tabla se aprecia como, con estas condiciones constructivas y climáticas, las cargas de refrigeración son superiores a las de calefacción, o también que los mayores contribuyentes a la generación de cargas térmicas son los muros y las personas. Por lo tanto de aquí se obtiene que para mejorar la eficiencia del edificio una buena opción puede ser mejorar el aislamiento de los muros de este espacio.

También ofrece otro tipo de datos como por ejemplo en qué momento del año se produce la mayor carga de refrigeración, teniendo en cuenta la ubicación y orientación del edifício.

T-11. ()	D	1.1			
1 abia 62 –	Kesumen	ae	a construction.	cargas	termicas

Entradas	
Tipo de edificio	Almacén
Área (m²)	606
Volumen (m ³)	3,358.39
Resultados calculados	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	30,148
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Mayo 15:00

Este análisis servirá de gran utilidad para predimensionar una instalación y hacer un primer boceto de ella, sin embargo, dista de un análisis energético completo realizado por otros programas específicos para ello.

9.4.2. Instalación de climatización en Revit

A continuación, se procede al diseño de la instalación de climatización con el software Revit, esto es una acción realmente sencilla una vez definido el sistema de climatización y las cargas térmicas han sido calculadas.

La siguiente tabla se obtiene del informe generado previamente, donde se recogen las cargas térmicas de refrigeración y calefacción de cada espacio correspondiente a las zonas climatizadas

Nombre de espacio	Área (m²)	Volumen (m ³)	Valor máximo de carga de refrigeración (W)	Flujo de aire de refrigeración (m³/h)	Valor máximo de carga de calefacción (W)	Flujo de aire de calefacción (m³/h)
1 Atención al cliente	32	73.76	3,496	914.6	1,700	690.2
12 Sala de reuniones	58	131.16	3,241	827.8	-955	327.7
31 Oficinas	37	83.45	2,235	542.7	-875	208.5

Tabla 63 – Cargas térmicas de las zonas climatizadas

Como se observa, los valores obtenidos son similares a los realizados en el apartado anterior, sin embargo, en el caso de la habitación "oficinas" valdría un equipo con una potencia frigorífica de 2.50 kW en lugar de 5 kW calculados anteriormente. Para el resto de los casos, coinciden los equipos anteriormente seleccionados.

Como se menciona en apartados anteriores, se utilizarán equipos Split de casette independientes entre sí, cuyas unidades interiores se ubican en el falso techo y las exteriores en la fachada lateral del edificio.

Con la información anterior se procede a buscar un modelo de algún fabricante válido para las condiciones analizadas. En este caso, el fabricante TOSHIBA tiene la serie cassete parametrizada en formato BIM, de modo que se insertarán en el modelo los mismos ejemplares seleccionados anteriormente.



Figura 112 - Equipo de aire acondicionado Toshiba Cassette R32 en formato BIM

Una vez insertadas las unidades en sus lugares definitivos, es necesario realizar el trazado de las tuberías que las conectan, en este caso son 3, una tubería drenante, donde se produce la condensación del vapor de agua, y dos correspondientes al suministro y retorno hidrónico, por donde circulará el refrigerante, en este caso R32. Se comprueba que, en ningún caso de los tres equipos instalados, las tuberías conectoras superan los 15 metros de longitud recomendados por los fabricantes.

Este gas refrigerante tiene un índice de Potencial de Calentamiento Atmosférico (PCA) muy bajo, que junto a su gran eficiencia y poder de refrigeración lo han convertido en el escogido por muchos fabricantes para sus nuevos equipos de aire acondicionado y bombas de calor domésticas.



Figura 113 – Instalación de climatización.

Una vez colocados correctamente los equipos, Revit generará por cada grupo de climatización, es decir cada unidad interior y unidad exterior, tres sistemas diferentes, uno de suministro hidrónico, otro de retorno hidrónico y otro de ventilación, este último corresponde a la tubería drenante del agua de condensación. Como se observa, el número de sistemas se corresponde con los pares de conectores que aparecen en el conjunto completo de climatización. Pudiendo comprobar cada uno de ellos de forma independiente.



Figura 114 – Sistemas de cada equipo de climatización

Para finalizar el diseño de esta instalación hay que añadir el aislamiento que tendrán las tuberías de suministro y retorno hidrónico por las que circulará el refrigerante, en este caso, se tratará de un aislamiento de 5 cm de espesor.



Figura 115 – Detalle de las tuberías de climatización

9.4.3. Instalación de ventilación en Revit

La instalación de ventilación es algo más compleja y a la vez completa que la de climatización, se subdividirá este apartado según sea el sistema de ventilación de cada zona.

La ventilación se llevará a cabo por medio de una red de conductos, salvo la correspondiente a los almacenes principales, la cual se realiza por ventilación natural gracias a la colocación de aireadores estáticos y rejillas de entrada de aire.

Para la mayoría de los espacios, tras las modificaciones previas, Revit ofrece el caudal de aire necesario, de manera que se puede diseñar la instalación prácticamente sin salir del programa para consultar datos de nuevo.

Zona A. Aseos

Para las dependencias de los aseos, es la única zona que no es válido el caudal de cálculo especificado por Revit, esto se debe a que el RITE, establece un caudal mínimo de 15 l/s por local, por su parte Revit, debe calcular por algún método de los que trae por defecto, estos son por persona, por área, por filtración, o combinaciones entre ellos, no se le puede añadir o modificar ninguno. Por lo tanto, se especificará en este caso el flujo manualmente.

Comprobando en las tablas calculadas anteriormente, resulta un caudal de extracción por planta de 162 m³/h, para ello se busca un equipo capaz de trabajar con un caudal variable cuyo valor máximo alcance esta cantidad.

Se busca si el extractor en línea del fabricante seleccionado anteriormente está en formato BIM. Una vez obtenido a través de la plataforma BIM & CO^[20], se comprueba que las características son las necesarias y se inserta en el modelo.

Habrá que configurar sus conectores para que se integren en el sistema que será desarrollado a continuación. El conector de entrada, conectado a los aseos, quedará configurado como calculado, ya que son las bocas de aspiración quienes suministran el caudal de aire viciado al extractor. Por el contrario, el conector de salida tendrá una configuración de flujo predefinida, llevando esta masa de aire hacia la rejilla de expulsión exterior.



Figura 116 - Extractor en línea TD-SILENT del fabricante Soler & Palau en formato BIM

Una vez instalado el equipo de extracción, se precisa colocar las rejillas de aspiración de cada aseo, en este caso, al no existir del fabricante seleccionado anteriormente y tratarse de un elemento sencillo, se selecciona otro fabricante, en este caso será Aereco.

En cada rejilla se debe indicar el caudal que entra en ella para ser expulsado, en particular serán 54 m³/h como queda establecido en el RITE.



Figura 117 – Boca de aspiración del fabricante Aereco

Por último, hay que colocar la rejilla por la cual se expulsa el aire viciado hacia el exterior. Para ello se seleccionará una de las que Revit tiene en su biblioteca. A continuación, se ajustarán sus dimensiones y se configura su único conector como calculado, ya que recibirá el caudal de aire viciado suministrado por el extractor

Conviene mencionar en este punto que la mayoría de los elementos descargados de fabricantes contienen gran cantidad de información y un nivel de detalle alto, de manera que hacen que el archivo de trabajo tenga demasiado peso. Por ello, a la hora de colocar elementos simples y de forma repetida cómo será el caso de las rejillas de extracción, conviene utilizar elementos propios de la biblioteca de Revit., modificando sus parámetros cuando sea necesario.



Figura 118 - Rejilla de la biblioteca de Revit

Por último, se realiza la red de conductos que unen las bocas de aspiración con el extractor en línea y éste con la rejilla de extracción, generando dos sistemas independientes de aire viciado, uno correspondiente a la aspiración y otro a la expulsión. Ambos tendrán una tonalidad verdosa puesto que pertenecen al mismo tipo de sistema "Aire viciado".



Figura 119 – Extracción de aire viciado de los aseos.

Se debe de comprobar que todo está correctamente conectado y configurado, utilizando el inspector de sistemas nuevamente, o comprobando que los caudales de cada conducto son los adecuados

Zona B. Almacenes de pequeña superficie

En esta ocasión, el cálculo realizado por Revit sí que es de utilidad ya que se pudo configurar previamente como realizar el cálculo. Si se selecciona el espacio, aparecerán unos datos mecánicos correspondientes al flujo, concretamente, en el parámetro "Flujo de aire exterior" aparecerá el flujo de aire exterior necesario para dicho espacio. En este caso coincide con el valor calculado previamente a mano. De manera que con Revit se podría haber evitado realizar el resto de los cálculos similares.

Según lo anterior, se requiere un suministro de aire mínimo para los almacenes de 73.14 y 47.98 m³/h respectivamente, lo que supone un caudal total de 122 m³/h. Debido a que son condiciones de extracción similares a la de los aseos, se realizará utilizando un extractor igual que el anterior. En este caso las bocas de aspiración se sustituyen por difusores de aspiración de la biblioteca de Revit.

En este caso, el aire se toma del exterior por medio de rejillas, las cuales se colocan en la parte inferior de la habitación y con unas dimensiones suficientes que permitan la entrada de aire limpio. Estas rejillas serán
dobles, quedando de la siguiente manera. Tendrán un color azul puesto que su sistema es del tipo "Suministro de aire"



Figura 120 - Sistema de ventilación de la zona B

Asignando los caudales necesarios de entrada de aire en las rejillas y de retorno en los difusores de extracción, se tiene realizada la ventilación de estos locales.

Para comprobar el resultado, se puede seleccionar el espacio y comprobar algunos datos mecánicos como los siguientes:

Propiedades		X
R		-
Espacios (1)		✓ 🔓 Editar tipo
Mecánico - Flujo		* ^
Suministro de flujo de aire especificado	367.2408 m³/h	
Suministro de flujo de aire calculado	367.2408 m³/h	
Suministro de flujo de aire real	75.0000 m³/h	
Retorno de flujo de aire	Especificado	
Retorno de flujo de aire especificado	0.0000 m³/h	
Retorno de flujo de aire real	0.0000 m³/h	
Flujo de aire viciado especificado	0.0000 m³/h	
Salida de flujo de aire viciado real	75.0000 m³/h	
Flujo de aire exterior	73.1475 m³/h	

Figura 121 – Propiedades de espacio

Los parámetros "Suministro de flujo de aire especificado" y "Suministro de flujo de aire calculado" corresponden al total de flujo de aire necesario que hay que calentar o refrigerar en este recinto, en este caso no se utiliza.

El siguiente dato, "Flujo de aire real" corresponde a el flujo de aire que Revit detecta que entra en el espacio que se estudia, en este caso, coincide con el flujo de extracción, siendo 75 m³/h el caudal de aire que circula a través de la rejilla inferior.

Los parámetros correspondientes al retorno son nulos puesto que la ventilación de este recinto no dispone de retorno.

La propiedad "Flujo de aire viciado especificado" corresponde a un valor introducido por el usuario para tenerlo como referencia, donde se indica el flujo total de aire viciado en el espacio, mientras que "Salida de flujo de aire viciado real" es la suma de la extracción de aire viciado realizada, en este caso, 75 m³/h.

Por último, el "Flujo de aire exterior" es el flujo de aire que ha calculado Revit previamente según las indicaciones realizadas, en este caso corresponde a el cálculo según el Reglamento de las Instalaciones Térmicas de los Edificios, donde se exige un flujo de $0.55 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$. Para la superficie correspondiente a este espacio se requiere un caudal de aire exterior mínimo de 73.1475 m³/h

Zona C. Almacenes de gran superficie

Estos almacenes suponen la mayor parte de la nave industrial, el método seleccionado para su ventilación difiere del resto ya que son los únicos ventilados naturalmente, de manera que su consumo de energía es nulo.

En particular serán ventilados por medio de aireadores estáticos y rejillas de suministro como se indicó previamente.

Debido a que se modificaron los parámetros previamente para realizar el análisis de cargas, se puede obtener del modelo con cierta proximidad el caudal de aire exterior necesario para la zona de los almacenes.

Seleccionando la zona en cuestión se obtienen los datos siguientes:

Propiedades		×
R		*
Zonas de climatización (1)	~	Editar tipo
Área ocupada	386.371 m²	~
Área bruta	386.371 m²	
Volumen ocupado	2859.022 m³	
Volumen bruto	2859.022 m³	
Perímetro	142.0984 m	
Mecánico - Flujo		\$
Suministro de flujo de aire calculado	3352.4420 m³/h	
Suministro de flujo de aire calculado por área	2.41 L/(s·m²)	×

Figura 122 – Propiedades de zona

Se requiere un caudal de aire exterior de 3385.442 m³/h, un valor muy próximo el obtenido manualmente de 3360 m³/h.

A continuación, se procede a buscar en la red ventiladores estáticos en formato BIM, sin embargo esta búsqueda se ha realizado sin éxito. Como se ha mencionado ya en ocasiones, Revit es un programa orientado actualmente a la arquitectura, no al cálculo de instalaciones. Además de lo anterior, los edificios que se suelen llevar a cabo en Revit suelen ser construcciones típicas de edificios de mayor o menor envergadura, pero no se realizan naves industriales o plantas de fabricación. Por lo tanto, es lógico que no se encuentren algunos elementos típicos de estas construcciones industriales en formato BIM, ni en la biblioteca de Revit ni en el catálogo de los fabricantes.

En definitiva, se deberá generar una familia de aireadores estáticos partiendo de 0. Este tipo de acciones suele ser compleja, de hecho, los fabricantes tienen equipos de trabajo dedicados exclusivamente a realizar sus modelos en BIM con alto nivel de detalle.

En este caso se realizará un aireador estático lo más cercano posible al seleccionado en apartados anteriores del fabricante Incoperfil, por medio del editor de familias de Revit.

En primer lugar, se crea un plano de referencia a nivel 0, siendo este la base del elemento a construir. A continuación, por medio de un alzado, se genera un perfil con las dimensiones establecidas. Para que la base del aireador coincida perfectamente con la cumbrera de la nave, tendrá la inclinación necesaria de 10°.



Figura 123 - Generación de familia de aireador estático I

A continuación, se extruye la silueta generada, indicando la longitud. En este caso al tratarse de una pieza de 2 metros de largo, se extruirá un metro en sentido positivo y otro negativo, de manera que la pieza quede centrada.

De manera contigua a la extrusión, por ambos lados se genera una nueva geometría a modo de remate del ventilador. En la parte inferior se genera una extrusión vacía, por donde penetrará el aire viciado de la nave hacia el aireador.

A continuación, para que se trate de una familia MEP, se le añade un conector de salida. Indicando que se trata de flujo saliente de 1680 m³/h de aire viciado.

Por último, se le añade el tipo de material a las geometrías creadas, resultando el siguiente aireador estático:



Figura 124 - Generación de familia de aireador estático II

Se instalan, por tanto, dos aireadores similares en la cubierta, en la parte superior de los almacenes, equidistanciados entre sí.

A continuación, se procede a la instalación de las rejillas de extracción de aire limpio, con las dimensiones anteriormente calculadas $2 \ge 0.5$ m, se ubicarán en paredes opuestas de manera que faciliten la circulación del aire, quedando su parte inferior a 35 cm del suelo.

Hay que indicar que por cada una de las rejillas circulará un caudal aproximado de 840 m³/h.



Figura 125 - Ventilación de los Almacenes de mayor superficie

Como en los apartados anteriores, el color azul corresponde a los sistemas de aire de suministro y el verde a sistemas de aire viciado.

Con lo anterior queda definida, dentro del programa, la ventilación de los almacenes de mayor superficie.

Zona D. Zona de oficinas y venta al público.

Esta zona, a diferencia del resto, se encuentra climatizada, por ello a pesar de no ser obligatorio por el RITE, ya que el caudal no supera los 0.5 m³/s, se instalará un recuperador de calor de flujo cruzado. Para llevar a cabo la ventilación, se realizará una red de conductos encargados del suministro de aire, y otra encargada del retorno. Ambas redes irán conectadas a sus respectivos difusores y al recuperador de calor, a su vez conectado a las rejillas de suministro y expulsión de aire. El esquema de la instalación queda de la siguiente manera:



Figura 126 - Esquema de funcionamiento de la instalación

Se generarán, por lo tanto, 4 sistemas en total, dos correspondientes a suministro de aire, uno de retorno de aire, y otro por el que se expulsará al exterior el aire viciado de la estancia.

Como en el resto de las instalaciones, lo primero es comprobar los datos que ofrece Revit tras haber realizado el análisis de cargas, en este caso, se comprueba cual es el caudal necesario por cada sala. A continuación, se procede a la búsqueda de equipos de fabricantes.

Como primera opción se trata de seleccionar los mismos que se escogieron en el primer predimensionado.

El modelo BIM del intercambiador de calor seleccionado anteriormente, del fabricante Soler & Palau, no se encuentra disponible en la red, por ello habrá que realizar una búsqueda de un modelo de otro fabricante que presente características similares aptas para este proyecto.

Finalmente se utiliza el recuperador de calor de la marca Orcon, de la serie WTU, obtenido a través de la plataforma BIM and CO.



Figura 127 - Modelo BIM del intercambiador de calor, serie WTU, ORCON

A continuación se deben de configurar los conectores así como sus diámetros, el procedimiento es análogo a cualquier equipo en Revit. Un sistema estará compuesto por un par de conectores, uno será predefinido y el otro calculado. Podrá existir un sistema con varios conectores predefinidos pero solamente uno calculado, como ocurrirá en el sistema de aire de retorno y en el de suministro de aire. El flujo que circulará a través de los difusores de entrada y salida respectivamente es predefinido por el usuario mientras que el conector correspondiente del intercambiador de calor de cada uno de estos sistemas será calculado.

Por último, habrá que insertar los difusores tanto de suministro como de retorno, ubicándolos en el falso techo evitando las zonas en las que previsiblemente se colocarán las luminarias y los elementos ya insertados previamente como los equipos de climatización. En el caso de que posteriormente se produzca una interferencia, bastará con desplazar el difusor libremente a través del falso techo, modificándose automáticamente la red de conductos.

Se configurarán los difusores según sea su flujo, entrante en la red de retorno y saliente en la red de suministro, por último se le asigna el flujo que circula a través de ellos.

Es necesario añadir las rejillas que comunican la instalación con el exterior, nuevamente su configuración dependerá del sistema al que pertenezcan. Estas rejillas deben de estar situadas entre ellas a una distancia suficiente de manera que se eviten retornos de flujo. Para evitar este problema si ubican en fachadas diferentes.

Finalmente se traza la red de conductos por los que circulará el aire, se puede realizar este trazado en una vista 3D, sin embargo es conveniente ayudarse de plantas y secciones en algunos momentos. Para evitar posibles problemas, se debe de realizar la red lo más sencilla posible, evitando codos innecesarios. Es aconsejable separar considerablemente uniones de conductos con codos y otros accesorios por medio de tramos rectos.

A continuación, se procede a ajustar el diámetro de la red, existiendo varios métodos para ello. Se puede realizar de forma manual este ajuste comprobando posteriormente los resultados obtenidos de velocidad,

fricción, etc. Sin embargo una opción más práctica consiste en dimensionar los tramos automáticamente fijando una serie de parámetros. En este caso, seleccionando cualquier sistema o conjunto de conductos, se indicará que la velocidad no supere en ningún caso 6 m/s, asegurando unas bajas emisiones acústicas.

Tamaños de conductos	×				
Método de cambio de tamaño					
Velocidad \checkmark	6.0 m/s				
● Sólo ○ Y	00				
Frioción:	0.82 Pa/m				
Restricciones Tamaño de ramificación:					
Sólo tamaño calculado	~				
Restringir altura:	2250 ~				
Restringir anchura:	2250 ~				
Aceptar Car	ncelar Ayuda				

Figura 128 – Dimensionado de los conductos de ventilación

Se pueden ajustar algunas opciones más como igualar diámetros con tamaños de conectores o seleccionar el mayor entre el tamaño del conector y el calculado, lo cual evita problemas en el ajuste automático. Una vez se pulse aceptar, se modifican los diámetros de los conductos quedando lo siguiente:



Figura 129 - Ventilación con recuperador de calor en la zona de oficinas

Por último, se puede volver a hacer uso del inspector de sistemas, comprobando características como la pérdida de carga o la velocidad del flujo que circula a través de cada conducto simplemente colocando el cursor encima de uno cualquiera.

Del mismo modo, que en el caso de fontanería, se puede generar un informe de pérdida de presión en conductos, sin embargo debido a que interviene más de un equipo en la instalación, no se pueden realizar

cálculos de la instalación completa, pudiendo realizarlo únicamente de un sistema en concreto, por ello carece de utilidad en la práctica.



Figura 130 – Instalaciones térmicas de la nave industrial

INSTALACIÓN DE ALUMBRADO

10.1. Introducción

Se procede a continuación al diseño de la instalación de alumbrado de las diferentes zonas del edificio industrial, siendo éstas de ámbito diferente. En cada una de ellas se indicará el tipo de equipos utilizados y sus características.

El objetivo de este apartado consiste en el conseguir unos niveles óptimos de iluminación en cada habitación, atendiendo a su uso. También se incluye el alumbrado exterior del edificio. Para ello se atenderá a las exigencias del CTE-DB-HE y lo establecido en la norma UNE-EN-12464/2012.

Los documentos del proyecto han de incluir necesariamente la siguiente información:

- Índice del local (K): código representativo de la geometría del local entre el plano de trabajo y el plano de las luminarias.

$$K = \frac{L \cdot A}{H \cdot (L+A)}$$

Donde L y A corresponden a las dimensiones superficiales del local y H representa la distancia entre el plano del trabajo y el plano de las luminarias.

En función del índice del local K, se consideran un número de puntos según la siguiente tabla:

Índice del local	N.º de puntos
<1	4
$1 \le K \le 2$	9
$2 \leq K < 3$	16
≥3	25

Tabla 64 - Número de puntos considerados según el índice del local K

 Factor de mantenimiento (Fm): valor que indica la rapidez con la que la iluminancia se reduce en una instalación, este coeficiente depende del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de limpieza del local. Para una limpieza periódica sus valores estarán comprendidos entre 0.5 y 0.8. Este parámetro dependerá en gran medida del Plan de Mantenimiento llevado a cabo en la instalación.



Figura 131 – Variación del flujo disponible en la luminaria.

- Iluminancia media mantenida E_m: flujo luminoso que incide por unidad de área de una superficie dada, este valor define los niveles mínimos de iluminación según sea la actividad desarrollada en el local. Para la iluminación de lugares de trabajo, según la norma UNE-EN-12464-1 se establecen los siguientes valores:

Zona	Iluminancia (lux)	UGRL	R _a
Exterior	20	45	-
Oficinas	500	19	80
Zona de venta	300	22	80
Almacenes	100	25	60
Aseos	200	25	80

Tabla 65 - Valores establecidos según actividad.

 Valor de Eficiencia Energética de la Instalación, VEEI: atendiendo a diferentes criterios, la instalación deberá tener la eficiencia energética mínima exigida. Este parámetro representa la relación entre la potencia instalada por m² de superficie para conseguir una iluminancia de 100 lux en esa misma superficie.

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m}$$

Donde:

P: Potencia de la lámpara (W)

S: Superficie iluminada (m²)

 E_m : Iluminancia media horizontal mantenida (lux), o nivel de iluminación. No debe ser inferior a el valor indicado para cada área específica.

Los valores de eficiencia energética límite en recintos interiores de un edificio se establecen en la siguiente tabla.

Uso del recinto	VEEI límite
Administrativo en general	3,0
Andenes de estaciones de transporte	3,0
Pabellones de exposición o ferias	3,0
Salas de diagnóstico (1)	3,5
Aulas y laboratorios (2)	3,5
Habitaciones de hospital (3)	4,0
Recintos interiores no descritos en este listado	4,0
Zonas comunes (4)	4,0
Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	4,0
Aparcamientos	4,0
Espacios deportivos (5)	4,0
Estaciones de transporte (6)	5,0
Supermercados, hipermercados y grandes almacenes	5,0
Bibliotecas, museos y galerías de arte	5,0
Zonas comunes en edificios no residenciales	6,0
Centros comerciales (excluidas tiendas) (7)	6,0
Hostelería y restauración (8)	8,0
Religioso en general	8,0
Salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias (9)	8,0
Tiendas y pequeño comercio	8,0
Habitaciones de hoteles, hostales, etc.	10,0
Locales con nivel de iluminación superior a 600lux	2,5

Tabla 66 – Valores límite de eficiencia energética según uso.

De aquí se obtiene que los valores límite deben ser de 4.0 para los almacenes y de 3.0 para la zona de oficinas.

Por último, la instalación deberá contar con una instalación fija de alumbrado de emergencia, provista de fuente de energía propia, debiendo entrar automáticamente en funcionamiento en caso de producirse un fallo de alimentación en la instalación de alumbrado corriente. Se considera como fallo de alimentación el descenso de la tensión de alimentación un 70 % de su valor nominal.

La instalación de alumbrado de emergencia cumplirá las condiciones de servicio durante al menos una hora. Los niveles de iluminación establecidos deben obtenerse considerando nulo el factor de reflexión sobre paredes y techos, contemplando un factor de mantenimiento que englobe la reducción del rendimiento luminoso debido a la suciedad de las luminarias y al envejecimiento de las lámparas.

En el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, publicado en el Real Decreto 842/2002, se indica como imprescindible la colocación de alumbrado de emergencia en toda instalación con zona al público:

- Oficinas y locales comerciales
- Almacenes
- Comunidades de propietarios

Con el fin de mantener una iluminación adecuada, las luminarias deben cumplir las siguientes condiciones:

- 1. Deben situarse al menos a 2 metros por encima del nivel del suelo
- 2. Se dispondrá una en cada puerta de salida y en posiciones en las que sea necesario destacar un peligro potencial o el emplazamiento de un equipo de seguridad, disponiéndolas como mínimo en los siguientes puntos:
- En las puertas existentes en los recorridos de evacuación.
- En las escaleras.
- En cualquier cambio de nivel.
- En los cambios de dirección y en intersecciones de pasillos.

10.2. Cálculo luminotécnico.

Para realizar el estudio lumínico se utiliza el Software Dialux EVO 8.2., una versión gratuita con gran interoperabilidad con diferentes plataformas. Pese a no ser objeto de este trabajo utilizar softwares alternativos, se utiliza Dialux debido a la complejidad que tiene llevar a cabo los cálculos de iluminación manualmente. A esto se le añade que este software cuenta con una versión gratuita y sobre todo, se encuentra adaptado a la normativa española, de modo que se agilizarán los cálculos a la vez que se obtiene una mayor precisión en los resultados.

Una de las principales ventajas que presenta trabajar con un modelo BIM, reside en la posibilidad de operar en diferentes softwares con un mismo archivo. Esto es posible por medio de estándares de archivo creados para permitir la interoperabilidad en diferentes plataformas, como por ejemplo el tipo de archivo IFC.

En particular, se ha generado el archivo IFC a través de Revit, para posteriormente importarlo en el programa en el que se realizará el cálculo de luminosidad, Dialux.



Figura 132 – Archivo IFC universal

Para evitar errores frecuentes, es recomendable simplificar lo máximo posible el archivo original en Revit, como por ejemplo evitar muros cortina acristalados como los existentes en la planta primera y sustituirlos por muros simples.

Sin embargo, sí que es recomendable insertar el mobiliario característico, con objeto de comprobar la incidencia de la luz en cada uno de ellos, o evitar posibles conflictos físicos, en particular los más voluminosos o que disponen de menos capacidad de movimiento. Un ejemplo característico son los almacenes, donde habrá que evitar que los estantes de almacenamiento no superen el nivel inferior de las luminarias colgadas, colocándolas preferentemente entre los pasillos de almacenamiento. De esta forma se evitarán

deslumbramientos directos al operario o la generación de sombras que dificulten la operación en las zonas inferiores.



Figura 133 - Colocación de las luminarias en los almacenes

Para realizar la importación del archivo IFC, se utiliza el archivo origen de arquitectura y a continuación, se cargará en Dialux EVO. Tras realizar el estudio luminotécnico, se generará una memoria descriptiva de la iluminación, obteniendo el número, distribución y ejemplares de las luminarias necesarias para cumplir las diferentes exigencias según la actividad desarrollada en cada local. Finalmente, se ejecuta la instalación de alumbrado en Revit MEP con los datos obtenidos en la memoria técnica generada por Dialux.

El software Dialux es un programa de origen alemán por lo que, por defecto, incluye la normativa europea. En este caso, se le asignará una actividad a cada espacio y Dialux reconocerá en función de esta, los valores exigidos en cada caso.

Perfil de uso			Perfil de uso			
Selección de platillas	Oficinas	-	Selección de platillas	Oficinas		•
	Mostradores de recepción	-		Mostradores de	e recepción	•
Perfil de usuario activo			Perfil de usuario activo			
Tipo de uso Área Aplicación Intensidad lumínic Valores de manten Área de trabajo (Em) Área circundante (Em Área de fondo (Em) Uniformidad (Emin/Em Limitación de desta Área interna (UGR) Tiempos de uso	Oficinas Mostradores de rec imiento) 300.0 k 200.0 k 66.7 k 0.600 mbramiento 22	epción	Mantenimiento Índice de reproducción Altura del plano útil Factor de reducción (á visual) Altura para medición o cilíndricas Intervalo de limpieza Condición ambiental Intervalo de mantenin luminarias Intervalo de sustitució lámparas Sustitución individual o gastadas	n de color (Ra) irea tarea de iluminancias niento para n para de lámparas	0.80 m 0.93 1.20 m 1.0 Años Limpio 3.0 Años 1.0 Años	·
		Restaurar				Restaurar

Figura 134 - Valores establecidos para el mostrador de recepción, zona de venta

Una vez configurado el tipo de espacio, es preciso cargar la luminaria a insertar en el local. En este caso se selecciona una empotrada en techo de la biblioteca que incorpora Dialux. Se pueden instalar de forma manual y comprobar si los valores resultantes son los exigidos, sin embargo, es más común realizarlo de forma automática, seleccionando el espacio y un tipo de disposición automática para las luminarias. A continuación Dialux inserta un número y una disposición de luminarias estimadas con las que se cumplen los lúmenes

exigidos. En ocasiones, la solución ofrecida no será la que se desee instalar por cualquier factor externo, por ello, se puede modificar el número y la disposición de las luminarias de nuevo manualmente.

Una vez realizada esta tarea para todos los espacios, se procede a calcular el proyecto completo, de manera que en lugar de un valor aproximado se obtiene un cálculo final. En el sumario de resultados situado en el lateral derecho de la pantalla, se comprueba con una marca verde que todos los locales disponen del nivel mínimo exigido, en caso contrario aparecería en color rojo.



Figura 135 - Sumario de los resultados en Dialux

Se puede seleccionar alguno de estos espacios y comprobar con más detalle algunos datos luminotécnicos, como la altura con respecto al nivel del suelo a la que se han realizado estos cálculos, el valor exigido por la normativa, o el nivel de iluminación real entre otros.

⊘ ▼ (🔲 Recepción		
⊙ ▼	👍 Plano útil (Rece	epción)	•
-	36	9 lx	0.29 🚺 🗖
	Plano útil (Ilumin	ancia perpendicular)
		Real	Nominal
	Media	369 bx	≥ 300 bx
	Min	108 bx	-
	Max	742 k	-
	Mín./medio	0.29	-
	Mín./máx.	0.15	-
	Parámetros		
	Altura	0.80 m	

Figura 136 - Valores luminotécnicos zona de Recepción, venta al público.

En la siguiente imagen se realiza una representación tridimensional de esta habitación, donde se observa el

plano de trabajo en una tonalidad amarilla y sobre este, las isolíneas con sus correspondientes valores de iluminación.



Figura 137 – Configuración de las luminarias, zona de venta.

Dialux realiza de forma automática la representación tridimensional de las isolíneas del resto de los espacios. A continuación se adjunta una imagen correspondiente a un almacén, el anexo adjunto contiene más imágenes e información sobre el cálculo luminotécnico realizado.



Figura 138 - Configuración luminotécnica del almacén de fitosanitarios, Dialux.

En definitiva, Dialux ofrece un estudio más amplio que el que se ha descrito con anterioridad, sin embargo, este estudio se centra en obtener los parámetros necesarios básicos para ejecutar la instalación de iluminación en Revit MEP. Estas características son el tipo de luminaria, la potencia consumida, valores mínimos exigidos o la distribución lumínica entre otros.

10.3. Instalación de alumbrado en Revit.

El software Revit MEP permite realizar estudios lumínicos, sin embargo no son de la entidad que ofrece Dialux, siendo una práctica frecuente combinarlos como se realiza en este proyecto.

Para colocar luminarias, habitualmente se utilizan planos de techo, esto es un plano de planta convencional con la peculiaridad de que en lugar de estar orientado hacia la superficie inferior, se orienta hacia la superficie superior. Esto es de gran utilidad para configurar los elementos que se encuentran alojados en el techo.

Debido a que posteriormente se generarán sistemas con las luminarias instaladas, conviene realizarlas de forma sencilla, por ello se seleccionan luminarias propias de la biblioteca de Revit, que además de ser extensa, contiene ejemplares sencillos fácilmente adaptables a los modelos seleccionados con el programa Dialux.

A modo de ejemplo se realizará la configuración de las luminarias de la zona D, oficinas y zona de venta, estas irán alojadas en el falso techo. La luminaria seleccionada en el cálculo con Dialux tiene las siguientes características



Figura 139 - Características de la luminarias de la zona D

A continuación se realiza una búsqueda una luminaria similar dentro de la biblioteca de Revit, seleccionando finalmente el siguiente ejemplar:



Figura 140 – Luminaria empotrada en techo, Biblioteca de Revit

A continuación, en el editor de familias se ajustarán los valores de vataje y eficacia, de manera que se obtiene un flujo luminoso similar al de la luminaria objetivo de Dialux.

Propiedades		📳 Iluminación techos - PB 🛛 🚱 Vista 1
R	-	
Familia: Luminarias	✓ 🕃 Editar tipo	
Intensidad inicial	? ×	
() Vataje:	36.40 W	
Eficacia:	99.30 lm/W	
◯ Flujo luminoso	3614.52 lm	
O Intensidad luminosa:	287.63 cd	
🔿 Iluminancia:	30.96 lx	
A una distancia de:	3048.0	
	Aceptar Cancelar	

Figura 141 – Ajuste de las luminarias en el editor de familias de Revit

Por último habría que configurar las magnitudes físicas, sin embargo en este caso coinciden siendo ambas de 600 x 600 mm.

Este proceso se realiza de forma análoga con el resto de las luminarias. Como queda demostrado, es sencillo trabajar juntamente con Revit y Dialux. Es importante ajustar estos cálculos ya que mientras más información contenga el modelo, de mayor utilidad será. Por ejemplo en el caso de la potencia consumida, será necesario tenerla correctamente en cuenta si se quiere hacer una previsión de potencia cercana a la real. De igual forma, es interesante tener en cuenta correctamente el flujo luminoso ya que Revit realiza estimaciones de la luminosidad media en los espacios además de realizar renderizaciones aproximadas, en las que se puede comprobar el resultado de la iluminación artificial instalada.

Para ello se utiliza el plug-in de Revit "Enscape", complemento que se utiliza para realizar renderizaciones en tiempo real. En este caso se puede ajustar la hora del día para comprobar tanto la iluminación natural como la artificial.



Figura 142 - Iluminación artificial, Enscape, Revit.



Figura 143 - Iluminación Natural, Enscape, Revit

A continuación, se procede a generar los sistemas de luminarias e interruptores, para ello, es necesario insertar estos últimos en el modelo. En este punto se tiene lo siguiente:



Figura 144 – Plano de techo de las luminarias, Revit.

En esta planta queda representada la ubicación definitiva de las luminarias, a partir de ella se dibujarán los sistemas de interruptores para cada grupo de luminarias. Para insertarlos, es necesario entrar en la ventana Sistemas > Electricidad > Dispositivo > Iluminación.

A continuación se desplegarán todos los dispositivos de iluminación que incorpora Revit, sin embargo, estos no son válidos para este proyecto por diferentes aspectos como el grafismo o el voltaje con el que vienen por defecto.

Se seleccionará, por tanto, uno de ellos para modificarlo prácticamente al completo, de forma que se generará una familia para poder usarla con posterioridad en otros proyectos.



Figura 145 – Interruptor original de la biblioteca de Revit

Es habitual diferenciar los diferentes tipos de interruptores existentes en un proyecto, de forma que la representación contenga más información y al mismo tiempo facilite la comprensión de la instalación. Los interruptores utilizados en este proyecto son sencillo, conmutador, de cruzamiento y dimmerizable.

A modo de repaso, un interruptor simple es un dispositivo que permite encender y apagar un punto de luz desde un mando, desviando o interrumpiendo una corriente eléctrica. El interruptor conmutador permite realizar las mismas operaciones pero desde dos puntos diferentes, si son más de dos puntos se colocan interruptores de cruzamiento. Un interruptor dimmer es aquel que permite regular la intensidad de la luz, según sean las necesidades en cada momento. Su funcionamiento se basa en recortar la señal de la tensión en el momento de subida en el punto deseado, de manera que si el circuito de las luminarias se encuentra alimentado a 230 V, y se quiere regular la intensidad disminuyéndola hasta dejarla en un 30% de su capacidad, habrá que cortar la señal cuando ésta se encuentre en un valor próximo a 70 V.

Se colocará un interruptor dimmerizable en la sala de reuniones. Este interruptor se tratará en Revit de la misma forma que un interruptor sencillo, sin embargo, es conveniente modificar su grafismo para que quede reflejado en los planos de iluminación del proyecto.

A continuación se generará la simbología con la que se suelen representar habitualmente los diferentes tipos de interruptores en los proyectos en España.



Figura 146 – Editor de familias, grafismo de los interruptores.

En este caso, se genera un único interruptor, al que se le añaden parámetros que permitan indicar qué tipo de interruptor se trata, mostrando en pantalla la simbología correspondiente dibujada con anterioridad.

Seguidamente, se insertan los interruptores en la ubicación deseada desde un plano de planta, procurando

situarlos en lugares accesibles y cercanos a las puertas, indicando de qué tipo de interruptor se trata en cada

Figura 147 - Colocación de interruptores, Revit

Es frecuente representar el cableado de unión de los interruptores con las luminarias a las que sirven, como otros elementos vistos anteriormente, Revit permite generarlo de forma manual o semiautomática, pese a ser más cómodo realizarlo de esta última forma, se opta por hacerlo de forma manual ya que no se han definido todavía los circuitos eléctricos del sistema, actividad que se hará en el capítulo de electricidad.

Para una correcta conexión, se debe de tener especial cuidado a la hora de trazar el cable, conectándolo siempre a los conectores de los elementos, en lugar de aristas o esquinas erróneas. El cable se representa por defecto con una marca indicando el número de conectores que tiene cargado, sin embargo no es común representar este detalle en los planos, ni tampoco el color negro con el que aparece es el más adecuado debido a similitudes con otros elementos, por lo tanto será necesario modificar el grafismo del cable. Se puede representar de distintas formas, en esta ocasión, se realizan con un trazado discontinuo en color azul.



Figura 148 – Representación del cableado, Revit.

caso.

Tras la acción anterior, se han vinculado físicamente las luminarias con los interruptores, sin embargo, esta unión no es "lógica", para ello habrá que realizar sistemas interruptor-luminarias. Esto es una tarea sencilla que se realiza seleccionando una luminaria, y pulsando "seleccionar interruptor" en el desplegable que aparece automáticamente. A continuación seleccionar el interruptor del sistema y añadir el resto de las luminarias. Para comprobar que la asignación es correcta, asignando previamente un ID al interruptor, la luminaria servida por este deberá contener el mismo número. Este es el proceso para realizar sistemas de interruptores simples, sin embargo, cuando se trata de interruptores o de cruzamiento Revit no los reconoce como debería, únicamente permite asignar un único interruptor a un sistema de luminarias.

La solución a este inconveniente consiste en asignar un único interruptor al sistema y a los restantes, asignarle el ID del sistema del que deberían formar parte. Posteriormente serán etiquetados, quedando definido a que sistema de luminarias pertenece cada interruptor. La acción de etiquetar se llevará a cabo en el capítulo de electricidad, cuando se disponga de toda la información necesaria.

Por último, Revit permite realizar una estimación de la intensidad lumínica en los espacios en función de las luminarias instaladas.



Figura 149 - Plano de luminarias, iluminación media estimada, Revit

Estos datos se pueden recoger a modo de resumen en una tabla de planificación, ajustando los campos y filtrando espacios innecesarios como los plenums, se obtiene la siguiente tabla:

1 a0 a 0 / - Inuminación incura estimada por espació, Revi	Tabla 67 -	- Ilumina	ación	media	estimada	por	espacio,	Revit
------------------------------------------------------------	------------	-----------	-------	-------	----------	-----	----------	-------

🔲 Nivel de iluminación media 🗙				
<nivel de="" iluminación<="" td=""></nivel>				
me	edia>			
Α	В	ĺ		
Nombre	lluminación media e			
Atención al client	266 lx			
Almacén 2	164 lx			
Almacén 1	233 k			
Aseo 2	176 k			
Auxiliar	315 k			
Almacén 3	221 k			
Almacén 4	244 lx			
Sala de reuniones	s 465 lx			
Aseo 2	162 lx			
Aseo 1	247 bx			
Aseo 0	197 bx			
Aseo 3	194 bx			
Aseo 1	259 bx			
Aseo 0	192 k			
Aseo 3	204 bx			
Oficinas	517 k			

Es interesante analizar los resultados obtenidos con Revit incluyendo las características del cálculo con Dialux, de forma que se compruebe en qué grado son fiables los resultados obtenidos con Revit y si es posible dimensionar una instalación completa de iluminación sin la utilización de un software adicional.

Para ello se adjunta una tabla donde se compararán los valores obtenidos en ambos.

Espacio	Dialux	Revit
Aseo 0	286	197
Aseo 1	363	259
Aseo 2	261	172
Aseo 3	282	204
Almacén 1	218	233
Almacén 2	323	164
Almacén 3	237	221
Almacén 4	261	244
Auxiliar	348	315
Zona de venta	369	266
Oficinas	687	517
Sala de reuniones	615	465

Tabla 68 – Iluminación media en Lx para cada espacio según programa.

Como queda demostrado, los valores obtenidos con Revit difieren de los ofrecidos con Dialux, siendo inapropiado para abordar los cálculos de un estudio luminotécnico completo. Los valores obtenidos se aproximan a los reales cuando existe homogeneidad en la ubicación de las luminarias, en el caso que estuviesen situadas de forma diferente, la aproximación sería completamente deficiente. Por lo tanto esto servirá como estimación en algunos tipos de locales, teniendo una idea de cómo se está iluminando cada espacio del proyecto.

Por último, se realiza el alumbrado de emergencia del edificio industrial, encargado de entrar en funcionamiento cuando se produzca un fallo en la alimentación del alumbrado normal. Existen dos tipos de alumbrado de emergencia, el alumbrado de seguridad y el de reemplazamiento. Este último está destinado a iluminar con garantías durante un cierto período de tiempo los espacios en los que se esté desarrollando una actividad peligrosa o crítica, como salas de intervención o laboratorios, permitiendo acabar la tarea sin ningún tipo de problema.

En este caso no será necesario dotar al edificio de instalación de reemplazamiento ya que por la actividad que se desarrolla no se requiere, sin embargo sí es obligatorio instalar alumbrado de seguridad en lugares de pública concurrencia como archivos, almacenes y salas de oficina. El alumbrado de seguridad garantizará un nivel de iluminación mínima durante la evacuación de la zona, entrando en funcionamiento cuando la tensión de la instalación es inferior al 70 % de su valor nominal. Existen dos grupos de luminarias dentro del alumbrado de seguridad:

- De evacuación, permiten reconocer y utilizar las rutas de evacuación iluminando su eje principal, también identifican los puntos de servicio contra incendios y los cuadros de distribución.
- Ambiente, permiten la identificación y acceso a las rutas de evacuación proporcionando un nivel de iluminación mínimo en todo el espacio

Ambas deben de ser capaces de mantener el funcionamiento durante al menos una hora.

De forma manual se instalarán estas luminarias en el archivo de Revit, en los puntos donde sea necesario. Para ello se descarga una familia de luminarias de emergencia a través de la plataforma BimObject. A continuación, por medio de planos de planta, se ubican en los recorridos de evacuación.

Finalmente, utilizando secciones, se ajustan las alturas mínimas y se evitan posibles interferencias con otros elementos.



Figura 150 - Colocación del alumbrado de emergencia, sección en Revit

Finalmente, se comprueba el estado final de la iluminación y señalización.



Figura 151 - Estado definitivo de las luminarias de emergencia

Durante la revisión se observan algunas interferencias, como la que se produce entre una luminaria de la zona de venta y un difusor de retorno de aire viciado. Esto se soluciona sencillamente desplazando ligeramente el difusor, ya que la posición de las luminarias debe de estar según lo calculado en Dialux.



Figura 152 - Interferencia resuelta entre luminaria y difusor

Por último sería necesario conectar todas las luminarias a un circuito eléctrico, sin embargo tarea que se realiza con detalle en el apartado correspondiente a la instalación eléctrica del edificio.

INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

11.1. Introducción

En este apartado se pretende dar cumplimiento al Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales (R.D. 2267/2004 del 3 de diciembre). La finalidad principal reside en evitar la generación de cualquier tipo de incendio, y en caso de producirse, conseguir un grado suficiente de seguridad en los establecimientos del edificio industrial que se estudia, limitando su propagación y posibilitando su extinción, con el fin de atenuar los daños o pérdidas que el incendio pueda producir a bienes y sobre todo, a las personas que se encuentren en el edificio.^[21]

Se diferencian dos tipos de actividades, por un lado las actividades de prevención del incendio, las cuales tendrán como finalidad limitar la presencia del riesgo de fuego, así como las circunstancias que pueden desencadenar el incendio. Por otra parte, las actividades de respuesta persiguen controlar el incendio para extinguirlo, minimizando los daños o pérdidas que pudiera ocasionar.

El ámbito de aplicación de este reglamento son los establecimientos industriales, entendiéndose como tales los almacenamientos industriales.

En este edificio existen dos zonas diferenciadas, una destinada al almacenamiento, y otra a la ocupación permanente de personas en área de venta y oficinas. Por lo tanto, es necesario estudiar las actividades que coexisten dentro del mismo edificio.

Debido a que no se superan los 250 m^2 de superficie de zona comercial, administrativa o de reuniones, se aplicarán las exigencias del Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales en todo el recinto. De lo contrario, las zonas a las que es de aplicación otra normativa constituirían un sector de incendios independiente.

11.2. Caracterización de los establecimientos industriales.

La actividad se desarrolla en una Nave industrial de 610.81 m^2 de superficie útil. La distribución se realiza mayoritariamente en planta baja y en una entreplanta.

Actividad	Superficie útil				
Oficina	36.82				
Recepción	31.96				
Sala Reuniones	57.84				
Almacén 1 - Principal	36.94				
Almacén 2 - Piensos	24.24				
Almacén 3 – Fitosanitarios	142.08				
Almacén 4 - Abonos	196.37				
Auxiliar	47.96				
Aseos PB	18.30				
Aseos P1	18.30				
Total	610.81				

Tabla 69 - Superficie de la planta

Los establecimientos industriales se caracterizan por los siguientes aspectos:

- Su configuración y ubicación con relación a su entorno
- Su nivel de riesgo intrínseco

Conforme marca la Guía Técnica de aplicación del Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales, la edificación que se estudia corresponde a la tipología:

 Tipo C: "El Establecimiento Industrial ocupa totalmente un edificio, o varios, en su caso, que está a una distancia mayor de tres metros del edificio más próximo de otros establecimientos. Dicha distancia deberá de estar libre de mercancías combustibles o elementos intermedios susceptibles de propagar el fuego"



Figura 153 – Configuración del edificio Tipo C.

Asimismo, en función de su nivel de riesgo intrínseco, se considera que constituye un único sector de incendio. El nivel de riesgo intrínseco se evaluará mediante la densidad de carga al fuego ponderada y corregida Q_s.

a) Para actividades de producción, transformación o cualquier otra distinta al almacenamiento:

Actividades de producción, transformación, reparación o cualquier otra distinta al almacenamiento	$Q_{S} = \frac{\sum_{i}^{i} q_{si} \cdot S_{i} \cdot C_{i}}{A} \cdot R_{a} (MJ/m^{2}) o (Mcal/m^{2})$
Qs	Densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector de incendio, en MJ/m ² o Mcal/m ²
$q_{ m si}$	Densidad de carga de fuego de cada zona con proceso diferente según los distintos procesos que se realizan en el sector de incendio (i), en MJ/m ² o Mcal/m ²
Si	Superficie de cada zona con proceso diferente y densidad de carga de fuego, q_{si} diferente, en m ²
Ci	Coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio
R _a	Coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio, producción, montaje, transformación, reparación, almacenamiento, etc.
A	Superficie construida del sector de incendio, en m ²

Tabla 70 - Nivel de Riesgo intrínseco para actividades distintas al almacenamiento

En el caso de que existan varias actividades en el mismo sector, se tomará como factor de riesgo de activación (R_a) el inherente a la actividad de mayor riesgo de activación, siempre que dicha actividad ocupe al menos el 10 % de la superfície del sector o área de incendio

b) Para actividades de almacenamiento:

Para actividades de almacenamiento, se evaluará la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida Q_S , del sector de incendio aplicando la siguiente expresión:

Actividades de almacenamiento	$Q_{S} = \frac{\sum_{i}^{i} q_{vi} \cdot C_{i} \cdot h_{i} \cdot s_{i}}{A} \cdot R_{a} (MJ/m^{2}) o (Mcal/m^{2})$
Qs	Densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector de incendio, en MJ/m2 o Mcal/m ²
$q_{\rm vi}$	Carga de fuego, aportada por cada m ³ de cada zona con diferente tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendio, en MJ/m ³ o Mcal/m ³
hi	Altura del almacenamiento de cada uno de los combustibles, (i), en m
Ci	Coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio

T 11	71	NT' 1	1 .	•				1	1 1		• ,
Labla	/1 -	Nivel	de ne	$s\sigma n$ 1n	trinseco	nara	activida	des c	ie alt	macena	imiento
I uolu	/ 1	1 11 1 01	40 110	ogo m	mbeeo	puru	activitat		te un	indeenie	

R _a	Coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio, producción, montaje, transformación, reparación, almacenamiento, etc.
А	Superficie construida del sector de incendio, en m ²
Si	Superficie ocupada en planta por cada zona con diferente tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendio, en m ²

Los valores de carga de fuego por metro cúbico q_{vi}, aportada por cada uno de los combustibles, se obtiene del reglamento. A continuación se adjuntan los valores para cada recinto.

El parámetro A corresponde a la superficie construida del sector de incendio, por definición, la superficie construida es la superficie total del suelo contenida dentro del edificio, medida por la cara exterior de las paredes externas. En este caso le corresponde un valor de 653.209 m², obtenido mediante planos en Revit.

Zona	Actividad	$q_{ m s}/q_{ m v}$	S (m ²)	h(m)	A (m ²)	С	Ra
		$(MJ/m^2)/MJ/m^3)$					
Oficina	Oficina técnica	600	36.82	-	653.209	1	1
Sala Reuniones	Oficina técnica	600	57.84	-	653.209	1	1.50
Recepción	Oficina comercial	800	31.96	-	653.209	1	1.50
Almacén 1 Principal	Granos	800	12.93	2	653.209	1	1.50
Almacén 2 Piensos	Granos	800	8.48	2	653.209	1	1.50
Almacén 3 Fitosan.	Abonos químicos	200	49.73	6	653.209	1	1.50
Almacén 4 Abonos	Abonos químicos	200	68.73	6	653.209	1	1
Auxiliar	Máquinas	200	47.96	-	653.209	1	1

Tabla 72 - Valores de carga al fuego para cada local del edificio

Calculando por separado los niveles de riesgo intrínseco para locales de almacenamiento y el resto, se obtiene la carga al fuego total del edificio.

Para actividades distintas a almacenamiento:

$$Q_{e1} = \frac{|(600 \cdot 36.82 \cdot 1) + (800 \cdot 31.96 \cdot 1) + (600 \cdot 57.84 \cdot 1) + (200 \cdot 47.96 \cdot 1)| \cdot 1.5}{653.209} = 211.16$$

Para actividades de almacenamiento:

$$Q_{e2} = \frac{|(800 \cdot 12.93 \cdot 2 \cdot 1) + (800 \cdot 8.48 \cdot 2 \cdot 1) + (200 \cdot 49.73 \cdot 6 \cdot 1) + (200 \cdot 68.73 \cdot 6 \cdot 1)| \cdot 1.5}{653.209} = 405.045$$

Para el conjunto del edificio:

$$Q_e = Q_{e1} + Q_{e2} = 211.16 + 405.045 = 616.205 MJ/m^2$$

Según el Reglamento, el edificio tiene un nivel de riesgo intrínseco BAJO-2.

Nivel de riesgo intrínseco		Densidad de carga de fuego ponderada y corregida				
		Mcal/m ²	MJ/m ²			
BAIO	1	$Q_s \leq 100$	$Q_{s} \leq 425$			
BAJO	2	$100 \le Q_{S} \le 200$	$425 \le Q_{\text{S}} \le 850$			
MEDIO	3	$200 \le Q_{S} \le 300$	$850 \le Q_s \le 1.275$			
	4	300 < Q _s ≤400	$1.275 \le Q_s \le 1.700$			
	5	$400 \le Q_{S} \le 800$	$1.700 \le Q_s \le 3.400$			
	6	$800 \le Q_s \le 1.600$	$3.400 \le Q_{s} \le 6.800$			
ALTO	7	$1.600 \le Q_s \le 3.200$	$6.800 \le Q_{s} \le 13.600$			
	8	3.200 < Q _s	13600 < Q _s			

Tabla 73 - Nivel de riesgo intrínseco en función de la densidad de carga de fuego

11.3. Protección pasiva del edificio.

Una vez caracterizado el nivel de riesgo intrínseco, se procede a la definición de los requisitos constructivos del edificio, según el Anexo II del RSCIEI, el cual se corresponde con la Protección Pasiva Contra Incendios.

La protección pasiva tiene como función prevenir la aparición de un incendio, impedir o retrasar su propagación y facilitar tanto la extinción del incendio como la evacuación.

A continuación se procede a la sectorización del edificio, todo establecimiento industrial constituirá, al menos, un sector de incendio cuando adopte las configuraciones de tipo A, B o C. La condición de que el establecimiento constituya al menos un sector de incendio tiene por finalidad el que no se propague un incendio al establecimiento colindante.

La máxima superficie construida admisible de cada sector de incendio será la que se indica en la siguiente tabla del Reglamento.

Riesgo	Configuración del establecimiento					
intrinseco del sector de incendio	TIPO A (m²)	TIPO B (m²)	TIPO C (m²)			
BAJO 1 2	(1)-(2)-(3) 2000 1000	(2) (3) (5) 6000 4000	(3) (4) SIN LÍMITE 6000			
MEDIO 3 4 5	(2)-(3) 500 400 300	(2) (3) 3500 3000 2500	(3) (4) 5000 4000 3500			
ALTO 6 7 8	NO ADMITIDO	(3) 2000 1500 NO ADMITIDO	(3)(4) 3000 2500 2000			

Tabla 74 – Máxima superficie construida admisible de cada sector de incendio

Atendiendo a lo anteriormente expuesto, el edificio compone un único sector de incendio:

Tabla 75 – Sector de	incendios en	el edificio	industrial
----------------------	--------------	-------------	------------

Sector	Nivel de Riesgo Intrínseco	Sup. Construida (m ²)	Sup. Máx. (m ²)	Configuración	Cumple
Nave completa	BAJO-2	653.209	6000	TIPO C	\checkmark

Una vez definido el sector, es necesario definir la estabilidad al fuego de los elementos constructivos. Las exigencias de comportamiento ante el fuego de un elemento constructivo portante se definen por el tiempo en minutos, durante el que dicho elemento debe mantener la estabilidad mecánica o capacidad portante.

La estabilidad al fuego de los elementos estructurales con función portante y escaleras que sean recorrido de evacuación no tendrá un valor inferior al indicado en la siguiente tabla:

Tabla 76 – Estabilidad a	l fuego d	e elementos	estructural	es portantes
--------------------------	-----------	-------------	-------------	--------------

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO	TIF	PO A	TIP	ОВ	TIPO C		
	Planta sótano	Planta sobre rasante	Planta sótano	Planta sobre rasante	Planta sótano	Planta sobre rasante	
BAJO	R 120	R 90	R 90	R 60	R 60	R 30	
	(EF – 120)	<i>(EF – 90)</i>	(EF – 90)	(EF – 60)	(EF – 60)	(EF – 30)	
MEDIO	NO	R 120	R 120	R 90	R 90	R 60	
	ADMITIDO	(EF – 120)	(EF -120)	(EF – 90)	(EF – 90)	(EF – 60)	
ALTO	NO	NO	R 180	R 120	R 120	R 90	
	ADMITIDO	Admitido	(EF -180)	(EF -120)	(EF -120)	(EF – 90)	

Al ser un establecimiento Tipo C, con planta sobre rasante, la resistencia exigida en soportes y estructura portante es R-30. Para alcanzar los valores exigidos, se tratará la estructura portante y soportes con pintura intumescente. Las escaleras proyectadas, al formar parte de un recorrido de evacuación, deberán cumplir con las mismas exigencias.

Las pinturas intumescentes al entrar en contacto con el calor sufren una transformación debido a reacciones químicas, que evita la transmisión del calor al elemento a proteger. Se pueden alcanzar resistencias de hasta R-60, por lo tanto serán una solución válida para este proyecto.

La estructura principal de cubierta se considera ligera, situándose sus soportes en planta baja. Según el reglamento, no se exige resistencia al fuego para estructura de cubiertas ligeras en edificios tipo C con un nivel de riesgo intrínseco bajo

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO	Тіро В	Тіро С
	Sobre rasante	Sobre rasante
Riesgo bajo	R 15 (<i>EF-15</i>)	NO SE EXIGE
Riesgo medio	R 30 (<i>EF-30</i>)	R 15 (<i>EF-15</i>)
Riego alto	R 60 (<i>EF-60</i>)	R 30 (<i>EF-30</i>)

Tabla 77 - Estabilidad al fuego de elementos de cubierta ligera

La resistencia al fuego de los elementos constructivos delimitadores de un sector de incendio respecto de otros no será inferior a la estabilidad al fuego exigida para los elementos constructivos con función portante en dicho sector de incendio. Por lo tanto, será necesaria una estabilidad al fuego R-30 en los elementos constructivos delimitadores de un sector de incendio

Tabla 78 – Estabilidad al fuego exigida para elementos de cubierta ligera

Sector	Nivel de Riesgo Intrínseco	Sup. Construida (m ²)	Configuración	Elementos constructivos	Estabilidad
Nave completa	BAJO-2	653.209	TIPO C	Cerramiento	R-30

Para la aplicación de las exigencias relativas a la evacuación de los establecimientos industriales, se determinará su ocupación P, deducida de la siguiente expresión:

$$P = 1.10p \rightarrow p < 100$$

Donde p representa el número de personas que ocupa el sector de incendio.

Actividad	N.º Ocupantes
Actividad 1: Sala de Reuniones	6
Actividad 2: Oficinas	4
Actividad 3: Recepción	7
Actividad 4: Almacén 1	1
Actividad 5: Almacén 2	1
Almacén 6: Almacén 3	4
Actividad 7: Almacén 4	5
Actividad 7: Cuarto Auxiliar	0
Total (p)	28

Tabla 79 – Número de ocupantes en el edificio

Por lo tanto:

 $P = 1.10 \cdot 28 = 30.8$

La ocupación P del sector de incendios será de 31 personas en total.

Elementos de evacuación:

Debido a que la ocupación no supera, en ningún caso, los 50 ocupantes, no se deberá instalar una salida independiente del resto del edificio.

El recorrido de evacuación es aquel camino que desde todo punto ocupable del edificio, conduce hasta un espacio exterior seguro, donde se pueda dar por finalizada la evacuación de los ocupantes. El espacio exterior permitirá la dispersión de los ocupantes en condiciones de seguridad, y una amplia disipación del calor, humo y gases producidos por el incendio, ya que en este caso, se trata del exterior del edificio.

La longitud de los recorridos de evacuación se medirá sobre el eje. El edificio cuenta con una entreplanta donde se ubican aseos y la zona de oficinas, existiendo en estos una altura de evacuación de 3.75 m

Número y disposición de las salidas:

La planta inferior del edificio dispone de suficientes salidas al exterior para realizar la evacuación en términos de seguridad. La planta superior únicamente contiene una salida, sin embargo ésta se considera suficiente ya que se cumplen las siguientes condiciones:

- La ocupación no excede de 100 personas.
- La longitud de los recorridos de evacuación hasta una salida de planta no excede de 25 m.
- La altura de evacuación de la planta considerada no excede de 28 m

Las distancias máximas de los recurridos de evacuación no superarán los 35 m, según la siguiente tabla del RSCIEI.

Longitud del recorrido de evacuación según el número de salidas			
Riesgo	1 salida 2 salidas alternativa		
	recorrido único		
Bajo(*)	35m(**)	50 m	
Medio	25 m(***)	50 m	
Alto		25 m	

Tabla 80 – Longitud del recorrido de evacuación según el número de salidas

Disposición de escaleras y aparatos elevadores:

Las escaleras que se prevean para una evacuación serán protegidas cuando se utilicen para la evacuación de establecimientos industriales de riesgo bajo y superen los 20 m de altura de evacuación, en este caso, al no superar dicho desnivel, las escaleras proyectadas no serán protegidas.

Dimensionamiento de salidas, pasillos y escaleras

El dimensionado de los elementos de evacuación deberá realizarse conforme a lo indicado en la siguiente tabla según el apartado 4, Dimensionado de los medios de evacuación, de la sección SI 3, del Documento Básico del CTE "Seguridad en caso de incendio" CTE DB-SI

Tipo de elemento	Dimensionado
Puertas y pasos	$A \ge P / 200^{(1)} \ge 0.80 \ m^{(2)}$
	La anchura de toda hoja de puerta no debe ser menor que 0,60 m, ni exceder de 1,23 m.
Pasillos y rampas	$A \ge P / 200 \ge 1,00 m^{(3)(4)(5)}$
En zonas al aire libre:	
Pasos, pasillos y rampas	$A \ge P / 600^{(10)}$
Escaleras	$A \ge P / 480^{(10)}$

Tabla 81 – Dimensionado	de los elemen	ntos de evacuación
-------------------------	---------------	--------------------

Donde:

A: Anchura del elemento, en metros.

P: Número total de personas cuyo paso está previsto por el punto cuya anchura se dimensiona.

Para las puertas y pasos:

$$A \ge \frac{P}{200} = \frac{31}{200} < 0.80 \ m; A = 0.80 \ m$$

La anchura de las puertas interiores previstas como salida de evacuación será de al menos 0.80 m, la anchura mínima prevista para salidas de evacuación hacia el exterior será de 1 m.

Las puertas que cumplen la función de evacuación del área industrial se disponen en fachada, recayendo directamente a espacio exterior seguro, y serán abatibles, de eje de giro vertical y fácilmente operables. La apertura de las puertas será en sentido de la evacuación

Para pasillos y rampas:

$$A \ge \frac{P}{200} = \frac{31}{200} < 1.00 \ m; A = 1.00 \ m$$

Los pasillos, por lo tanto, deberán tener una anchura mínima de 1 m.

Finalmente, para las escaleras al aire libre:

$$A \ge \frac{P}{480} = \frac{31}{480} < 1.00 \ m; A = 1.00 \ m$$

Las escaleras de evacuación, al situarse en el exterior del recinto y no estar protegidas, deberán tener una anchura mínima de 1 metro en todo su recorrido.

Señalización e iluminación

La señalización e iluminación del recinto se realiza de acuerdo con el apartado 7, Señalización de los medios de evacuación, de la Sección SI 3 del Documento Básico del CTE "Seguridad en caso de Incendio" (CTE DB-SI)

Las señales de evacuación se dispondrán conforme a los siguientes criterios:

- a) Las salidas de recinto, planta o edificio tendrán una señal con el rótulo "SALIDA", debiendo ser fácilmente visibles desde todo punto de dichos recintos y los ocupantes estén familiarizados con el edificio. En este caso se señalizarán con esta señal las puertas de salida del edificio al exterior, tanto las de la zona de oficinas como la de los almacenes, siendo un total de 7.
- b) La señal con el rótulo "Salida de emergencia" debe utilizarse en toda salida prevista para uso exclusivo en caso de emergencia. Este edificio no precisa de Salidas de emergencia auxiliares, por lo tanto no se dispondrá de este tipo de señales.
- c) Deben disponerse señales indicativas de dirección de los recorridos, visibles desde todo origen de evacuación desde el que no se perciban directamente las salidas.
- d) En los puntos de los recorridos de evacuación en los que existan alternativas que puedan inducir a error en la evacuación, debe disponerse la señal con el rótulo "Sin salida" en un lugar fácilmente visible, pero en ningún caso sobre las hojas de las puertas.

Estas señales deben de ser visibles en caso de fallo en el suministro al alumbrado normal, por ello las señales contarán con una fuente de luz propia o en su defecto, se situarán en las proximidades de una luminaria de emergencia.

Los medios de protección contra incendios de utilización manual (extintores, bocas de incendio, hidrantes exteriores, pulsadores manuales de alarma y dispositivos de disparo de sistemas de extinción) se deben señalizar mediante señales definidas en la norma UNE 23033-1 cuyo tamaño sea:

- a) 210 x 210 mm cuando la distancia de observación de la señal no exceda de 10 m;
- b) 420 x 420 mm cuando la distancia de observación esté comprendida entre 10 y 20 m;
- c) 594 x 594 mm cuando la distancia de observación esté comprendida entre 20 y 30 m.

Las señales deben ser visibles incluso en caso de fallo en el suministro al alumbrado normal.

Ventilación:

Al ser un establecimiento industrial con sectores de actividades de almacenamiento y riesgo intrínseco bajo, no será necesario instalar un sistema de evacuación de humos.

La ventilación será natural, disponiendo huecos uniformemente repartidos en la parte alta del sector, en este caso en fachada.

Estos huecos deberán de ser practicables de manera manual o automática. Deberán disponerse además huecos para la entrada de aire en la parte baja del sector, en la misma proporción de superficie requerida para los de salida de humos, pudiendo computarse los huecos de las puertas de acceso al sector.

Sistema de almacenamiento:

Se dispondrá de estantes metálicos correspondientes a un sistema de almacenaje independiente, soportando únicamente la mercancía almacenada. Son elementos estructurales desmontables e independientes de la estructura de cubierta.

Será del tipo manual, las unidades de carga que se almacenan se transportan y elevan mediante operativa manual, con presencia de personas en el almacén.

El tipo de almacenamiento seleccionado deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Las dimensiones de las estanterías no tendrán más limitación que la correspondiente al sistema de almacenaje diseñado.
- b) Los pasos longitudinales y los recorridos de evacuación deberán tener una anchura libre no inferior a un metro.
- c) Los pasos transversales entre estanterías deberán estar situados entre sí en longitudes máximas de 10 m.

Con lo anteriormente expuesto, queda definida la protección pasiva del establecimiento industrial.

11.4. Protección Activa del edificio.

A continuación se procede a la definir los requisitos de las instalaciones de protección contra incendios de los establecimientos industriales, según el Anexo III del RSCIEI, el cual se corresponde con la protección activa del edificio.

La protección activa contra incendios tiene como función específica la detección, control y extinción del incendio, a través de una lucha directa contra el mismo y por lo tanto facilitar la evacuación.

Los sistemas de protección a instalar dependerán de la relación entre la tipología del edificio donde se encuentra el sector de incendio, el nivel de riesgo intrínseco del sector y la superficie del sector de incendio.

Todos los aparatos, equipos, sistemas y componentes de las instalaciones de protección contra incendios del establecimiento industrial, así como el diseño, la ejecución, la puesta en funcionamiento y el mantenimiento de sus instalaciones, cumplirán lo preceptuado en el Reglamento de Protección Contra Incendios.

Sistemas automáticos de detección de incendio.

Con estos sistemas se permite detectar un incendio en el tiempo más corto posible y emitir las señales de alarma y de localización adecuada para que puedan adoptarse las medidas apropiadas.

En este caso, según el apartado 3.1. del RSCIEI no es exigible.

Sector	Nivel de Riesgo Intrínseco	Sup. Construida (m ²)	Configuración	Detección Automática
Nave completa	BAJO-2	653.209	TIPO C	NO

Tabla 82 - Detección automática de incendios.

Sistemas manuales de alarma de incendio.

Conjunto de pulsadores que permitirán transmitir voluntariamente por los ocupantes del sector, una señal a una central de control y señalización permanentemente vigilada, de tal forma que sea fácilmente identificable la zona en que ha sido activado el pulsador.

Se instalarán sistemas de alarma de incendios en cada uno de los sectores de incendio en los que no se requiera la instalación de sistemas automáticos de detección de incendios, o cuando la superficie construida supere los 800 m^2 .

En este caso, al no ser necesario un sistema automático de detección, se instalará obligatoriamente un sistema manual de alarma de incendio.

El sistema estará compuesto por:

 Pulsador de alarma: Elementos que permiten avisar manualmente de la presencia de un incendio, mediante la pulsación manual en el mismo, con rotura habitual de una membrana de protección de la placa comunicante al sensor, impidiendo así su accionamiento involuntario. Se situará, en cualquier caso, un pulsador junto a cada salida de evacuación del sector de incendio, y la distancia máxima a recorrer desde cualquier punto hasta alcanzar un pulsador, no debe de superar los 25 m.



Figura 154 - Pulsador de alarma de incendios

- Sirena electrónica direccionable: Elemento que mediante emisión de sonido avisa de la detección de un posible incendio recibido en la central de control. La señal acústica emitida permitirá diferenciar si se trata de una alarma por emergencia parcial o emergencia general, siendo preferente el uso de megafonía.



Figura 155 – Sirena electrónica direccionable

- Sistema de comunicación de alarma: Se instalarán sistemas de comunicación de alarma en todos los sectores de incendio de los establecimientos industriales, si la suma de la superficie construida de todos los sectores de incendio del establecimiento industrial es de 10.000 m2 o superior. Por lo tanto no será necesario en este establecimiento industrial.

Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios:

No es necesario un sistema de abastecimiento de agua contra incendios ya que no se proyectarán sistemas de hidrantes exteriores, sistemas de rociadores, sistemas de bocas de incendio equipadas, ni ningún otro sistema que requiera de necesidades de agua, como se demuestra a continuación, no son exigibles para la configuración de este edificio.

- Sistemas de hidrantes exteriores: Se instalará sistema de hidrantes exteriores según la siguiente tabla obtenida del RSCIEI.

	Superficie del	Riesgo Intrínseco		
Configuración de la zona de incendio	supernicie del sector o área de incendio (m ²)	Bajo	Medio	Alto
Α	<u>≥</u> 300 ≥1000	NO SÍ*	SÍ SÍ	
В	≥1000 ≥2500 ≥3500	NO NO SÍ	NO SÍ SÍ	SÍ SÍ SÍ
С	<u>≥</u> 2000 ≥3500	NO NO	NO SÍ	SÍ SÍ
DoE	≥5000 ≥15000	sí	sí sí	SÍ SÍ

Tabla 83 – Hidrantes exteriores en función de la configuración de la zona y nivel de riesgo intrínseco

Como refleja la tabla anterior, para un nivel de riesgo bajo, no es necesario la instalación de sistema de hidrantes exteriores en edificios tipo C.
Sector	Nivel de Riesgo Intrínseco	Sup. Construida (m ²)	Configuración	Hidrantes exteriores
Nave completa	BAJO-2	653.209	TIPO C	NO

Tabla 84 - Hidrantes exteriores en el edificio

- Extintores de incendio

Se instalarán extintores de incendio portátiles en todos los sectores de incendio de los establecimientos industriales. Las características, número y ubicación de cada uno de ellos se describen a continuación.

Se situarán en lugares fácilmente accesibles y visibles, estarán debidamente señalizados, preferentemente sobre soportes verticales fijados a paramentos verticales, de modo que la parte superior del extintor quede como máximo a 1.70 m del pavimento del suelo.

La disposición de estos se realizará de tal manera que el recorrido máximo horizontal, desde cualquier punto del sector de incendio hasta el extintor, no supere los 15 m.

Por lo tanto cumpliendo las exigencias anteriores, se requieren un total de 5 extintores con un grado de eficacia mínima de 21 A.

- Sistemas de boca de incendio equipadas.

Se instalarán sistemas de boca de incendio equipadas, comúnmente denominadas BIES, cuando se cumplan las disposiciones exigidas en el apartado 9.1. del Anexo III del R.D. 2267/2004.

No es necesaria la instalación de sistemas de boca de incendio equipadas según este apartado en función de la configuración del edificio, su superficie construida y su nivel de riesgo intrínseco.

Sector	Nivel de Riesgo Intrínseco	Sup. Construida (m ²)	Configuración	Bocas de Incendio Equipadas
Nave completa	BAJO-2	653.209	TIPO C	NO

Tabla 85 - Sistemas de boca de incendio equipadas.

- Sistemas de rociadores automáticos.

Se instalarán sistemas de rociadores automáticos de agua en los sectores de incendio si cumplen lo exigido en el apartado 11 del Anexo III.

Debido a que se trata de un edificio tipo C, cuya superficie total construida es menor a 2000 m^2 , no es necesaria la instalación de este tipo de sistema.

Sector	Nivel de Riesgo Intrínseco	Sup. Construida (m ²)	Configuración	Rociadores Automáticos
Nave completa	BAJO-2	653.209	TIPO C	NO

Tabla 86 - Rociadores automáticos en el edificio

- Sistemas de alumbrado de emergencia.

Contarán con una instalación de alumbrado de emergencia de las vías de evacuación los sectores de incendio de los edificios industriales cuando su ocupación sea superior a 25 personas.

La instalación deberá de ser fija, debe tener fuente propia de energía, y entrará automáticamente en funcionamiento al producirse un fallo del 70 % de su tensión nominal de servicio. Deberá mantener las condiciones de servicio durante al menos, una hora desde el momento en el que se produzca el fallo Finalmente deberá proporcionar una luminancia mínima de 1 lx en el nivel del suelo en los recorridos de evacuación.

Señalización

Se procede a la señalización de las salidas de uso habitual o de emergencia, así como la de los medios de protección contra incendios de utilización manual, cuando no sean fácilmente localizables desde algún punto de la zona protegida, teniendo en cuenta lo dispuesto en el Reglamento de señalización de los centros de trabajo, aprobado por el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud.

- Colores de seguridad:

Se utilizará el color rojo para la identificación y localización de los distintos equipos de protección contra incendios. El color verde será utilizado para las señales de salvamento o auxilio.

- Señales de advertencia:

Se dispondrán con una geometría triangular, con el pictograma sobre fondo amarillo, bordes negros.

- Señales de prohibición:

Se utilizará la señal de prohibido fumar en todo el recinto. Esta señal tiene una forma redonda, pictograma negro sobre fondo blanco, bordes y banda rojos.



Figura 156 – Señal de prohibición de fumar

- Señales relativas a los equipos de protección contra incendios:

Se utilizará la señal de indicación de extintor donde se ubique uno de estos elementos de protección. La forma de esta será rectangular o cuadrada, el pictograma será blanco sobre fondo rojo.



Figura 157 - Señal indicativa de la ubicación de extintor de incendio

- Señales de salvamento:

Se utilizarán las siguientes señales de salvamento o socorro en las distintas paredes del edificio, para indicar la salida del edificio más próxima o el recorrido que debe seguirse para desalojar el edificio lo antes posible. Tendrá forma rectangular o cuadrada, pictograma blanco sobre fondo verde.



Figura 158 - Señal de salida de evacuación

Con lo anterior, queda definida de forma general la instalación de protección contra incendios, a continuación se plasman estas soluciones en el programa de diseño Revit.

10.5. Instalación de protección contra incendios en Revit.

Para trabajar en la instalación de protección contra incendios en Revit será muy útil la herramienta de espacios y zonas, incluyendo parámetros adicionales. Es común utilizar esta aplicación para determinar sectores de incendio, pudiendo posteriormente comprobar superficies en tablas de planificación o simplemente representarlos de forma diferente en un plano de manera que queden bien identificados.

En este caso no será de tal utilidad por varios motivos, el primero es que el edificio completo compone un único sector, por lo tanto carece de sentido realizar nuevamente cuadros de superficie y representarlo de manera homogénea. El segundo motivo, y definitivo, es que un espacio no puede pertenecer a más de una zona. Anteriormente se ha hecho uso de esta herramienta para diferenciar los espacios según su tipología de ventilación, por lo tanto no puede volver a utilizarse para este fin sin deshacer el trabajo realizado previamente.

Para comenzar, se define el nivel de ocupación según CTE DB SI. Esto se realiza mediante una tabla de planificación en Revit donde utilizando parámetros definidos anteriormente como el área total por persona según el tipo de espacio y generando nuevos como el número de personas total según el Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos industriales. Aplicando filtros y reordenando la tabla queda lo siguiente:

<nivel ocupacion="" pci=""></nivel>					
A B C D E F					
Nombre	Área	Área por persona	Número de person	N_Personas	N personas PCI
Almacén 1	24 m²	40 m²	0.606044	1	1.1
Almacén 2	37 m²	40 m²	0.92358	1	1.1
Almacén 3	142 m²	40 m²	3.550971	4	4.4
Oficinas	37 m²	10 m²	3.701028	4	4.4
Almacén 4	196 m²	40 m²	4.909316	5	5.5
Sala de reuniones	58 m²	10 m²	5.81682	6	6.6
Atención al cliente	32 m²	5 m²	6.40673	7	7.7
7			25.914489	28	30.8

Tabla 87 - Nivel de ocupación para Protección Contra Incendios

La tabla anterior servirá como base para desarrollar la instalación, ésta se encontrará accesible en todo momento dentro de la documentación del proyecto.

La ventaja de documentar la información dentro del propio proyecto es la actualización en tiempo real, es decir, cualquier cambio que se realice en el proyecto quedará reflejado en la tabla de planificación.

A continuación se comprueba que la zona destinada a actividades diferentes a la de almacenamiento no supera los 250 m², para ello se utilizará el navegador de sistemas. En este caso, la zona destinada a oficinas y venta al público tiene una superficie de 127.212 m², de modo que en toda la superficie del edificio será de aplicación el Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales.

Propiedades		×	Navegador de sistema - RevitInstal	X
D			Zonas 🗸	📑 🎼
		-	Zonas	
			🕀 🛄 Por defecto	
Zonas de climatización	(1) ~	Editar tipo	🗄 📲 Almacenes G	
	(17	· ·	🕀 🛄 Almacenes P	
Restricciones		* ^	🚛 🛄 Aseos P1	
Nivel	Nivel 2			
Cotas		\$	Aseos Pb	
Área ocupada	127.212 m ²			
Área bruta	127.212 m ²		Atencion al cliente	
Volumen ocupado	288.366 m ³		12 Sala de reuniones	
Volumen bruto	288.366 m ³	v .	·····································	
Ayuda de propiedades		Aplicar		

Figura 159 – Propiedades de la zona de oficinas y venta al público.

De la misma forma, a través de una tabla de planificación de espacios, se obtiene la superficie construida total del edificio. Con este valor se comprueba que no supera la superficie máxima establecida por sector para establecimientos Tipo-C, 6000 m².

Para generar dicha tabla es necesario medir previamente la superficie construida de cada planta, sin embargo, esta acción no se puede realizar directamente en Revit sin generar previamente un plano de área, y a continuación, crear el contorno de la superficie que se desee medir.

Finalmente genera el área y etiquetándola, se obtiene lo siguiente. Esta acción habrá que realizarla tantas veces como niveles de planta existan en el proyecto, siendo dos en este caso.



Figura 160 - Plano de superficie construida. Nivel 1, Nivel 2, Revit

De nuevo, si se desea recoger estas medidas habrá que crear una nueva tabla de planificación. Agregando los campos necesarios y reordenando se obtendrá lo siguiente.

<tabla de="" planificación="" superficie<br="">construida></tabla>				
A B C				
Nivel Nombre Área				
Nivel 1 Superficie construida 1		529 m²		
Nivel 2 Superficie construida 2 125 m ²				
Total general: 2		653 m²		

Tabla 88 - Superficie construida del edificio

De este modo se obtiene la superficie construida total del establecimiento, de manera que con el Reglamento de Seguridad Contra Incendio en los Establecimientos Industriales se procede a calcular el nivel de riesgo intrínseco del edificio, ya que estos cálculos no se pueden realizar en Revit.

Una vez realizados los cálculos y definido el edificio completo como único sector de incendios, se puede representar para obtener un plano de cómo queda la sectorización del edificio.



Figura 161 - Sector de incendios, edificio completo. Revit.

Para indicar la resistencia al fuego, Revit trae en algunos elementos por defecto un parámetro denominado "Clasificación para incendios" donde se puede indicar la resistencia al fuego que debe tener dicho elemento, o en caso de ser un fabricante, incorporar la resistencia real de dicho elemento. Esto ocurre por ejemplo en los muros. Estos datos se trabajan, a diferencia de lo anterior, en el archivo de arquitectura, ya que es aquí donde se crearon.

Tipo:	hormigon 16 cm	~	Duplicar
		C	ambiar nombre
Parámetros	a de tipo		
	Parámetro	Valor	=
Propieda	des analíticas		\$
Coeficien	te de transferencia de	e c 0.7537 W/(m²·K)	
Resistenc	ia térmica (R)	1.3268 (m ² ·K)/W	_
Masa térmica		17.01 kJ/K	
Absortancia		0.700000	
Aspereza		1	
Datos de	identidad		*
lmagen d	le tipo		
Nota clav	'e	Me.6.2	
Modelo			
Fabricant	e		
Comenta	rios de tipo		
URL			
Descripci	ón		
Descripci	ón de montaje		
Código d	e montaje		
Marca de	tipo		
Clasificad	ión para incendios	R-30	
Costo			

Figura 162 – Propiedades de muro

En los pilares y vigas, por ejemplo, sucede lo contrario, no disponen de ningún parámetro para incorporar estas características, sin embargo, puede ser creado por el usuario.

Como se mencionó anteriormente, los elementos estructurales serán tratados con pintura intumescente, para una representación más cercana a la realidad, se modificarán los pilares y vigas necesarios, dotándoles de un color blanquecino propio de este tipo de pinturas. Además, aprovechando esta edición de familia, se generará el parámetro "Clasificación para incendios".



Figura 163 – Vista exterior de la nave industrial, Enscape.

A continuación se procede a la representación de los elementos de evacuación, comenzando por los recorridos de evacuación.

Se dibujarán sobre un plano específico los recorridos más desfavorables y se comprobarán que en ningún caso superan los límites establecidos. La distancia se medirá desde el origen de la evacuación hasta el espacio exterior seguro, siempre sobre el eje.

Según el RSCIEI, las distancias de los recorridos de evacuación no superarán los 35 m.

Por medio de la herramienta "medir en cadena" de Revit, de forma rápida se comprueba que ninguno de los recorridos supera dicha distancia. Finalmente con un texto de etiqueta se puede anotar la medida para que quede reflejada en el plano.



Figura 164 – Salidas de evacuación del edificio. Revit.

A continuación se comprobarán las dimensiones de puertas pasos y pasillos, verificando que cumplen con la anchura mínima:

- Puertas y pasos: La anchura de las puertas interiores previstas como salida de evacuación será de al menos 0.8 m, la puerta de salida de evacuación hacia el exterior será 1 m
- Pasillos y rampas: Deberán disponer de una anchura mínima de un metro
- Las escaleras de evacuación deberán disponer de una anchura mínima de un metro en todo su recorrido.



Figura 165 – Anchura de los elementos de evacuación

Como queda reflejado, todas los elementos de paso en los recorridos de evacuación tienen las dimensiones mínimas. En el caso de las puertas batientes de los almacenes 3 y 4, contendrán salidas de emergencia aptas para el paso peatonal.

A continuación se adjunta una imagen representativa de cómo son las puertas batientes con una puerta de salida de emergencia peatonal contenida en ella.



Figura 166 – Puerta batiente con puerta de paso peatonal.

Este elemento no se encuentra en formato BIM, tanto en las familias de las biblioteca de Revit como en la red subido por algún fabricante. Por lo tanto habrá que modelarlo en el editor de familias de Revit.

Se parte de una puerta batiente que aparece en la biblioteca de Revit, a continuación, se le genera un hueco con las dimensiones de la puerta a insertar. Una vez generada esta cavidad, se procede al diseño de la puerta, en este caso se tratará de una salida de emergencia de 2 x 1.20 m. Más adelante se le añadirán los accesorios principales de la puerta como los tiradores externo e interno. Para finalizar, hay que dibujar en plano las líneas batientes correspondientes al movimiento de la puerta, de modo que quede definido la orientación y el sentido de apertura.

Es recomendable definir los niveles de detalle de visualización de la puerta, de manera que sea personalizable



directamente en la interfaz de trabajo de Revit, sin necesidad de volver de nuevo al editor de familias.

Figura 167 – Vista exterior e interior de la puerta basculante, Enscape.

Seguidamente se procede a la señalización e iluminación, las luminarias correspondientes al alumbrado de emergencia y a los recorridos de evacuación quedaron definidas en el capítulo anterior de iluminación.

Por lo tanto quedará señalizar las salidas del recinto con el rótulo "SALIDA" y las señales indicativas de tramo sin salida con el rótulo "Sin salida"

La primera de ellas, se descarga a través de la plataforma Bimetica.com y a continuación se coloca en las salidas hacia el exterior del edificio, siendo un total de 7.



Figura 168 - Sección salida exterior planta primera, Revit.

La segunda de ellas, se situará en la entrada al almacén 2, único local que no dispone de salida hacia el exterior.



Figura 169 - Señal "Sin salida", Revit.

Finalmente queda señalizar los medios de protección contra incendios de utilización manual, en este caso, pulsadores manuales de alarma y extintores de incendio, tarea que se realizará cuando se instalaen cada uno de ellos.

A continuación se procede a definir los elementos correspondientes a la protección activa del edificio, definidos con anterioridad.

Se comenzará definiendo el sistema de alarma de incendio, compuesto por pulsadores y sirenas electrónicas.

Los pulsadores de alarma se situarán junto a cada salida de emergencia del edificio, se comprobará que desde cualquier punto hasta alcanzar un pulsador no debe de superar los 25. Esta comprobación se realiza de forma sencilla trazando una circunferencia auxiliar de 25 m de radio, de forma que ningún recinto del edificio quede fuera de este trazado.

Esta "mejora" de las familias que se va a realizar consistirá en generar un círculo de anotación visible cuando sea requerido, permitiendo demostrar que se cumplen las exigencias.

En el caso de los pulsadores de alarma se edita la familia, generando el círuclo de anotación y creando un nueva subcategoría vinculada a equipos de alarma. De esta manera, para ocultar esta línea bastará con desactivar esta subcategoría en los parámetros de visibilidad de cualquier vista.

Debido a que se instala un pulsador en cada salida hacia el exterior, no es necesario hacer dicha comprobación, ya que la longitud de la nave es de 26 m y por lo tanto cumple las exigencias mínimas.

Se instalarán sirenas electrónicas en las fachadas exteriores del edificio excepto en la sur, y en el interior del edificio, una en cada uno de los siguientes recintos: oficinas, zona de venta al público, almacén 3, 4, y zona auxiliar, garantizando que desde cualquier punto del edificio se escuche la emisión acústica.

Por último, estos elementos irán conectados a una central de alarma de incendios, encargada vincular todos los pulsadores de alarma y bocinas acústicas del recinto del recinto.

Los elementos que se insertarán en el archivo de Revit son los siguientes:



Figura 170 – Elementos del sistema de alarma de incendios, Revit.

Estos elementos poseen un conector eléctrico asociado a "alarma de incendios", por lo que se podrá generar un sistema de alarma de incendios que agrupe a todos ellos. El cuadro general de alarma, colgará de un cuadro de distribución estándar, instalado en planta baja.

Se describirá con mayor detalle los conectores eléctricos en el capítulo siguiente correspondiente a electricidad.

A continuación se procede a instalar los extintores de incendio portátiles, se colocarán de forma que desde cualquier distancia del sector hasta el extintor no se supere la distancia de 15 metros, para ello se hace uso nuevamente de los círculos de anotación.



Figura 171 – Comprobación de distancia máxima a un extintor (I), Revit.

En este caso se comprueba como un único extintor es suficiente para toda la superficie de la entreplanta.



Figura 172 - Comprobación de distancia máxima a un extintor (II), Revit.

Por el contrario, en el almacén número 4, será imprescindible instalar un segundo extintor por la situación de los estantes de almacenamiento. En definitiva, esto es una forma rápida de situar los extintores de incendio conforme a las exigencias del Reglamento.

Siguiendo estas directrices, los extintores quedarán fijados a pavimentos verticales de modo que la parte superior del mismo quede como máximo a una distanacia de 1.70 m del pavimento del suelo. Para comprobar este requisito, se realiza una sección y se comprueba que altura se ha situado el extintor.

Para completar la instalación de los extintores, se puede crear un parámetro dónde quede indicado el grado de eficacia que disponen. Esto puede ser útil en el caso que se necesitasen diferentes tipos de extintor a la hora de hacer mediciones.

Por último, es necesario señalizar correctamente la ubicación de los extintores.



Figura 173 - Sección del edificio, extintor de incendio señalizado, Revit.

Con lo anterior, queda terminada la instalación de protección contra incendios del edificio. En los planos correspondientes quedará reflejado la ubicación definitiva de todos los elementos que componen esta instalación.

12.

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE B.T.

El objetivo de este apartado consiste en la descripción y definición de los elementos necesarios de la red eléctrica de baja tensión de la nave proyectada.

12.1. Descripción de la instalación.

El diseño de la instalación de baja tensión, como cualquier otra, se realizará en función de las necesidades energéticas previstas y la actividad desarrollada. En este caso se trata de un suministro individual para un usuario único.

Al ser una nave ubicada en una zona retirada, será necesario partir de un transformador de media a baja tensión de la compañía suministradora, situado en las proximidades del recinto. Este estudio abarca desde la acometida en baja tensión hasta cada uno de los aparatos que forman parte de la instalación eléctrica del edificio.

Se dará comienzo definiendo la instalación de enlace, encargada de unir la caja general de protección con la instalación interior de la nave, es decir desde la acometida hasta los dispositivos generales de mando y protección.

La instalación de enlace discurrirá por zonas de uso común, siendo propiedad del usuario, responsable de su conservación y mantenimiento.

A continuación se detallan las partes que constituyen las instalaciones de enlace, indicando también sus abreviaturas más comunes, las cuales se utilizarán a partir de ahora.

- Caja General de Protección (CGP): Aloja los elementos de protección para la línea de suministro. Tiene tres fusibles en su interior, uno por cada fase.
- Línea General de Alimentación (LGA): Línea que une el CGP con el cuadro principal situado en el interior de la nave, discurre subterráneamente entubada.
- Elementos para la ubicación de contadores (CC)
- Derivaciones Individuales (DI): circulan desde el contador hasta el interruptor de control de potencia. En el caso del suministro monofásico, que son la mayoría de los aparatos, la derivación individual estará compuesta por un conductor de fase, un conductor neutro y otro de protección, comúnmente denominado tierra.
- Caja para Interruptor de Control de Potencia (IPC): Interruptor instalado por la compañía eléctrica utilizado para limitar el consumo de energía del cliente a la potencia contratada. Se encuentra conectado a los conductores de provenientes de la derivación individual, de forma que si la potencia consumida por los aparatos eléctricos conectados es superior a la contratada, se interrumpirá inmediatamente el suministro.
- Dispositivos Generales de Mando y Protección (DGMP): Su misión consiste en proteger toda la instalación interior contra sobrecargas y cortocircuitos, y a los ocupantes del edificio contra contactos directos e indirectos.

En este caso, al tratarse de un único usuario, según la ITC-BT-12, se podrán simplificar las instalaciones de enlace al coincidir en el mismo lugar la Caja General de Protección y la situación del equipo de medida, y no existir por tanto la línea general de alimentación, siendo el esquema general el siguiente:



Figura 174 – Esquema general para instalación de enlace de usuario único

La instalación interior de este edificio estará compuesta por un Cuadro General del que parte un Subcuadro secundario de distribución

Se instalará un sistema de puesta a tierra con objeto de limitar la tensión con respecto a tierra que puedan presentar en algún momento dado las masas metálicas, asegurando la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

El esquema seleccionado, según la ITC-BT-08^[22], debe hacerse en función de las características técnicas y económicas de cada instalación, sin embargo, en algunos casos queda restringida esta selección, como ocurre en el caso de estudio.

El esquema de distribución para instalaciones receptoras alimentadas directamente de una red de distribución pública de baja tensión, el esquema seleccionado deberá ser el TT.



Figura 175 – Esquema de distribución tipo TT

Este esquema tiene un punto de alimentación conectado directamente a tierra, las masas de la instalación receptora están conectadas a una toma de tierra separada de la toma de tierra de la alimentación.

Al no superar la ocupación de 100 personas, no será necesaria la instalación de un grupo electrógeno auxiliar.

12.2. Previsión de potencia

Para comenzar el cálculo de instalación es necesario tener una estimación de la potencia necesaria. Existen dos formas de obtener este valor, en función de si las cargas son conocidas o si por el contrario no lo son. En este caso, al tratarse de una pequeña instalación, cuyas potencias son conocidas, se procede a realizar un cálculo de las cargas del edificio. Se realiza el cálculo por separado de los circuitos de fuerza y alumbrado.

	POTENCIA INSTALADA TOTAL - FUERZA						
Nivel	Zona	Elemento	Uds.	Potencia Unitaria W/d	Potencia Instalada W		
		Tomas de corriente 16 A	3	3.680	11.040		
	Aseos PB	Ventilador lineal	1	30	30		
		Termo eléctrico	1	21.000	21.000		
	Zenewante	Tomas de corriente 16 A	3	3.680	11.040		
	Zona venta	Split Refrigeración	1	600	600		
Planta Baja	Almacén 1	Tomas de corriente 16 A	1	3.680	3.680		
	Almacén 2	Tomas de corriente 16 A	1	3.680	3.680		
	Almacén 3	Tomas de corriente 16 A	2	3.680	7.360		
	Almacén 4	Tomas de corriente 16 A	2	3.680	7.360		
	Auxilian	Tomas de corriente 16 A	2	3.680	7.360		
	Auxiliar	Grupo presión	1	230	230		
		Tomas de corriente 16 A	3	3.680	11.040		
	Aseos P1	Ventilador lineal	1	30	30		
Planta Primera		Termo eléctrico	1	21.000	21.000		
	Zana oficinas	Tomas de corriente 16 A	11	3.680	40.480		
	Zona oficinas	Split refrigeración	2	600	1.200		
Común	Zona climatizada	Recuperador de calor	1	530	530		
Comun	Aparato elevador	Ascensor	1	5.000	5.000		
TOTAL:					152.660		

Tabla 89 - Potencia total instalada fuerza.

Tabla 90 - Potencia total instalada iluminación.

	POTENCIA INSTALADA TOTAL - ILUMINACIÓN							
Nivel	Zona	Luminaria	Uds.	Potencia Unitaria W/d	Potencia Instalada W			
	Aseos PB	Luxiona Troll 4000 k	6	20	120			
	Zona venta	Varton - V-01-071-036-4100K	4	36	144			
	Almacén 1	LED50S-835	2	36	72			
Planta Baja	Almacén 2	LED50S-836	2	36	72			
	Almacén 3	LED HP 3030	4	100	400			
	Almacén 4	LED HP 3030	6	100	600			
	Auxiliar	LED HP 3030	2	100	200			
	Aseos P1	Luxiona Troll 4000 k	6	20	120			
Planta primera	Zona oficinas	Varton - V-01-071-036-4100K	21	36	756			
	Exterior	Norka 50w12V	12	50	600			
TOTAL:					3.084			

Por lo tanto, la potencia total instalada resulta:

	POTENCIA TOTAL INSTALADA (W)
FUERZA	152.660
ILUMINACIÓN	3.084
TOTAL	155.744

Tabla 91 - Potencia total instalada

A continuación, se realiza una estimación real de la potencia necesaria. Partiendo de los datos anteriores, se aplicarán factores de simultaneidad y de uso, de forma que se tenga una previsión más cercana al valor necesario de la instalación.

	PREVISIÓN DE CARGAS - FUERZA							
Planta	Zona	Elemento	Potencia Instalada W	Factor de simultaneidad	Factor de uso	Previsión de carga		
		Tomas de corriente 16 A	11040	0,1	1	1.104		
	Aseos PB	Ventilador lineal	30	1	0,9	27		
		Termo eléctrico	21000	1	0.7	14.700		
	Zana vonta	Tomas de corriente 16 A	11040	0,1	1	1.104		
	zona venta	Split Refrigeración	600	1	0,9	540		
Planta Baja	Almacén 1	Tomas de corriente 16 A	3680	0,1	1	368		
	Almacén 2	Tomas de corriente 16 A	3680	0,1	1	368		
	Almacén 3	Tomas de corriente 16 A	7360	0,1	1	736		
	Almacén 4	Tomas de corriente 16 A	7360	0,1	1	736		
	Auvilian	Tomas de corriente 16 A	7360	0,1	1	736		
	Auxiliar	Grupo presión	230	1	0,7	161		
		Tomas de corriente 16 A	11040	0,1	1	1.104		
	Aseos P1	Ventilador lineal	30	1	0,9	27		
Planta Primera		Termo eléctrico	21000	1	0.7	14.700		
1 mileru	Zono oficinos	Tomas de corriente 16 A	40480	0,1	1	4.048		
	Zona oncinas	Split refrigeración	1200	1	0,9	1.080		
Común	Zona climatizada	Recuperador de calor	530	1	0,9	477		
contail	Aparato elevador	Ascensor	5000	1	1	5000		
TOTAL:						47.016		

Tabla 92 – Previsión de cargas, Fuerza.

Para la instalación de iluminación se aplicará un coeficiente de simultaneidad global de 0.9

Tabla 93 – Previsión de cargas, iluminación.

PREVISIÓN DE CARGAS - ILUMINACIÓN				
Potencia total instalada Factor simultaneidad global TOTAL				
3.084	0,9	2775,60		

Finalmente, sumando los valores correspondientes a la previsión de cargas de iluminación y fuerza, se obtiene el valor de la potencia real de cálculo P. Considerando un factor de potencia de 0.9 se estiman los valores de la carga aparente y potencia reactiva de la instalación.

POTENCIA SIMULTÁNEA TOTAL ILUMINACIÓN	2775,6	W
POTENCIA SIMULTÁNEA TOTAL - FUERZA	47.016	W
POTENCIA REAL (P) DE CÁLCULO	49.791	W
POTENCIA REACTIVA (Q) DE CÁLCULO	24.115,17	Var
POTENCIA APARENTE (S) DE CÁLCULO	55.324	VA

Tabla 94 - Potencia activa, reactiva y aparente de la instalación

Con estos valores se procede a contratar la tarifa apropiada de la compañía eléctrica, en este caso, se requerirá de una potencia mínima de 50 kW, contratados en régimen de baja tensión a la empresa Sevillana Endesa.

Al no superar los 100 kW de potencia, no será necesario la instalación de un centro de transformación propio.

12.3. Cálculo de la instalación

Todos los valores nominales de secciones y calibres de protecciones están calculados y justificados a continuación.

- Cálculo de la acometida y caja general de protección CGP

Punto de acceso a la línea de baja tensión. Para su elección y cálculo, como el resto de los componentes, se realiza conforme el Reglamento de Instalaciones de Baja Tensión (ITC-BT) y las Normas Particulares de Endesa.^[23]

Conocida la potencia total del edificio, se procede a calcular la intensidad máxima admisible de cada tramo, empleando la siguiente ecuación para sistemas trifásicos.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot Cos(\varphi)} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}$$

Donde

I: Intensidad que debe soportar el cable, medido en Amperios.

S: Potencia aparente de la instalación.

U: Tensión de la red.

$$I = \frac{55.324}{\sqrt{3} \cdot 400} = 79.853 \,A$$

Los cables de acometida serán conductores de aluminio, unipolares, con aislamiento de polietileno reticulado XLPE, y cubierta de PVC, de tensión asignada 0.6/1 Kv. En su paso hasta el nivel de la CGP, las acometidas se protegerán normalmente mediante tubo de polietileno de 160 mm de diámetro nominal, según las Normas UNE EN 50086-2-4 y UNE EN 50086-2-4/A1.

El conductor normalizado para la acometida subterránea será RV 0.6/1Kv 4 x 1 x 50 Al.

Con la intensidad de cálculo, se selecciona la CGP, en particular, una caja CGP-7-100, cuya intensidad máxima de fusible es de 100 A, según la siguiente tabla.

Designación	B	ases	Intensidad máxima
de la CGP	Número	Tamaño	(A)
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 95 - Cajas generales de protección (CGP) homologadas

- Cálculo de los conductores

Para el dimensionado de los conductores, se calcula la intensidad de fusible mediante la intensidad de cálculo, empleando la intensidad máxima admisible correspondiente para obtener una determinada sección que, seguidamente se debe comprobar mediante caída de tensión.

$$I_{cálculo} = 79.853 A$$

Se define el material de los conductores, siendo cobre en este caso.

Dado que $I_{cálculo} \leq I_{fusible}$, se considera el valor establecido para intensidad de fusible más próximo al valor anterior, según los siguientes valores establecidos.

Tabla 96 - Valores típicos de intensidad de interruptores y fusibles

5, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 630

$$I_{fusible} = 80 A$$

Finalmente, sabiendo que $I_{fusible} \leq I_{admisible}$, se determina la $I_{admisible}$ a partir de la tabla A52-1bis de la Norma UNE 20460-5-523:2004. Los conductores serán aislados en tubos, con montaje superficial B1, 3X XLPE para sistemas trifásicos.

_														
A1		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes		3x PVC	2X PVC		3X XLPE	2X XLPE						
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2X PVC		3X XLPE	2X XLPE							
B1	p	Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC	2X PVC		3X XLPE		2X XLPE			
B2	Ø	Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra			3x PVC	2X PVC		3X XLPE	2X XLPE					
c		Cables multiconductores directamente sobre la pared					3x PVC		2X PVC	3X XLPE		2X XLPE		
E		Cables multiconductores al aire libre Distancia a la pared no inferior a 0,3 D						3x PVC		2X PVC	3X XLPE		2X XLPE	
F	000 8 80	Cables unipolares en contacto mutuo Distancia a la pared no inferior a D							3x PVC		2x PVC	3X XLPE		2x XLPE
G	12. Jana	Cables unipolares separados mínimo D									3x PVC		3X XLPE	
_		Sección mm ^a	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		15	11	11.5	13	13.5	15	16	16.5	19	20	21	24	
		2.5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	
		4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	-
		6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	-
		10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	•
		16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	1.0
		20	58	77	86	06	104	110	110	103	137	144	154	174
	OBRE	50		94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210
	OBRE	70				149	160	171	185	199	214	224	244	269
		95	•	•		180	194	207	224	241	259	271	296	327
		120		•		208	225	240	260	280	301	314	348	380
		150	*		•	236	260	278	299	322	343	363	404	438
		185	•	•	•	268	297	317	341	388	391	415	464	500
		240			1 C	315	401	3/4	401	435	408	490	632	678
		400			1.	431	480	515	552	599	645	674	770	812
		500		<u> </u>		493	551	592	633	687	741	774	889	931
		630	-			565	632	681	728	790	853	890	1028	1071

Tabla 97 – Intensidades admisibles según características de la instalación.

A partir de la tabla anterior, se obtiene que la intensidad admisible será de 119 Amperios y la sección para cada una de las fases de 35 mm².

 $I_{admisible} = 119 A$ $S_{fase} = 35 mm^2$

Con estos datos, se determina la sección del neutro y el diámetro del tubo de protección según la ITC-BT-14

Secciones (mm.)		Diametro exterior
FASE	NEUTRO	de los tubos (mm)
10 (Cu)	10	75
16 (Cu)	10	75
16 (Al)	16	75
25	16	110
35	16	110
50	25	125
70	35	140
95	50	140
120	70	160
150	70	160
185	95	180
240	120	200

|--|

Donde se obtiene que para una sección de fase de 35 mm², corresponde una sección del cable neutro de 16 mm².

$$S_{neutro} = 16 \ mm^2$$

 $\emptyset_{tubo} = 75 \ mm^2$

A continuación se procede a realizar la comprobación por caída de tensión, para ello se hace uso de la siguiente ecuación:

$$\varepsilon(\%) = \frac{1}{\gamma} \cdot \frac{P \cdot L \cdot 100}{U^2 \cdot S_{fase}}$$

Donde:

 γ : Conductividad, en el caso de 3X XLPE, 43.6 m/ Ω mm²

P: Potencia de la instalación, medida en Watios.

L: Longitud del cable en metros

U: Tensión de la instalación, cuyo valor para un sistema trifásico es de 400 V.

S_{fase}: Sección de la fase del conductor en mm.

$$\varepsilon(\%) = \frac{1}{43.6} \cdot \frac{50000 \cdot 15 \cdot 100}{400^2 \cdot 35}$$

$$\epsilon(\%) = 0,30$$



Figura 176 – Esquema para un único usuario.

En este caso, donde existe un esquema para un único usuario, la caída de tensión podrá ser como máximo de 1.5%. Por tanto, el dimensionado de la sección cumple.

Por lo tanto, el cable quedaría definido de la siguiente forma:

- 3 x 35 mm2 + 1 x 16 mm2 ø 75mm
- Cuadro general de mando y protección

Se instala sobre la pared, en un lugar de fácil acceso, a una altura mínima de 1 metro haciendo cómoda su utilización. Según el ITC-BT-17 Hay que elegir uno con un grado de protección mínimo IP 30 según UNE 20.324 e IK07 según UNE-EN 50.102. Los dispositivos generales e individuales de mando y protección serán, como mínimo:

- Interruptor general automático de corte omnipolar, que permita su accionamiento manual y que esté dotado de elementos de protección contra sobrecarga y cortocircuitos. Este interruptor es independiente del interruptor de control de potencia.
- Interruptor diferencial general, destinado a la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos, salvo que se realice mediante otros dispositivos de acuerdo con la ITC-BT-24.
- Dispositivos de corte omnipolar, destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores del local.
- Dispositivos de protección contra sobretensiones, cuando sea necesario según ITC-BT-23. Todo circuito debe estar protegido contra los efectos de las sobreintensidades que puedan presentarse en el mismo, para la cual la interrupción del circuito deberá realizarse en un tiempo conveniente para las sobreintensidades previsibles.

Las sobreintensidades se pueden producir por sobrecargas debidas a los aparatos de utilización o defectos de aislamiento de gran impedancia, por cortocircuitos y por descargas eléctricas atmosféricas. Para proteger a la instalación contra estos factores, se realiza lo siguiente:

- 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 cortacircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.
- 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 admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte omnipolar

La norma UNE 20.460-4-43 recoge todos la información requerida para los dispositivos de protección.

- Sistema de distribución

Se instalará un cuadro principal para el suministro de fuerza y alumbrado a los almacenes 3,4 y cuarto auxiliar, alimentará a un subcuadro encargado de dar suministro de fuerza y alumbrado a la zona de venta, oficinas, aseos y almacenes 1 y 2, ubicados bajo la entreplanta.

La distribución queda de la siguiente manera:

Cuadro General							
N.°	Descripción	Suministro	Potencia (W)				
C1	Almacén 3	Fuerza + Alumbrado	1.136				
C2	Almacén 4	Fuerza + Alumbrado	1.336				
C3	Auxiliar	Fuerza + Alumbrado	936				
C4	Grupo presión	Fuerza	230				
C5	Cuadro secundario	Fuerza + Alumbrado	58.770				
TOTAL:			62.408				

Tabla 99 – Cuadro eléctrico	general de la instalación
-----------------------------	---------------------------

186

	Cuadro Secundario								
N.°	Descripción Suministro		Potencia (W)						
S 1	Aseos P0	Fuerza + Alumbrado	1.224						
S2	Aseos P1	Fuerza + Alumbrado	1.224						
S 3	Zona de venta	Fuerza + Alumbrado	1.248						
S4	Almacén 1	Fuerza + Alumbrado	440						
S5	Almacén 2	Fuerza + Alumbrado	440						
S 6	Zona oficinas	Fuerza + Alumbrado	4.804						
S 7	Termos eléctricos	Fuerza	42.000						
S 8	Climatización	Fuerza	1.800						
S 9	Ventilación almacenes	Fuerza	30						
S10	Ventilación Zona oficinas	Fuerza	530						
S11	Ventilación Aseos	Fuerza	30						
S12	Ascensor	Fuerza	5.000						
TOTAL:			58.770						

Tabla 100 - Cuadro eléctrico secundario.

A continuación se procede a realizar el cálculo del cableado de cada cuadro parcial, para ello se realizará a modo de ejemplo el cuadro parcial S6 correspondiente al alumbrado y fuerza de la zona de oficinas.

Densidad de corriente: Alumbrado

Sistema: monofásico.

$$I_{C\acute{a}lculo}(A) = \frac{P}{U \cdot Cos(\varphi)}$$

$$I_{C\acute{a}lculo}(A) = \frac{756}{230 \cdot 0.9} = 3.652 \, A$$

A continuación se selecciona el dispositivo de seguridad del circuito, teniendo en cuenta que la intensidad del fusible debe de ser mayor que la intensidad de cálculo y menor que la máxima admitida por el cable.

En este caso:

$$I_{Fusible} = 5 A$$

Conociendo que la instalación se realizará con cables de cobre PVC2X, y que su montaje será aislado en tubos en montaje superficial (B), se establece la intensidad máxima admisible por medio de la siguiente tabla.

A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE 0 EPR						
В		Conductores aislados en tubos ³ en montaje super- ficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC			3x XLPE 0 EPR	2x XLPE o EPR		
B2		Cables multiconductores en tubos ³⁰ en montaje su- perficial o emprotrados en obra			3x PVC	2x PVC		3x XLPE 0 EPR		2x XLPE 0 EPR			
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared ¹⁹					3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE 0 EPR		
E		Cables multiconductores al aire libre ⁹ Distancia a la pared no inferior a 0.3D ⁹						3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR	
F	A 3	Cables unipolares en contacto mutuo ⁴ : Distan- cia a la pared no inferior a D ⁵							3x PVC			3x XLPE 0 EPR ¹⁰	
G .	80 (100 000) 100 (100 000) 100 (100 000)	Cables unipolares sepa- rados mínimo D ¹¹									3x PVC ¹⁰		3x XLPE o EPR
14		mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Cobre	1,5 2,5 4 6 10 16 25 35 50 70 95 120 150 185 240	11 15 20 25 34 45 59	11,5 16 21 27 37 49 64 77 94	13 17,5 23 30 40 54 70 86 103	13,5 18,5 24 32 44 59 77 96 117 149 180 208 236 268 315	15 21 27 36 50 66 84 104 125 160 194 225 260 297 350	16 22 30 37 52 70 88 110 133 171 207 240 278 317 374	96 119 145 188 230 267 310 354 419	18 25 34 44 60 106 131 159 202 245 284 338 386 455	21 29 38 49 68 116 144 175 224 271 314 363 415 490	24 33 45 57 105 123 154 188 244 296 348 404 464 552	- - - - - - - - - - - - - - - - - - -

Tabla 101 – Intensidades admisibles en función del nº de conductores con carga y tipo aislamiento.

De esta forma se obtiene una intensidad máxima admisible de 15 A para este tipo de cable, con una sección de fase y neutro de 1.5 mm².

Por último se comprueba si la caída de tensión está dentro de los rangos admisibles.

$$\varepsilon \% = \frac{P \cdot 2 \cdot L \cdot 100}{U^2 \cdot S \cdot \gamma}$$

Donde:

S: Sección del conductor en mm².

 γ Cobre: 48 m/ Ω mm²

L: Longitud del conductor en metros.

$$\varepsilon \% = \frac{756 \cdot 2 \cdot 50 \cdot 100}{230^2 \cdot 1.5 \cdot 48} = 1.98 \%$$

1.98 % < 3 %

El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión limita el valor de la caída de tensión para cada circuito. En este caso, al no superar el 3 % establecido, se cumplen las exigencias.



Figura 177 - Valores límite de pérdidas para usuario único según el REBT.

Añadiendo el conductor correspondiente a la toma de tierra, se tiene un total de 3 cables.

Para tres conductores con una sección nominal de conductor de 1.5 mm², se requiere un diámetro exterior de tubo de 16 mm.

Tabla 102 – Diámetro exterior de los tubos en función del número y sección de los conductores.

Sección nominal de los		Diámetro exterior de los tubos (mm)					
conductores (mm ²)	Número	de conduct	ores				
	1	2	3	4	5		
1,5	12	12	16	16	20		
2,5	12	16	20	20	20		
4	12	16	20	20	25		
6	12	16	25	25	25		
10	16	25	25	32	32		
16	20	25	32	32	40		

Tras lo anterior se tiene completamente definido el cable correspondiente al circuito de alumbrado de la zona de oficinas.

Alumbrado - Oficinas:

• Cu PVC 2 x 1.5 mm² + 1.5 mm² TT Ø 16 mm.

De forma análoga se realiza el cálculo del circuito de fuerza de la zona de oficinas.

Densidad de corriente: Fuerza

Sistema: monofásico

$$I_{C\acute{a}lculo}(A) = \frac{4.048}{230 \cdot 0.9} = 19.56 \, A$$

Nuevamente, se trata de un montaje superficial con cables de cobre PVC2X aislado en tubos, consultando la tabla anterior se obtiene una intensidad máxima admisible de 15 A, con sección de fase y neutro de 1.5 mm².

Como se puede comprobar, la intensidad de cálculo supera la máxima admisible, esto es inapropiado, por lo tanto habrá que coger una sección superior cuya intensidad máxima admisible sea superior a la intensidad de cálculo

Se escoge una sección de conductor de 2.5 mm², la cual dispone de una intensidad máxima admisible de 21 A. Nuevamente, se deberá seleccionar el dispositivo de seguridad de forma que verifique lo siguiente:

$$I_{C\acute{a}lculo} < I_{Fusible} < I_{Admisible}$$

Teniendo en cuenta los valores nominales de las intensidades de interruptores y fusibles, se selecciona uno de 20 A.

A continuación, se comprueba que la caída de tensión es menor del 3%

$$\varepsilon \% = \frac{4.048 \cdot 2 \cdot 45 \cdot 100}{230^2 \cdot 2.5 \cdot 48} = 2.87 \%$$

Como queda demostrado, la caída de tensión no supera los límites establecidos. Finalmente se selecciona el diámetro exterior del tubo donde irán alojados los conductores. Para tres conductores de 2.5 mm², se requiere un diámetro de tubo de 20 mm².

Finalmente, queda de la siguiente manera:

Fuerza - Oficinas:

• Cu PVC 2 x 2.5 mm² + 1.5 mm² TT Ø 20 mm.

Por último, es necesario definir el circuito completo S6 correspondiente a la zona de oficinas.

De la misma forma que se realizaron los cálculos anteriores:

$$I_{C\acute{a}lculo}(A) = \frac{4.804}{230 \cdot 0.9} = 23.21 \, A$$

Según el tipo de montaje y material del conductor, se requiere una sección mínima de 4 mm², cuya corriente máxima admisible es de 27 A.

A continuación, es necesario instalar el interruptor diferencial, el cual deberá saltar cuando exista una derivación en la instalación, es decir, cuando la fase o el neutro conecten con una parte metálica de un aparato eléctrico o ante un contacto indirecto. Éste tiene la misma finalidad que el fusible, interrumpir el flujo eléctrico evitando daños materiales y humanos. El fusible, a diferencia del interruptor, responde más rápido, sin embargo cuando salta queda inutilizado, siendo necesaria su sustitución.

El interruptor diferencial trabaja comparando continuamente las intensidades que circulan por fase y neutro, debiendo ser la misma. En caso de que exista una diferencia, mayor que la sensibilidad del interruptor, saltará automáticamente.



Figura 178 – Interruptor diferencial monofásico, 2 polos.

Comprobando la capacidad de ruptura de los interruptores nominales, se instalará uno cuya corriente asignada, o de paso, se encuentre comprendida entre la intensidad de cálculo y la máxima admisible. En particular se selecciona uno de dos polos, puesto que esta red es monofásica, y cuyo poder de corte es de 25 A. También se debe de seleccionar la corriente diferencial asignada, o lo que es lo mismo, la sensibilidad, generalmente para valores cercanos a esta intensidad existen de 10 mA, y de 30 mA. En este caso se selecciona este último valor puesto que cumple las necesidades de la instalación.

Por último, es necesario instalar el interruptor magnetotérmico, éste es un sistema de seguridad encargado de proteger a los aparatos y equipos de la instalación. Éste saltará cuando se produzca un exceso de consumo o cortocircuito, es decir cuando en la instalación se unen fase y neutro. De igual forma, su intensidad nominal debe estar entre los valores establecidos de intensidad de cálculo e intensidad máxima admisible. En este caso se requiere de un interruptor magnetotérmico de 25 A.



Figura 179 – Interruptor magnetotérmico monofásico, 2 polos.

Una vez definidos los elementos de seguridad, añadiendo el cable correspondiente de la toma de tierra, se determina el diámetro exterior del tubo donde se alojarán los conductores. En este caso de acuerdo con la Tabla 100, se requiere un tubo de 20 mm de diámetro exterior. Por lo tanto el cable queda:

S6 - Oficinas:

• Cu PVC 2 x 4 mm² + 4 mm² TT Ø 20 mm.

Realizando el mismo proceso para el resto de los circuitos queda definida la instalación de baja tensión del edificio.

A diferencia de otras instalaciones, Revit presenta grandes carencias en la instalación eléctrica, ya que como se verá a continuación, no permite el trazado de cables o la colocación de elementos de seguridad. Por ello no se profundiza en mayor medida en el estudio de la red eléctrica de baja tensión del edificio.

12.4. Instalación de baja tensión en Revit.

Para finalizar el apartado de las instalaciones en Revit, se tratará de implementar el modelado eléctrico dentro del archivo de Revit, de manera que se obtenga una representación más completa.

Actualmente la disciplina eléctrica a es posiblemente la menos desarrollada, sin embargo, configurando algunas opciones y parámetros se tratará de sacar el máximo partido obteniendo y representando información relevante del proyecto.

El apartado eléctrico en Revit se puede trabajar de forma analítica y geométrica. De forma esquemática se mostrarán los circuitos y como están unidos entre sí. Generalmente se trabajará en nivel de detalle bajo, trabajando con la simbología propia de cada elemento. Por otra parte, en la parte geométrica se representarán los diferentes elementos modelados con su forma y dimensiones reales. Sin embargo, a diferencia de las instalaciones anteriores, no se modela el cable eléctrico como tal.

El primer paso que hay que realizar para abordar las instalación eléctrica en Revit de forma correcta es controlar los sistemas de distribución y las definiciones de voltaje, o lo que es lo mismo, a qué voltaje llega la corriente, y a qué voltaje se trabajará en el proyecto.

Esto se realiza en la opción "Configuración MEP", y a continuación "Configuración eléctrica". Dentro de la pestaña emergente, se comprueba que las definiciones de voltaje que vienen por defecto no corresponden a las establecidas en España. Por lo tanto es necesario generar nuevas definiciones de voltaje de acuerdo con las que se utilizarán en este proyecto.

Se genera en primer lugar un voltaje monofásico correspondiente al valor actual en España, 230 V. Revit permite además un cierto grado de tolerancia, es decir, permite poder conectar equipos con valores de voltaje diferentes pero que si se encuentran dentro de ciertos límites, permita conectarlos. Todas las máquinas con marcado CE, deben tener una tolerancia de voltaje de ± 10 %, y la red eléctrica permite una tolerancia de ± 7 %. Del mismo modo, se añade el valor del voltaje trifásico de 400 V, teniendo así definidos los valores de voltaje utilizados en el proyecto.

A continuación, se definen los sistemas de distribución, es decir, como llega la red al establecimiento. Nuevamente, en España existen dos tipos de sistema de distribución, dependiendo de si la red es monofásica o trifásica. En cada una de ellas se debe indicar el número de fases, el número de cables, el voltaje entre fases, el voltaje entre fase y neutro y finalmente, la configuración, determinando si es en estrella o en triángulo. Revit utiliza el término "Y" para hacer referencia a conexiones en estrella y "Delta" para conexiones en triángulo.

Para el caso de la red trifásica se definen tres fases, conectadas en estrella, con cuatro conductores, con un voltaje entre fases de 400 V, y con un voltaje entre línea y tierra de 230 V. Ambos voltajes han debido de ser definidos previamente, ya que como es lógico, Revit sólo permite seleccionar entre los voltajes que contenga definidos.

Se realiza el mismo proceso con la red monofásica, indicando que se trata de una red con fase única, con 3 cables, con un voltaje entre fases de 230 V y un voltaje entre línea y tierra de 230 V.

De esta forma se tiene una primera definición de la red eléctrica del edificio, de forma que durante el modelado se permita conectar diferentes equipos a la red.

A continuación se procede a insertar las tomas de fuerza en los diferentes espacios, lo que comúnmente se conoce como "enchufes" Revit lo denomina "aparatos eléctricos". Esto se realiza de forma sencilla siguiendo el mismo proceso que cuando se instalaron interruptores de iluminación en capítulos anteriores.

También, como ocurría con los interruptores, el grafismo no es que se utiliza normalmente, por lo tanto se modificará la visualización de este elemento mediante el editor de familias.



Figura 180 - Grafismo original

Figura 181 - Grafismo modificado

Además del grafismo, es necesario modificar otros parámetros, como por ejemplo los eléctricos que trae por defecto el enchufe. El voltaje original es de 120 V, valor que no es válido dentro de esta instalación, por lo tanto se le asigna un voltaje de interruptor de 230 V como se estableció previamente.

También es de gran utilidad añadir restricciones, es decir, añadir un valor de elevación fijo para cada una de las tomas que se instalen De esta forma, cada vez que se inserten en un plano este tipo de elementos, se estarán colocando a la elevación fijada previamente sobre el plano en cuestión, quedando todas las tomas de enchufes alineadas a la misma altura. Este valor es de 0.40 m.

Si se pretende hacer una representación más completa, se pueden añadir enchufes estancos, utilizados en zonas húmedas como los aseos o en zonas donde es previsible una elevada carga de agentes externos como polvo o similares como ocurre en los almacenes. Para ello se añadirá un nuevo parámetro que permita seleccionar si el enchufe es estanco o si por el contrario no lo es. Para esta representación se añade un rectángulo sobre el grafismo previo, quedando de la siguiente forma.



Figura 182 – Grafismo de enchufe estanco

Se instalarán las tomas de fuerza necesarias según cada espacio, generando una nueva tabla de planificación se obtiene el recuento total de las tomas instaladas, siendo en este caso 28.

Tabla 103 – Recuento de tomas de fuerza de la instalación. Revit.



Para colocar los dispositivos eléctricos es preferible trabajar en un plano de planta, sin embargo, una vez colocados se puede comprobar mediante una vista 3D el estado definitivo.

Queda por instalar los "Equipos eléctricos", así es como Revit denomina a los cuadros eléctricos de protección que sirven electricidad a los elementos conectados, también se alojan los interruptores de todos los circuitos de la instalación.

Se instalarán tres de ellos obtenidos de la biblioteca de Revit, se configurará cada uno de ellos para que hagan la función de caja de protección y medida, cuadro general, y cuadro secundario.

La caja de protección y medida se instalará en la fachada este del edificio, el cuadro general y secundario estarán ubicados en el interior de este, los tres cuadros se instalarán en planta baja.

Para comenzar a generar circuitos, se debe comprobar que los elementos que vayan a pertenecer al mismo estén correctamente configurados. Esto no ocurre en el caso de los paneles eléctricos, por lo que será necesario editarlos.

En este caso aparecen conectores del tipo eléctrico, éstos tienen una amplia variedad de configuración, pudiendo indicarle el número de polos, el factor de potencia, el voltaje, clasificación de carga, el equilibrio o desequilibrio entre fases, etc. Por ello es necesario ser preciso a la hora de determinar la configuración de los equipos eléctricos.

En particular se le asignarán 3 polos y un voltaje de 400 V, dejando el resto de los parámetros inicialmente sin modificar.

Una vez se encuentre ubicado el cuadro eléctrico en la instalación, es necesario asignarle un sistema de distribución. En este caso, debido a la configuración que se le ha asignado previamente, únicamente permite seleccionar la distribución 230/400 V trifásica definida en apartados anteriores. Por el contrario, si se hubiese seleccionado previamente 1 polo, existiría la posibilidad de escoger para el cuadro eléctrico un sistema de distribución monofásico.

Cuando los diferentes cuadros eléctricos insertados se encuentren ubicados y correctamente configurados, se procede a conectarle elementos generando circuitos. Del mismo modo, los elementos que vayan a ser conectados deben tener unos valores válidos permitidos por el panel eléctrico, en caso contrario saldrá un aviso de error.

Al seleccionar cualquier elemento que disponga un conector eléctrico libre, automáticamente aparece la opción de generar un circuito seleccionando la pestaña emergente "Potencia". Durante la edición de este, se añaden los elementos que vayan a formar parte. Por último, se ha de seleccionar el panel eléctrico al que pertenecen.

De esta forma se generan todos los circuitos de la instalación, en particular, se han desarrollado de la misma forma que en los apartados anteriores, agrupando circuitos de fuerza o fuerza e iluminación según se requiera. Esto es una tarea sencilla pero que requiere tiempo, ya que habrá que generar los circuitos y añadirle los elementos que pertenezcan a él uno a uno. Es importante asignar los interruptores al mismo circuito que las luminarias a las que sirven.

Un defecto de Revit es que no permite generar "líneas", o lo que es lo mismo, dividir el circuito generado en líneas de iluminación y de fuerza. Una opción para evitar este problema consiste en generar circuitos eléctricos independientes de iluminación y de fuerza, sin embargo está solución se rechaza por dos motivos. En primer lugar, lo que normalmente se conoce como circuito, contiene las líneas de iluminación y fuerza colectivamente. El segundo motivo reside en que si se genera un circuito por cada línea de la instalación, quedaría un número de circuitos elevado y poco ordenado, teniendo una dificultad excesiva a la hora de trabajar en él, ya que probablemente, el panel eléctrico no admita tal cantidad de circuitos.

Una vez generados todos los circuitos eléctricos, es buena práctica comprobar que está todo correctamente conectado y no queda ningún elemento pendiente. Por medio del navegador de sistemas se verifica que no quedan elementos por asignar salvo los correspondientes a luces de emergencia y alarma de incendios.

Estos últimos deberán estar conectados a una batería que garantice su suministro en caso de fallo, durante al menos una hora. Al no existir este tipo de baterías en Revit, se utilizará un panel eléctrico como los anteriores para modificarlo. Éste colgará del cuadro general.

Para que todo este correctamente conectado, únicamente debería de aparecer un elemento sin asignar, la caja de protección y medida CPM, de donde parte la instalación y por lo tanto, no se encuentra servida por nadie, siendo el equipo de la instalación eléctrica completa.

Navegador de sistema - RevitInstal						
Sistemas \checkmark Electricidad \checkmark						
Sistemas						
Electricidad						
Potencia						
CPM						
Electricidad (33 sistemas)						

Figura 183 – Navegador de sistemas

Una vez generados los circuitos, se puede añadir una representación del cableado para ver qué elementos se encuentran conectados entre sí, del mismo modo que se representaron los sistemas de iluminación, sin embargo, no es tan frecuente realizar esta representación.

A diferencia de los cables físicos, Revit sí permite representar las bandejas de cable donde irán alojados. El objetivo de esto no es otro que el de representar las bandejas de mayor tamaño con el objetivo de mantener o guardar espacios para los cables, evitando entrar en conflicto con otros elementos posteriormente.



Figura 184 – Bandejas de cables en plano de planta



Figura 185 - Vista 3D de los elementos eléctricos

Una vez obtenida la representación geométrica de la instalación eléctrica, se procede a añadirle la máxima información posible al modelo.

Se comienza por el panel eléctrico, a éste se le asignará un nombre representativo de forma que sea fácilmente identificable. En este caso se han denominado CPM, Cuadro general, y Cuadro secundario.

Además, se le añadirá un prefijo a cada uno de ellos, de manera que se pueda representar fácilmente a qué panel pertenece cada circuito. Se han utilizado, respectivamente, los prefijos C, S, y E, quedando de la siguiente manera:

Navegador de sistema - RevitInstal			×
Sistemas \checkmark Electricidad \checkmark		📑 🌆	
Sistemas	Carga	Voltaje	
Electricidad (25 sistemas)			
🖽 🧄 Alarma de incendios			
🕀 🔊 Controles			
Potencia			
Ē CPM	67420 W		
፼ CPM1,2,3	67420 W	400 V	
Cuadro general	67420 W		
፼ C1	1472 W	230 V	
	700 W	230 V	
□፼ C3	936 W	230 V	
፼ C4	1336 W	230 V	
	1136 W	230 V	
@ C6	26 W	230 V	
🚊 🔚 Batería Emergencia	26 W		
	0 W	230 V	
	26 W	230 V	
□ _ @ C7,8,9	61814 W	400 V	
🚊 🛅 Cuadro secundario	61814 W		
Ē型 S1	30 W	230 V	
	60 W	230 V	
■ · @ S3	440 W	230 V	
■ · @ \$4	440 W	230 V	
	4812 W	230 V	
	530 W	230 V	
	4800 W	230 V	
	1226 W	230 V	
	1226 W	230 V	
	1250 W	230 V	
	5000 W	400 V	
	42000 W	400 V	

Figura 186 – Navegador de sistema

Como se puede observar, el navegador de sistemas es una herramienta que ofrece gran cantidad de información. Permite ver de forma rápida la distribución de la instalación, además, si los equipos conectados tienen configurados sus conectores eléctricos correctamente con sus parámetros reales, es una buena aproximación de potencias y consumo.

Para realizar un análisis más profundo, se realizan tablas de planificación de paneles, una herramienta que permite analizar con mayor detenimiento los circuitos de cada panel.

La plantilla que viene por defecto no es la más adecuada, por lo tanto se adaptará a las necesidades del proyecto. Configurándola apropiadamente y añadiendo las descripciones de los circuitos, se obtiene lo siguiente:

<u> </u> 🖪 R	evitInstal - Tabla de planificación de pa	neles: Cuadro general				
	Panel de ramificación:	I		0		
	Ubicación: Voltios: Trifasica 230/400 ESP Capacidad de					
	Suministro de: CPM	Fases: 3		Tipo de red el		
	Montaje: Empotrado	Cableado: 4		Potencia de r	100 A	
	Armario: Tipo 1			Potencia de di		
Notas:						
			Desconexi			
CKT	Descripción de	circuito	ón	R	S	Т
C1	Fuerza - Grupo de presión		20 A	1472 W		
C2	lluminación - Exterior		20 A		700 W	
C3	lluminación + Fuerza - Cuarto Auxiliar		20 A			936 W
C4	lluminación + Fuerza - Almacén 4		20 A	1336 W		
C5	lluminación + Fuerza - Almacén 3		20 A		1136 W	
C6	Batería Emergencia		20 A			100 W
C7,8,9	Cuadro Secundario		20 A	20937 W	20539 W	20338 W
C10						
C11						
C12						
C13						
C14						
C15						
C16						
C17						
C18						
C19						
C20						
C21						
			Carga to	23771 W	22475 W	21374 W
			Total de	104 A	98 A	93 A

Tabla 104 – Tabla de planificación de paneles

En el caso de los circuitos trifásicos, pese a ser un único circuito, Revit los interpreta como si fuesen 3, esto ocurre por ejemplo en el caso del cuadro secundario (C7,C8,C9), conectado de forma trifásica al cuadro general. Por el contrario, el resto de los elementos como la batería de emergencia o los dispositivos de iluminación, al estar conectados monofásicamente, ocupan un solo circuito y lógicamente, una única fase.

En este punto, se puede realizar un equilibrado de cargas, de manera que las tres fases se encuentren conectadas a una potencia similar.

En definitiva, por medio de la tabla de planificación de paneles, se tiene de una forma clara y ordenada la organización de los diferentes cuadros eléctricos. La principal ventaja, aparte de generar documentación contenida en el proyecto, es que ésta se encuentra actualizada continuamente.

Por último, desplazando hacia abajo la tabla de planificación de panel, aparecen una serie de datos de los aparatos conectados. En este apartado aparece información como la clasificación de carga, el factor de demanda o la demanda estimada. Todo ello se puede configurar en el conector de cada elemento, añadiéndole la información necesaria. Esto puede ser considerado como un resumen general de las cargas eléctricas del panel en cuestión.

Cambiando algunas clasificaciones de carga y ajustando diferentes parámetros se obtienen valores más próximos a la realidad.

Clasificación de carga	Carga conect Factor de dem Demanda esti		Totales de panel		
Climatización	4800 W	100.00%	4800 W		
lluminación - Almacén	144 W	50.00%	72 W	Carga total conect	61814 W
Otros	0 W	0.00%	0 W	Total de demanda	47183 W
Toma de corriente	8096 W	100.00%	8096 W	Corriente total con	89 A
lluminación - Oficina	910 W	70.00%	637 W	Demanda de corrie	68 A
lluminación - Zonas húmedas	244 W	100.00%	244 W		
Motor trifásico	5000 W	70.00%	3500 W		
Termo eléctrico - Unidad de vivienda	42000 W	70.00%	29400 W		
Ventilador lineal	90 W	70.00%	63 W		
Recuperador de calor	530 W	70.00%	371 W		

Tabla 105 – Resumen de cargas,	cuadro secundario.
--------------------------------	--------------------

Otra de las utilidades que presenta Revit en sus últimas versiones es la posibilidad de realizar mediciones de cable.

Con los circuitos que se han generado anteriormente, presionando la herramienta editar camino, se puede hacer una primera medición. Si además se edita este camino y se realiza un trazo lógico, es decir, evitando atravesar habitaciones, siguiendo las paredes, falsos techos, etc., se obtiene una medición muy potente de manera que permite estimar longitudes de cable para cada circuito.

En este caso, para el circuito correspondiente a climatización, comenzando desde el cuadro secundario, pasando por las tres unidades interiores y llegando hasta las tres exteriores, requiere de una longitud de cable aproximada de 37 m.



Figura 187 – Longitud de cable del circuito de climatización.

Esta acción se puede realizar para cualquier circuito, sin embargo, recordando que Revit no permite subdividir entre líneas de un circuito, pierde sentido realizarlo en los circuitos que contengan más de una línea. Por lo tanto será útil utilizar esta herramienta de medición en circuitos línea única.

Por último, a la hora de crear planos, es necesario anotar correctamente, para ello se modifican las etiquetas que vienen por defecto, de manera que reflejen claramente a que circuito pertenece cada componente.



Figura 188 – Plano de planta baja, tomas de fuerza.

Para finalizar el apartado de electricidad, se puede realizar una última comprobación por medio de un análisis de desconexiones, en particular, de la disciplina eléctrica.

Mostrar opciones de desconexiones	×	
Conducto		
Tubería		
Tubo y bandeja de cables		
Electricidad		
Portante de fabricación		
Aceptar Cancelar		

Figura 189 – Análisis de desconexiones eléctricas, Revit.

Se observa que, correctamente, aparece una única desconexión, concretamente en la caja de protección y medida CPM, punto donde parte el modelado de la instalación eléctrica, y por lo tanto, no se encuentra conectado a nada previamente.



Figura 190 – Desconexión en la CPM, Revit.

Como se ha visto, la disciplina eléctrica queda lejos del resto de las instalaciones en Revit, por ello, en la mayoría de los proyectos el trabajo en esta categoría se limita a colocar aparatos, equipos, luminarias y bandejas sin entrar a configurar circuitos o conexiones.

Lo que más interesa del modelo eléctrico es poder hacer mediciones o recuentos de los elementos y poder coordinarlos con el resto de las disciplinas.



Figura 191 – Instalaciones en Revit.

GENERACIÓN DE PIEZAS DE FABRICACIÓN

Otra de las ventajas que supone realizar un proyecto BIM, concretamente en Revit, es que es posible acercar aún más a la realidad las instalaciones desarrolladas. Esto es posible gracias a la función que ofrece Revit MEP, "Piezas de fabricación".

Esta operación consiste en sustituir los elementos representados por piezas de fabricación reales. Este debe de ser el último paso que desarrollar de cada instalación puesto que una vez instalados los componentes reales, no se podrán realizar cálculos ni comprobaciones lógicas en ellos. Es buena práctica generar un archivo duplicado para llevar a cabo este tipo de tareas ya que toda la información acerca de flujos, sistemas, etc. desaparecerá por completo, ya que lo que interesa en este apartado, es la representación al máximo nivel de la pieza en cuestión.

Esta herramienta está principalmente orientada para tuberías, conductos y bandejas de cables. En este proyecto se realizará a modo de ejemplo la generación de piezas de fabricación de conductos. No es habitual realizar esta tarea puesto que las piezas se encuentran normalizadas para el sistema americano, lo cual no es válido para este proyecto.

En primer lugar es necesario cargar una configuración, seleccionando entre una configuración "Imperial" o una "Métrica". Para el proyecto que se desarrolla será más adecuada la configuración métrica.

Seleccionando en primer lugar los elementos correspondientes a conductos, "Ductwork", se cargarán todos los componentes normalizados, en este caso, de la industria americana. A continuación se procede a sustituir las piezas de la instalación generada previamente, bien de forma manual dibujándolo nuevamente, o por el contrario, de forma automática. Esta última opción se trata de una solución mucho más rápida y efectiva pero a la vez, no tan precisa, ya que Revit en ocasiones sustituirá elementos de forma no satisfactoria.



Figura 192 - Vista 3D ventilación con elementos de fabricación
Por último es necesario ajustar las longitudes de los tramos, para ello, presionando la tecla "Optimizar longitudes", se obtienen las piezas divididas en tamaño estándar. La mayor parte de las piezas correspondientes a los tramos rectos tendrán una longitud estándar de 1.50 metros.



Figura 193 – Planta de instalación de ventilación.

Para finalizar este apartado de una forma más completa, se pueden añadir los soportes de la instalación. Presionando el accesorio y situando el cursor sobre cualquier tramo del conducto, Revit generará automáticamente el soporte, desde el conducto hasta el nivel estructural inmediatamente superior, obteniendo lo siguiente:



Figura 194 – Vista 3D, soportes de conductos.

Se podría realizar el mismo procedimiento con las instalaciones de abastecimiento y saneamiento, sin embargo no es común realizarlo, ya que la calidad de representación que tienen por defecto es considerablemente buena, siendo superior a la de los conductos de climatización y ventilación. Además de lo anterior, debido a la complejidad que presentan por la elevada cantidad de accesorios que contienen, obtenidos de fuentes diferentes a la biblioteca de Revit, dificultan en gran medida este proceso.

Si a todo lo anterior se le añade que las piezas de fabricación obtenidas para cualquier instalación se encuentran normalizadas para el territorio americano y no el español, carece de sentido obtener esta información.

Afortunadamente, Autodesk Revit se encuentra en continuo desarrollo, cada versión nueva que ofrecen al mercado incluye numerosos avances que facilitan su implementación en mayor número de proyectos día a día. Además, fabricantes nacionales e internacionales dedican una gran cantidad de recursos para tener sus productos disponibles en diferentes plataformas BIM como Revit, ya que será una de las principales formas de obtener ingresos en un futuro no muy lejano. De esta manera es fácil anticipar que próximamente este tipo de herramientas se encontrarán plenamente adaptadas al ámbito ingenieril y arquitectónico en España.

En definitiva, esto no deja de ser un intento, por parte de Autodesk, de acercamiento al mundo de la construcción y la fabricación de las instalaciones MEP que se representan en el modelo, de manera que se facilitan las mediciones, y la calidad de la visualización. Para seguir avanzando, utilizando este sistema, es necesario que exista coordinación entre todos los agentes que intervienen.

14.

. COORDINACIÓN DEL PROYECTO Y ANÁLISIS DE INTERFERENCIAS

14.1. Introducción

Una de las ventajas principales de realizar un modelo BIM, consiste en la posibilidad de obtener de forma coordinada el modelo completo con todas las instalaciones, de manera que sea posible detectar posibles interferencias antes de la puesta en obra, lo que supone un considerable ahorro en tiempo y costes de proyecto.

Por lo tanto, la posibilidad de ejecutar este análisis ha supuesto una profunda revolución en el mundo de la construcción, ya que, como se menciona en los primeros apartados, ha supuesto sustancial aumento de la productividad a la hora de abordar un proyecto completo.

Por ello, cada día son más las empresas que se implementan esta nueva metodología en su forma de trabajo. Por otra parte, las administraciones públicas en España "recomiendan" para sus licitaciones la presentación de un modelo BIM, otorgando una mejor valoración que la presentación de un proyecto de forma convencional.

Existen diferentes formas de ejecutar un análisis de interferencias, en primer lugar, existe la posibilidad de realizarlo directamente en Revit. Esto es una opción válida cuando se realice el proyecto completo en un único archivo como el caso que se estudia.

Informe de interferen	cias								
Agrupar por:	Categoría 2, Cate	goría 🗸			177			 	_ /
	M	ensaje		^					
Conductos		-							
Conductos									
Conductos									69
Conductos									X
Conductos									
Conductos									
 Conduct	tos : Conducto redo	ndo : Grifos : ID 2	95296					/	
RevitArq	.rvt : Muros : Muro I	básico : hormigór	14 cm : ID 13	40190					//
Conductos						1	· /		/
E Conductos									
E Conductos									
Creación: Última actualización: No	lunes, 18 de mayo ta: actualizar pone al o	de 2020 10:37:25 día las interferencia	s mostradas er	la lista superior.				//	
Mostrar	Exportar	Actualizar	[Cerrar					

Figura 195 – Análisis de interferencias en Revit

Sin embargo, existen aplicaciones específicas para ejecutar análisis de interferencias y llevar a cabo una coordinación del proyecto, como por ejemplo Navisworks, también de la plataforma Autodesk. Con este software existe la posibilidad de resolver las colisiones entre elementos de una forma más interactiva, permitiendo además generar un informe de gran calidad acerca de estas.

Debido a que Revit y Navisworks pertenecen al mismo fabricante, la interoperabilidad entre ambos es plena, de manera que será una buena alternativa para ejecutar la coordinación de este modelo.

Existen otros programas que dan un paso más y permiten la comprobación en tiempo real del proyecto, sin embargo este tipo de programas son más avanzados y no disponen de licencia educativa, como es el caso de BIM 360, también del fabricante Autodesk.

14.2. Coordinación con Navisworks

Como se ha mencionado anteriormente, se opta por realizar el análisis de interferencias y la coordinación con el software Autodesk Navisworks, gracias a la licencia educativa que éste dispone.

Navisworks es una gran herramienta de trabajo BIM, con ella se permite revisar el modelo generado previamente en Revit de manera completa, con toda la información contenida en él. Los datos de los diseños multidisciplinares generados en formato BIM se pueden combinar en un único modelo.

Al igual que Revit, permite generar mediciones, vistas, y animaciones del modelo, sin embargo, la diferencia entre ambos y principal ventaja de Navisworks es que utiliza archivos de reducido tamaño, de forma que no es necesario trabajar con equipos de altas prestaciones como sí ocurre en el caso de Revit cuando se le añade demasiada información al modelo o se trabaja en un proyecto de gran envergadura.

Este programa, por lo tanto, se antoja como indispensable para grupos de trabajo BIM, ya que permite la navegación en tiempo Real junto con herramientas de revisión, lo cual permite la colaboración entre los diferentes miembros del equipo que participen en este proyecto.

14.3. Análisis de interferencias.

La herramienta más utilizada de Navisworks es el "Clash Detective", traducido al castellano, Detector de Interferencias. Por medio de ésta se ejecutará un análisis completo de las interferencias que puedan existir en el modelo, desde conflictos internos entre instalaciones, hasta interferencias "esperadas" entre las instalaciones y el modelo de arquitectura.

Para ello, en primer lugar es necesario generar un nuevo proyecto en el programa Navisworks Manage, a continuación se fusionarán los archivos que componen el diseño y modelado de la arquitectura y las instalaciones de la nave industrial. En particular se trata de dos archivos, sin embargo, si se hubiese generado un archivo para cada disciplina en Revit, bastará con añadir una a una al proyecto de Navisworks, obteniendo el mismo resultado.

Por medio de esta fusión, lo que se ha realizado es un enlace "vivo" entre Navisworks y Revit, de forma que si se detecta algún error o interferencia en Navisworks y se desea modificar, bastará con abrir el modelo en Revit, realizar dicha modificación, guardar el archivo y por último, actualizar el modelo en Navisworks. Esta operación tardará varios minutos, por lo que para ahorrar gran cantidad de tiempo, se recomienda actualizar el proceso cuando se hayan modificado un conjunto de elementos.



Figura 196 – Coordinación en Navisworks

Este proceso lo debe de llevar a cabo el coordinador del proyecto, de manera que debe de poseer conocimientos básicos de cada una de las disciplinas que se estudian, así como un dominio del software BIM. A continuación se realiza el proceso de detección y resolución de interferencias para algunos elementos.

Clash Detective							×				
▲ Test 1				Ú11		10 de energia de (00001417-07				
itest i				Conflict	ucion: iunes, os: Total: 166	(abiertos: 166	cerrados: 0)				
				connec		(abicitosi ito					
Nombre	Estado Co	nfli Nuevo	Activo	Revisado	Aproba	Resuelto					
Test 1	Terminado 166	166	0	0	0	0					
Añadir pruebz Reglas Seleccio [^o] Nuevo grupo Nombre Conflicto1 Conflicto2	Restablecer t inar Resultados (a) (a) (b) (b) (c) (c) Estado Nuevo Nuevo	odo Compactar I Informe R Asignar R I Nivel • AUX_Fin	todo Supri	imir todo	Actualizar to	Volver a eje Aproba 20 20	cutar prueba visualizació n				
✓ Elementos											
Elemento 1 📒	🖌 Resaltar	[%] «	Eler	nento 2 📒	🖌 Resa	altar [6	1 - 1				
Elemento Nombre: Plataforma Elemento Tipo: Plataformas: Plataforma: 300 mm Elemento Tipo: Aparatos sanitarios											
RevitArq.rv Southerstand Southerstand <	rt entación formas itaforma 300 mm ∂ <mark>Plataforma</mark>			∂ RevitInsta ○ S Nivel 1 ○ S Apara ○ S Apara ○ S Apara	l.rvt atos sanitario queta tipo 50x50 cm ∦ Arqueta ti ── ─ 50x50	is ipo	*				

Figura 197 - Clash Detective en Navisworks

Una vez generado el análisis, se obtienen una serie de resultados. En este caso aparecen un total de 166 conflictos en todo el proyecto, un número razonable si se tiene en cuenta que algunas de las interferencias son "necesarias" como la intersección de tuberías y muros, y otras, inevitables debido a que Revit no reconoce algunos elementos correctamente como ocurre con el caso de las arquetas o los espacios, los cuales serán tratados de forma diferente.



Figura 198 - Conflicto residual entre bandeja de cable y espacio.

En cualquier caso, es interesante agrupar los conflictos en categorías para que, además tener un cierto orden, en caso de no poder ser resueltos directamente se envíen específicamente al encargado de la disciplina. Por poner un ejemplo básico, cuando una instalación interfiere con un elemento estructural, obligatoriamente el estructurista del proyecto deberá revisar el conflicto producido.

Esto ocurre por ejemplo en el conflicto 89, donde el bajante del canalón pluvial interseca una de las viguetas correspondientes a la sujeción de los faldones laterales de cubierta. Este tipo de conflictos se agruparán en un conjunto denominado "Estructura", puesto que el encargado de buscar la solución a este tipo de interferencias será el estructurista o equipo de estructuristas del proyecto.

Clash Detective									×
 Test 1 				Ú	lltima ejecución: Conflictos: T	lunes, 18 d īotal: 13 (al	le mayo de 2020 biertos: 13 ceri) 14:17 rados:	:27 0)
Nombre	Estado	N Asign	ar conflicto		×	pba	Resuelto		
Test 1	Terminado	Asignar a:				0			
Añadir prueba	Restabl	Estructuri Notas: Requiere	ista revisión urgent	e		izar todo		P	
Reglas Seleccio	nar Result								
[[*] jNuevo grupo	63 63 63					ł	Volver a ejecuta	ar prue	ba
Nombre						03-2020	Aprobado	Al	< Co
▷ [♣] P1 Muros	Nu			Aceptar	Cancelar	05-2020			nfigu
👂 🔝 P1 Forjado	O NI					05-2020			uraci
Compacto	. Nu	evo 🔻	00_Cime F((-8)-5(16)	14:17:29 1	8-05-2020			ôn d
👂 🔝 PB Falso Te.	Nu	evo 🔻	00_Plant B	(2)-5	14:17:29 1	8-05-2020			le vi
👂 🔝 P1 Falso te	. Nu	evo 🔻	01_Plant B	(2)-5	14:17:29 1	8-05-2020			suali
Ascensor	Nu	evo 🔻	00_Cime B	-4(-1)	14:17:29 1	8-05-2020			zacio
Estructura	Nu	evo 🔻	AUX_Fin A	(-2)-5	14:17:29 1	8-05-2020			D,
👂 🔝 Mobiliario	Nu	evo 🔻	00_Plant A	-3	14:17:29 1	8-05-2020		~	
<								>	

Figura 199 – Asignación de conflictos.

En este caso particular, la solución pasaría por realizar la segmentación de dicha viga en el punto donde se encuentra el bajante, ya que no es común utilizar vigas continuas de 25 m de longitud.

Tras el análisis se comprueba que no aparecen interferencias entre instalaciones en primer lugar, y entre instalaciones y modelo arquitectónico a continuación.

Para describir cómo se lleva a cabo el proceso de resolución de conflictos, se soluciona la siguiente interferencia

Una válvula antirretorno de la red de saneamiento interseca una viga de atado de la estructura subterránea. Esta colisión es inaceptable, siendo necesaria su resolución.



Figura 200 - Colisión entre válvula antirretorno de saneamiento y viga de atado estructural.

Puesto que es más sencillo mover un accesorio de tubería que la estructura de la edificación, se procede a resolver dicho conflicto. Para ello es necesario volver al archivo Revit de instalaciones, y situarse en una vista de saneamiento adecuada.

A priori puede parecer tentador dejar el modelo tal y como está y mover el accesorio en obra, puesto que se trata de un elemento sencillo de fácil instalación. Sin embargo, a la hora de resolver el conflicto, se aprecia como la solución se presenta más complicada de lo que parecía inicialmente, ya que será necesario desplazar las arquetas o cambiar la profundidad de éstas junto con la de la tubería que la acomete, debido al espacio insuficiente que existe entre la arqueta y la viga, donde debe ir alojada la válvula antirretorno.



Figura 201 – Estado inicial del conflicto válvula antirretorno – viga de atado.

Se opta por desplazar hacia la parte inferior las arquetas y el sumidero situado en el lateral izquierdo, de manera que se obtenga el espacio necesario para instalar el accesorio de tubería sin provocar ninguna colisión con la viga de atado subterránea. Es necesario reajustar la altura de las entradas y salidas de las arquetas, de manera que se respeten las pendientes mínimas del 2 % para favorecer la evacuación por gravedad.



Figura 202 – Conflicto resuelto, estado definitivo válvula antirretorno - viga de atado.

Una vez resuelta la interferencia, se debe guardar el archivo en Revit y a continuación marcar como resuelta en Navisworks. Si se actualiza el archivo y se genera un nuevo análisis esta colisión no aparecerá de nuevo.

Siguiendo un proceso análogo se resuelven el resto de las colisiones que se deben evitar, de forma que generando un nuevo análisis no se produzcan interferencias críticas.

Para dejar constancia del proceso, es posible generar un informe de colisiones. Se deben indicar los campos que se desean incluir, como por ejemplo el identificador del elemento o ID, de manera que su búsqueda en Revit sea lo más sencilla posible.

Se adjunta al final del presente documento el informe generado tras la primera revisión. En él se observa que no aparecen más interferencias críticas que puedan ser resueltas por el coordinador del proyecto.

Las interferencias restantes son :

- Las colisiones "esperadas" entre tuberías y conductos con falsos techos, muros, solería, etc.
- Colisiones entre elementos varios y estructura, las cuales las debe revisar el estructurista.
- Interferencias entre el aparato elevador y elementos varios, interferencias que deben ser revisadas conjuntamente entre la empresa fabricante y el estructurista del proyecto
- Interferencias residuales, conflictos sin importancia relacionadas con el mobiliario o del tipo bandejas de cable mobiliario, ambas carecen de importancia puesto que la resolución puede hacerse in situ.

El objetivo de realizar análisis de este tipo consiste en reducir al máximo el número de interferencias, evitando las críticas y resultando únicamente los conflictos inevitables que se pueden categorizar en el primer apartado de los anteriores.

AUTOE NAVIS	AUTODESK [®] NAVISWORKS [®] Test 1 Tolerancia Conflictos Nuevo Activo Revisado Aprobado Resuelto Tipo Estado 0.050m 13 11 1 0 1 0 Estático Antiguo												
	Elemento 1 Elemento 2												
Imagen	Grupo de conflictos	Nombre de conflicto	Fecha de detección	Asignado a	ID de elemento	Elemento Nombre	Elemento Tipo	ID de elemento	Elemento Nombre	Elemento Tipo			
		Arquetas	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 1398328	Plataforma	Plataformas: Plataforma: 300 mm	ID de elemento: 1440840	50x50 cm	Aparatos sanitarios			
•	Arquetas	Conflicto83	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 500768	Hormigón - Hormigón moldeado in situ	Sólido	ID de elemento: 2119677	50x50 cm	Aparatos sanitarios			
	Arquetas	Conflicto37	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 500768	Hormigón - Hormigón moldeado in situ	Sólido	ID de elemento: 855098	50x50 cm	Aparatos sanitarios			
•	Arquetas	Conflicto30	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 592416	Hormigón - Hormigón moldeado in situ	Sólido	ID de elemento: 1440840	50x50 cm	Aparatos sanitarios			

Figura 203 – Informe de conflictos de Navisworks

En resumen, los conflictos generados son realmente escasos gracias al modelado realizado en Revit, donde a la vez que se representan los elementos, se evitan constantes interferencias. Esta es, por lo tanto, una de las principales ventajas del modelado BIM, donde al contener toda la representación en un único modelo, se evitan de antemano posibles interferencias.

14.4. Revisión del modelo en Navisworks

Sin lugar a duda, la herramienta más potente y utilizada de Autodesk Navisworks es la detección de interferencias, sin embargo, también se utiliza durante la fase inicial o de diseño, permitiendo realizar comentarios durante la revisión o el seguimiento del modelado que permitan una coordinación de forma eficiente.

Esto es de gran utilidad cuando intervienen varios componentes en el desarrollo del proyecto, sin embargo, en este caso al tratarse de una única persona, no se ha utilizado con tal fin.

A modo de ejemplo se expone como se realizaría una modificación durante una revisión.



Figura 204 - Recorrido virtual en Navisworks.

Por medio de la opción "Recorrido" es posible realizar un paseo virtual por el edificio. Durante esta revisión, se aprecia como el pulsador de alarma de incendios se encuentra demasiado próximo a la señal de extintor de incendio. Para evitar cualquier posible confusión, se desea redistribuir la disposición de ambos elementos.



Figura 205 - Generación de anotación en Navisworks

Generando una marca de revisión o un comentario, quedará reflejado en el archivo de Navisworks, de manera que cuando el responsable de la señalización y uibicación de elementos de incendio abra el modelo de coordinación, le aparecerá esta notificación al buscar nuevos comentarios. Al seleccionarlo, abrirá la misma vista existente en el momento de su elaboración.



Figura 206 - Comentario de Navisworks

Con esta información, no hay más que volver al modelo de Revit y modificar lo que sea necesario, en este caso se desplazará el pulsador de alarma situándolo encima del interruptor. Una vez realizada dicha modificación, se elimina el comentario y se dará por finalizado el proceso.



Figura 207 – Estado definitivo del pulsador de alarma de incendio.

14.5. Gestión del tiempo.

Como se comentó en los primeros capítulos de este trabajo, realizar un archivo BIM permite entre otros, generar una planificación del tiempo. A esto se le conoce como la cuarta dimensión del BIM.

Esto es posible utilizando la herramienta conocida como "TimeLiner" en la plataforma Navisworks. Sin embargo es notable el poco desarrollo que dispone, siendo un trabajo costoso que actualmente se realiza con programas específicos más avanzados. A modo de ejemplo se realizará una programación de la obra que finalmente quedará representada en un vídeo.

Para ello, programando el inicio de la obra el 1 de septiembre de 2020, a continuación se añaden las diferentes actividades del proyecto y se le añade su duración, para más tarde, vincular cada elemento del modelo a cada una de las tareas generadas.

Además de lo anterior, Navisworks permite añadir un coste específico para cada actividad, de manera que además del tiempo, se pueden planificar los recursos económicos. De esta forma se estará incorporando la quinta dimensión BIM a el proyecto en cuestión. Sin embargo, esta no será una aproximación fiable, ya que Revit no trabaja con un banco de precios como sí lo hace CYPE, por lo tanto no se incluirá en este trabajo.

Finalmente, como cualquier archivo BIM, permite generar la documentación correspondiente de manera sencilla, existiendo diferentes alternativas de exportación.

Es frecuente generar el diagrama de Gantt en otras plataformas y luego vincularlo a Navisworks, sin embargo, para tratar de aprovechar esta herramienta al máximo, y sobre todo, evitar incompatibilidades, se realiza en esta planificación 4D en Navisworks.

Añadir tarea 😤 📮 🖳 🐻 Ei	nlazar - 📸 🛼	P- B	• 🖶 😌	🖓 🔳-		Zoom:						· 🛃 🖁
Nonbre	Inicio planeado	Fin planeado	Coste total	Enlazado	Tipo de tarea	Qtr 3, 2020		Qtr 4, 2020		4.	Qtr 1, 2021	1 6
Solera borninín	25/09/2020	02/10/2020		Contuntos->Sole	Construcción	ago.	sep.	oct.	nov.	00.	ene.	16
Vinar de carne y atado Metilicar	28/09/2020	05/10/2020		Contentos->Vina	Construcción			_				
Foriado Placas abaciares	01/10/2020	06/10/2020		Conjuntos->Fori	Construcción							
Paneles hominío refabricado	06/10/2020	12/10/2020		Contuntos-sPan	Construcción							
Disteles metálicos	09/10/2020	18/10/2020		Contuntos->Dint	Construcción							
Escalera	13/10/2020	19/10/2020		Contuntos->Esc	Construcción							
Vigas de atado cubierta	18/10/2020	22/10/2020		Conjuntos->Viga .	Construcción							
Crures de San Andrés	21/10/2020	25/10/2020		Contuntos->Cru	Construcción							
Vinas huecas faldones cubierta	24/10/2020	28/10/2020		Contuntos->Viga	Construcción							
Correas metálicas	24/10/2020	30/10/2020		Conjuntos->Corr	Construcción							
Cubierta	29/10/2020	07/11/2020		Conjuntos->Cub	Construcción							
Tabiquería	05/11/2020	11/11/2020		Conjuntos->Tabi .	Construcción							
Faisos techos	07/11/2020	15/11/2020		Consuntos->Fais	Construcción							
Reillas	14/11/2020	21/11/2020		Conjuntos->Rejil.	Construcción							
Carpintería	13/11/2020	21/11/2020		Conjuntos->Car	Construcción							
Tuberias enterradas	17/09/2020	24/09/2020		Conjuntos->Tub	Construcción							
Fosa séptica	20/09/2020	27/09/2020		Conjuntos->Fos	Construcción							
Canalones y bajantes pluviales	18/11/2020	25/11/2020		Conjuntos->Can	Construcción							
Tuberias y bajantes	10/11/2020	18/11/2020		Conjuntos->Tub	Construcción							
Conductos	14/11/2020	21/11/2020		Conjuntos->Con	Construcción							
Aparatos sanitarios	21/11/2020	29/11/2020		Conjunt os->Apa	Construcción							
Difusores	22/11/2020	29/11/2020		Conjuntos->Difu	Construcción							
Luminarias	30/11/2020	07/12/2020		Conjuntos->Lum.	Construcción							
Señalización PCI	26/12/2020	02/01/2021		Conjuntos->5eñ	Construcción						<u>i</u>	
Instalación eléctrica	02/01/2021	17/01/2021		Conjuntos->Inst	Construcción							
Ascensor	30/11/2020	17/12/2020		Conjuntos->Asc	Construcción				0			
Asfaltado	07/12/2020	24/12/2020		Conjuntos->Asfa.	Construcción							
Equipos ventilación y climatización	07/12/2020	27/12/2020		Conjuntos->Equi .	Construcción							
Mobiliario	17/01/2021	24/01/2021		Conjuntos->Mob	Construcción							
Final de obra	23/01/2021	31/01/2021		Conjuntos->Fina								1

Figura 208 - Timeliner en Navisworks.

Una de las principales carencias con respecto a otros softwares específicos como Microsoft Project es que no permite la vinculación de unas actividades con otras, y por lo tanto, obtener las rutas críticas. Navisworks tampoco permite asignar duración concreta de una tarea, se limita únicamente a obtener una fecha de inicio y otra de fin para cada una de las actividades.

Por todo lo anterior, queda lejos de otros softwares más avanzados, por ello su utilización en cuanto a herramienta de planificación es escasa. Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, Navisworks es uno de los programas más potentes en cuanto a detección de interferencias e interoperabilidad entre distintos softwares. Permitiendo además, la representación de modelos muy complejos con un reducido tamaño.



Figura 209 – Sección en Navisworks

15.

TRABAJO EN LA NUBE

Actualmente el "trabajo en la nube" es una realidad utilizada en la mayoría de las empresas de cualquier lugar. Existen diferentes métodos para llevar a cabo esta forma de trabajo, desde servidores privados, hasta servidores públicos gratuitos.

Las ventajas que presentan son amplias, contrastando con las escasas desventajas que, profundizando, se pudieran encontrar. En definitiva, no hay razón para no utilizar este modelo de trabajo por las razones que a continuación se exponen.

Primeramente, permite trabajar desde cualquier lugar, dando la posibilidad de trabajar en cualquier sitio que lógicamente disponga de conexión a internet. Esta ventaja se ha puesto aún más de manifiesto debido a las circunstancias vividas por el COVID-19, donde el "teletrabajo", ha evitado el colapso de numerosas empresas inmersas en proyectos en fase de diseño.

El trabajo mediante servidores ofrece la posibilidad de ahorrar en soportes físicos de almacenamiento, ya que muchos servidores online, son gratuitos, y los que no lo son tienen un bajo coste de adquisición. Estos servidores de pago generalmente ofrecen un almacenamiento prácticamente ilimitado, donde la posibilidad de quedarse sin espacio es inviable, a diferencia de lo que ocurre con el almacenamiento en un ordenador convencional.

Otra de las principales ventajas, si no la más importante, es la seguridad. La avería de un soporte físico de almacenamiento como un ordenador o disco duro puede suponer una catástrofe dentro de cualquier compañía o trabajador, perdiendo toda o parte de información del proyecto de forma irreparable. En la nube, los archivos almacenados se encuentran seguros y disponibles en todo momento, pese a la pérdida repentina del ordenador de trabajo.

Por último, permite la colaboración entre integrantes de un equipo de forma eficaz, de forma que compartir, editar o acceder a documentos comunes sea una tarea frecuente. Esta colaboración entre integrantes permite que la documentación se encuentre actualizada en tiempo real, de manera que los documentos que se comparten están siempre disponibles en su última versión.

Con todas las ventajas que ofrece, se hace indispensable realizar el trabajo en la nube.

Para llevar a cabo este proyecto, tanto en la fase de diseño como a lo largo de la vida útil del edificio, se utiliza la aplicación Fusion 360, la versión reducida y gratuita de BIM 360, ambas plataformas de Autodesk.

Autodesk Fusion 360 es una herramienta para visualizar y coordinar modelos ya generados, desde pequeñas piezas de fabricación, hasta edificaciones de grandes dimensiones.

Esta plataforma permite trabajar y comunicarse con otros participantes en un espacio único y centralizado. Permite además la visualización de modelos 3D de diferentes tipología directamente desde el navegador, sin la necesidad de ningún software adicional.

Cada vez que se abre un archivo, se actualiza descargando la última versión disponible en línea. Del mismo modo, al guardar el archivo la última versión generada sustituirá a la inmediatamente anterior, evitando generar grandes cantidades de archivos residuales.



Figura 210 – Actualización automática de archivo al abrirlo.

Este servidor cuenta con aplicaciones para ordenador, tablet y smartphone, de forma que se pueda acceder al diseño en cualquier lugar y en todo momento.

-B-1-WORKER	omi ES 40 11:30	L 64 % C	Red T			ų	-17			115.00
< 4	APLICACIÓN DE LA	νT 88 +	Project		APLICACI	ÓN DE LA	TECNOLOGÍA E	BIM		
D	atos Activ.	Páginas wiki			Datos	Ac	tiv. Páginas wi			
			Q. Buscar datos en p							
	Archivos de programa 10:54	(1)								
	Coordinación 10:56	١						-		
	Esquemas 10:56		Archivos de programa	0	Coordinación 10.68	٩	Esquemas 1050	٦	Fabricantes	٢
	Fabricantes 10:49	()								
	Imágenes 10:56	(1)								
	Información 10:57	()	Imágenes to:se	0	Información 10.57	0	Informes Aperation (1808	٩	Memoria 10.51	O
	Informes Ayer a la(d) 18:08	(1)								
Dato	s Recientes Sin o	↓ onexión Cargas			Datos	() Recientes	Sin poresión	T. Corgan		

Figura 211 - Carpeta del proyecto desde dispositivos móviles como smartphone y tablet.

Además, de lo anterior, se permiten conversaciones, revisiones, y marcas entre los diferentes usuarios del proyecto, permitiendo llevar a cabo el trabajo colaborativo, intercambiando información de manera rápida y segura, mejorando la productividad en el desarrollo de las actividades.

Registrarse e iniciar sesi https://fusionteam.autodesk.com/ 3 Invitar a personas 4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	ón 2 Crear proyectos	s 7 Marca de revisión Utilizar las herramientas de año Utilizar las herramientas de marcas de revisión (3 Compartir Fuera del proyecto 19 Revisión en mentario	T C A A C A A A A A A A A A A A A A A A
Miembros del	herramientas del	Revise diseños	
proyecto	visor	en tiempo real	

Figura 212 – Flujo de colaboración en un proyecto [24]

El complemento ideal de este servidor es Autodesk Desktop Conector, una aplicación que permite interactuar directamente entre el ordenador y el servidor, por medio de una carpeta que se encuentra permanentemente en línea. Esto supone un ahorro de tiempo a la hora de realizar el proceso de subir y descargar archivos, ya que se estará trabajando directamente en la nube.



Figura 213 – Carpeta en línea del proyecto.

Esta forma de trabajo es ideal cuando se trata de archivos independientes entre sí, sin embargo, en casos como el que se estudia, en los que existen archivos vinculados entre sí, hay que extremar la precaución a la hora de trabajar con ellos. Es requisito indispensable que se encuentren siempre en la misma carpeta, o de lo contrario, perderán el vínculo que los asocia, ya que la ruta actual del archivo no coincidirá con la original.

Esto es un problema a la hora de llevar a cabo el diseño de un modelo que disponga de numerosas disciplinas. En este caso lo más aconsejable resulta trabajar cada miembro del equipo desde su ordenador con un archivo personal, vinculado a un archivo central, este sí enlazado al resto de las disciplinas, estando coordinado constantemente por una persona.



Figura 214 – Vinculación entre archivos dentro de la carpeta en línea.

La anterior imagen refleja un ejemplo sencillo de cómo deberían estar vinculados los diferentes archivos del proyecto dentro de la carpeta compartida en línea. Se desarrollan tres disciplinas de forma independiente entre sí con el vínculo único del archivo que contiene la información más relevante para el desarrollo de cada una de ellas, como la estructura y a la arquitectura del edificio.

Anteriormente se describieron algunas de las ventajas de realizar un proyecto BIM, sin embargo, una de sus aplicaciones más extendidas consiste en poder realizar el seguimiento del proyecto una vez entregado al cliente, es decir, poder llevar a cabo un plan de mantenimiento o realizar consultas en tiempo real entre proveedor y cliente.

Mediante BIM 360, se pueden llevar a cabo planes de mantenimiento íntegros a lo largo del tiempo, es decir, el proyecto contiene la información necesaria para controlar las revisiones periódicas que requieren los equipos durante la vida útil del edificio.

Sin embargo, este software no dispone de licencia educativa, ya que se encuentra orientado directamente para empresas capaces de llevar a cabo el desarrollo completo del proyecto.

Por ello, se utiliza un software más limitado como Fusion 360, donde pese a no poder controlar la temporalidad del proyecto, sí que puede interactuar en tiempo real entre los participantes.

A continuación, se exponen varios ejemplos prácticos en los que resulta de gran utilidad contar con este tipo de plataformas o con softwares específicos más avanzados.

Para ello, una vez finalizado el diseño y la ejecución de la nave industrial, se genera una carpeta compartida de la que forman parte el proveedor, en este caso la empresa encargada del diseño y ejecución del proyecto, y el cliente, es decir, el usuario del edificio. Dicha carpeta, tendrá contenido útil como enlaces telefónicos, informáticos o guías técnicas de los diferentes equipos instalados, de manera que se encuentren accesibles en caso de necesitar, reparaciones, sustituciones, o acciones similares. También se incluirá en la carpeta el modelo 3D completo de la nave industrial.

En el caso de que por algún motivo, fallase cualquier elemento de las instalación, el cliente podrá ponerse en contacto con la empresa suministradora de manera rápida, indicando de qué fallo se trata. En caso de que el proveedor detecte la avería, y su solución sea relativamente sencilla, podrá comunicarse con el cliente e indicarle los pasos a seguir para solucionar dicho problema. De lo contrario podrá enviarle la información directamente a la empresa reparadora correspondiente.

Por poner algunos ejemplos, en el caso que el usuario detecte pérdida de la efectividad del aparato del aire acondicionado, éste podría comunicarse con la empresa correspondiente y tratar el problema, pudiendo detectar de esta manera si requiere una simple limpieza de filtro, actividad que puede realizar cualquiera, o necesitar recargar el refrigerante, tarea que debe de realizar un técnico especializado debido a la toxicidad de este.

Otro ejemplo sería el caso de que por alguna razón se produjese el fallo de la instalación eléctrica, de forma que el interruptor magnetotérmico salte constantemente interrumpiendo el suministro normal. El usuario, el cual dispone de los circuitos eléctricos de la instalación contenidos en el modelo, podrá comprobar de manera autónoma cual es el que está produciendo dicha anomalía. Una vez identificado el circuito, podrá comprobar mediante instrucciones si se trata de fallo en el cableado o en alguno de los equipos conectados a dicho circuito.

Del mismo modo que en el caso anterior, si se produjese un fallo en la instalación de fontanería, por medio del modelo 3D, el cliente tendrá facilidad para detectar las derivaciones y accesorios de cualquier tramo de la red de tuberías. De esta forma, se podrá consultar en todo momento que llaves es necesario abrir o cerrar para vaciar un tramo concreto y tratar de realizar algún ajuste.

Por último, se expone el sencillo ejemplo obtenido del libro *BIM and construction management: proven tools, methods and workflows:*

"Un edificio puede contener cientos de lámparas diferentes, que se reemplazarán constantemente durante el ciclo de vida. Si en el modelo aparece la información correspondiente al dispositivo dañado como el número de serie, el fabricante, la información de garantía, los requisitos de la bombilla, las instrucciones para pedir la bombilla y un vídeo de alguien indicando cómo se reemplaza, podría ser resuelto por cualquier persona del local. La información contenida en un modelo puede ser útil para reducir los costes asociados al mantenimiento, y es menos probable que se extravíe, deteriore o se le derrame café como ocurre en los documentos en papel"^[11]

En definitiva, esto son algunos de los ejemplos en los que gracias compartir información junto a una interacción fluida entre proveedor y cliente, se pueden resolver problemas de manera efectiva y menos costosa para ambas partes, ya que se ahorra mano de obra y se evitan desplazamientos innecesarios.



Figura 215 – Realidad aumentada en las instalaciones de un edificio [25]

Para llevar a cabo este proceso, se puede hacer uso de herramientas específicas como sensores o cámaras que se encuentren integradas con softwares avanzados, generen un modelo en realidad aumentada. Esto será clave para la gestión de las instalaciones en la mayoría de los edificios en un futuro próximo, de forma que el tiempo de detección de problemas se reduzca de forma considerable, o incluso llegando a ser capaz de anticiparse a ellos.

Los servidores en la nube son la herramienta más extendida actualmente para llevar a cabo el trabajo colaborativo, todo ello gracias a la versatilidad que ofrecen por precios muy económicos o incluso nulos.

CONCLUSIONES.

A lo largo de este trabajo se han ido exponiendo las ventajas y los inconvenientes que supone utilizar la tecnología BIM como metodología de trabajo. A pesar de los numerosos aspectos positivos que presenta, en la práctica, el realizar el modelado de una nave industrial, ha requerido un gran esfuerzo complementario.

Incluso habiendo utilizado a lo largo del proyecto softwares de primer nivel como lo son Revit o Navisworks, se han detectado algunas carencias a la hora de ejecutar el proyecto.

En cuanto al software específico de Revit, si bien es una excelente herramienta de representación, no lo es tanto de cálculo. A pesar de las amplias ventajas expuestas en los primeros apartados, presenta grandes carencias a la hora de realizar cálculos completos de cualquier instalación. Éste se encuentra limitado con respecto a otros softwares específicos de cálculo, ya que Revit originalmente es un programa de representación al que se le ha añadido recientemente el apartado MEP correspondiente a las instalaciones. El nivel de representación que ofrece es excelente, por ello, actualmente se utiliza como plataforma de representación de lo calculado con otras herramientas, tal y como se ha realizado en este proyecto manualmente o con Dialux.

Otra desventaja que presenta es la dificultad para trabajar con vínculos, siendo necesario ser extremadamente delicado a la hora de guardar y cambiar ubicaciones de archivos. Sin embargo, esta tarea es indispensable si se requiere trabajar conjuntamente en un mismo proyecto. Del mismo modo y como se comenta en apartados anteriores, también es necesario para evitar archivos con tamaño excesivo. El problema fundamental de trabajar con vínculos consiste en la posibilidad real que existe de perder su ruta de enlace, por ejemplo cambiando la ubicación del archivo, o simplemente cambiando el nombre de alguno de los vínculos. Si esto ocurre, se podrá cargar de nuevo el vínculo extraviado, sin embargo, generará problemas con los elementos que se encontraban asociados en algún anfitrión. Por todo ello, es necesario guardar cierto orden a la hora de abordar un proyecto de estas características.

En particular está poco adaptado al ámbito industrial, ya que el cálculo de instalaciones (MEP), el cálculo estructural o la modelización de elementos propios de naves industriales, son algunas de las asignaturas pendientes de Revit. No obstante, el desarrollo es continuo, existiendo actualizaciones periódicas que optimizan las versiones antiguas.

Otra de las insuficiencias encontradas durante el trabajo, como se ha comprobado en los diferentes capítulos, es la falta de información externa, relacionada con la búsqueda de ejemplares reales de fabricantes para su inserción en el modelo. En la mayoría de las ocasiones no se encuentran disponibles, siendo necesaria su elaboración íntegra. En el caso de que el elemento a instalar se encuentre en formato digital, es necesario configurar correctamente sus parámetros, ya que debido a la escasa variedad que existe, probablemente no disponga de las características necesarias para el proyecto. En definitiva, esto son tareas por realizar que, afortunadamente, cada vez son menos frecuentes, ya que los fabricantes están respondiendo de forma progresiva a la demanda que supone la nueva forma de trabajo que se está empezando a implantar.

Todos estos aspectos son consecuencia del incipiente desarrollo de esta tecnología, sin embargo, las ventajas expuestas a continuación son de enorme importancia, promoviendo un gran desarrollo.

Pese a los problemas que existen hoy en día, la metodología BIM está en fase de implantación, cambiando los métodos de trabajo llevados a cabo tradicionalmente. Es una ventaja notable obtener en un mismo modelo una gran cantidad de información en cuanto a planos, mediciones, cálculos, etc., que permitan trabajar con facilidad en los diferentes ámbitos del proyecto. Cada elemento del modelo contiene información propia que permite relacionarlo con el resto, una novedad en comparación con la utilización de los softwares 2D tradicionales.

Además de lo anterior, con la metodología de trabajo BIM es posible gestionar el edificio a lo largo de sus diferentes etapas, tanto en fase de diseño como a lo largo de su vida útil, llevando a cabo planes de mantenimiento complejos, es posible incluso añadir información referente a la fase de derribo y reciclaje de elementos.

Cuando la implantación sea completa, es decir, cuando proveedores, clientes, dirección técnica, promotores, fabricantes, etc., estén al día con esta tecnología y la lleven a cabo, los tiempos de ejecución de proyecto se reducirán en gran medida debido al aumento de la productividad, gracias en parte a las herramientas que dispone como el trabajo colaborativo, la detección de interferencias, planificación de obra, etc. En definitiva, supondrá una profunda revolución dentro del mercado de la construcción, por ello es importante que los estudiantes actuales tengan conocimiento acerca de esta nueva metodología de trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Código Técnico de la Edificación | Documentos CTE. (s.f.). https://www.codigotecnico.org/
- [2] Madurez en entorno BIM: Level 0/1/2/3. (2019, mayo 23). https://www.espaciobim.com/madurez-bim-level-0-1-2-3
- [3] Sobre BIM. (s. f.). https://www.esbim.es/
- [4] Roldán, A. J. M. (s. f.). PGOU. http://urbanismo.cabra.eu/index.php/pgou
- [5] Neufert, E. (2004). Arte de proyectar en arquitectura : fundamentos, normas y prescripciones sobre construcción. (14ª ed., 6ª tirada). Barcelona: Gustavo Gili.
- [6] Alcalde Pecero, F. (2003). Banco de detalles arquitectónicos (1ª ed., 5ª reimp.). Sevilla: Marsay.
- [7] Hardin, B., McCool, D., & Baumhackl, F. (2015). *BIM and construction management: proven tools, methods, and workflows* (2nd ed.). Indianapolis, Indiana: Sybex.
- [8] Documento Básico Seguridad en caso de incendio CTE SI. (2019)
- [9] Documento Básico Salubridad CTE HS. (2019)
- [10] REMOSA, especialista en tratamientos de aguas. (s. f.). https://www.remosa.net/es/index.htm
- [11] Objetos BIM. (s. f.). https://www.bimobject.com/es/product
- [12] Documento Básico Ahorro de energía CTE HE. (2019)
- [13] Emasesa Empresa Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla, S.A. (s. f.). https://www.emasesa.com/
- [14] Soriano Rull, A. (2008). Instalaciones de fontanería domésticas y comerciales (2a. ed.). Barcelona: Editorial UOC
- [15] Electrodomésticos Siemens Tecnología y Diseño | SIEMENS. (s. f.). https://www.siemens-home.bshgroup.com/es/
- [16] RITE: Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios. (2007) Madrid: Idae.
- [17] *Manual de aire acondicionado = (Handbook of air conditioning system design)*. (2017). Barcelona: Marcombo.
- [18] Home Page ES S&P. (s. f.). https://www.solerpalau.com/es-es/

- [19] Ventilacion Lineal para naves industriales. (s. f.). https://www.incoperfil.com/ventilacion-lineal-cms-1-50-49-57/
- [20] Descarga objetos BIM. (s. f.). https://www.bimandco.com/es
- [21] RSCIEI : Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales : (Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre) y Guía Técnica de Aplicación (octubre 2007). (2008). Madrid: Paraninfo.
- [22] REBT Reglamento electrotécnico para Baja Tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-BT 01 a 52 (7a edición). (2017). Madrid: Garceta Grupo Editorial.
- [23] Endesa. (s. f.). https://www.endesa.com/es
- [24] Autodesk | Programas de diseño, ingeniería y entretenimiento 3D. (s. f.). https://www.autodesk.es/
- [25] Kensek, K., & Noble, D. (2014). *Building information modeling: BIM in current and future practice*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons

DOCUMENTO Nº2: ANEXOS

1. INFORME DE PÉRDIDA DE PRESIÓN EN TUBERÍAS DE AFS, REVIT.

Informe de pérdida de presión en tuberías

Nombre de proyecto	Nombre de proyecto
Fecha de emisión de proyecto	Fecha de emisión
Estado de proyecto	Estado de proyecto
Nombre de cliente	Propietario
Dirección de proyecto	Introduzca dirección aquí
Número de proyecto	0001
Nombre de organización	
Descripción de organización	
Nombre del edificio	
Autor	
Tiempo de eiecución	21/04/2020 15:29:39

Agua fría sanitaria 1 (1) (1)

Información del sistema	
Clasificación de sistema	Agua fría sanitaria
Tipo de sistema	Agua fría sanitaria
Nombre de sistema	Agua fría sanitaria 1 (1) (1)
Abreviatura	
Tipo de fluido	Agua
Temperatura de fluido	16 °C
Viscosidad dinámica de fluido	0.00112 Pa-s
Densidad de fluido	998.9114 kg/m³

Cálculos de	e la pérdida de	presión tot	al por seccio	nes						
Sección	Elemento	Flujo	Tamaño	Velocidad	Presión de velocidad	Longitud	Coeficiente K	Fricción	Pérdida de presión total	Pérdida de presión en la sección
	Tubería	0.10 L/s	ø20 mm	0.5 m/s	-	0.01 m	-	247.53 Pa/m	3.0 Pa	
1	Uniones	0.10 L/s	-	0.5 m/s	117.3 Pa	-	1.026752	-	120.4 Pa	100123.4 Pa
	Aparato sanitario	0.10 L/s	-	-	-	-	-	-	100000.0 Pa	
	Tubería	0.10 L/s	ø20 mm	0.5 m/s	-	0.01 m	-	247.53 Pa/m	2.9 Pa	
15	Uniones	0.10 L/s	-	0.5 m/s	117.3 Pa	-	1.026752	-	120.4 Pa	100123.3 Pa
	Aparato sanitario	0.10 L/s	-	-	-	-	-	-	100000.0 Pa	
	Uniones	0.10 L/s	-	0.0 m/s	994.1 Pa	-	0.042105	-	41.9 Pa	
20	Aparato sanitario	0.10 L/s	-	-	-	-	-	-	100000.0 Pa	100041.9 Pa
21	Tubería	0.10 L/s	ø10 mm	2.3 m/s	-	0.12 m	-	9807.96 Pa/m	1147.9 Pa	1872.1 Pa
	Uniones	0.10 L/s	-	2.3 m/s	2586.5 Pa	-	0.28	-	724.2 Pa	
	Uniones	0.10 L/s	-	0.0 m/s	994.1 Pa	-	0.042105	-	41.9 Pa	
28	Aparato sanitario	0.10 L/s	-	-	-	-	-	-	100000.0 Pa	100041.9 Pa
29	Tubería	0.10 L/s	ø10 mm	2.3 m/s	-	0.13 m	-	9807.96 Pa/m	1246.2 Pa	1970.4 Pa
	Uniones	0.10 L/s	-	2.3 m/s	2586.5 Pa	-	0.28	-	724.2 Pa	
	Uniones	0.10 L/s	-	0.0 m/s	994.1 Pa	-	0.042105	-	41.9 Pa	
36	Aparato sanitario	0.10 L/s	-	-	-	-	-	-	100000.0 Pa	100041.9 Pa
37	Tubería	0.10 L/s	ø10 mm	2.3 m/s	-	0.09 m	-	9807.96 Pa/m	836.9 Pa	1561.1 Pa
	Uniones	0.10 L/s	-	2.3 m/s	2586.5 Pa	-	0.28	-	724.2 Pa	
49	Tubería	0.10 L/s	ø20 mm	0.5 m/s	-	0.02 m	-	247.53 Pa/m	4.9 Pa	100125.4 Pa
	Uniones	0.10 L/s	-	0.5 m/s	117.3 Pa	-	1.026752	-	120.4 Pa	
1					1				-	1 C

Informe de pérdida de presión

	Aparato sanitario	0.10 L/s	-	-	-	-	-	-	100000.0 Pa	
	Tubería	0.10 L/s	ø10 mm	1.4 m/s	-	0.03 m	-	3084.68 Pa/m	78.4 Pa	
52	Uniones	0.10 L/s	-	1.4 m/s	994.1 Pa	-	0.042105	-	41.9 Pa	100120.2 Pa
	Aparato sanitario	0.10 L/s	-	-	-	-	-	-	100000.0 Pa	
53	Tubería	0.10 L/s	ø10 mm	2.3 m/s	-	0.06 m	-	9807.96 Pa/m	595.5 Pa	1319.7 Pa
	Uniones	0.10 L/s	-	2.3 m/s	2586.5 Pa	-	0.28	-	724.2 Pa	
	Uniones	0.20 L/s	-	0.0 m/s	1245.0 Pa	-	0.144882	-	180.4 Pa	
61	Aparato sanitario	0.20 L/s	-	-	-	-	-	-	100000.0 Pa	100180.4 Pa
62	Tubería	0.20 L/s	ø15 mm	1.0 m/s	-	4.19 m	-	880.13 Pa/m	4307.0 Pa	4563.6 Pa
	Uniones	0.20 L/s	-	1.0 m/s	494.2 Pa	-	0.519213	-	256.6 Pa	
	Uniones	0.20 L/s	-	0.0 m/s	1245.0 Pa	-	0.144882	-	180.4 Pa	
64	Aparato sanitario	0.20 L/s	-	-	-	-	-	-	100000.0 Pa	100180.4 Pa
	Uniones	0.10 L/s	-	0.0 m/s	994.1 Pa		0.042105	-	41.9 Pa	
67	Aparato sanitario	0.10 L/s	-	-	-	-	-	-	100000.0 Pa	100041.9 Pa
68	Tubería	0.10 L/s	ø10 mm	2.3 m/s	-	0.13 m	-	9807.96 Pa/m	1303.0 Pa	2027.2 Pa
	Uniones	0.10 L/s	-	2.3 m/s	2586.5 Pa	-	0.28	-	724.2 Pa	
81	Uniones	0.00 L/s	-	0.0 m/s	0.0 Pa	_	1.482047	-	0.0 Pa	0.0 Pa
0.0	Tubería	0.00 L/s	ø15 mm	0.0 m/s	-	0.04 m	-	0.00 Pa/m	0.0 Pa	0.0.0
82	Uniones	0.00 L/s	-	0.0 m/s	0.0 Pa	-	0.576667	-	0.0 Pa	0.0 Pa
85	Uniones	0.00 L/s	-	0.0 m/s	0.0 Pa	_	1.482047	-	0.0 Pa	0.0 Pa
87	Uniones	0.00 L/s	-	0.0 m/s	0.0 Pa	-	1.482047	-	0.0 Pa	0.0 Pa
119	Uniones	0.00 L/s	-	0.0 m/s	0.0 Pa	-	0	-	0.0 Pa	0.0 Pa
150	Uniones	0.00 L/s	-	0.0 m/s	0.0 Pa	-	1.482047	-	0.0 Pa	0.0 Pa
161	Uniones	2.19 L/s	-	0.0 m/s	56243.6 Pa		1.482047	-	83355.7 Pa	83355.7 Pa
	Tubería	2.19 L/s	ø25 mm	0.0 m/s	-	0.02 m	-	0.00 Pa/m	0.0 Pa	
165	Uniones	2.19 L/s	-	0.0 m/s	0.0 Pa	-	0.867952	-	0.0 Pa	0.0 Pa
	Tubería	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	-	3.67 m	-	0.00 Pa/m	0.0 Pa	
167	Uniones	2.19 L/s	-	0.0 m/s	56243.6 Pa	-	1.482047	-	83355.7 Pa	83355.7 Pa
259	Tubería	0.10 L/s	ø15 mm	1.1 m/s	-	3.79 m	-	1809.13 Pa/m	6855.5 Pa	6889.0 Pa
	Uniones	0.10 L/s	-	1.1 m/s	627.0 Pa	-	0.053333	-	33.4 Pa	
265	Tubería	0.10 L/s	ø15 mm	1.1 m/s	-	2.82 m	-	1809.13 Pa/m	5109.7 Pa	5143.1 Pa
	Uniones	0.10 L/s	-	1.1 m/s	627.0 Pa	-	0.053333	-	33.4 Pa	
266	Tubería	0.10 L/s	ø15 mm	1.1 m/s	-	2.63 m	-	1809.13 Pa/m	4766.0 Pa	4799.4 Pa
	Uniones	0.10 L/s	-	1.1 m/s	627.0 Pa	-	0.053333	-	33.4 Pa	
267	Tubería	0.10 L/s	ø15 mm	1.1 m/s	-	3.46 m	-	1809.13 Pa/m	6256.9 Pa	6399.0 Pa
	Uniones	0.10 L/s	-	1.1 m/s	627.0 Pa	-	0.226667	-	142.1 Pa	
280	Uniones	0.00 L/s	-	0.0 m/s	0.0 Pa	-	0.494016	-	0.0 Pa	0.0 Pa
202	Tubería	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	-	0.82 m	-	0.00 Pa/m	0.0 Pa	75255 8 Da
202	Uniones	2.19 L/s	-	0.0 m/s	56243.6 Pa	-	1.338031	-	75255.8 Pa	7JZJJ.0 Fd
285	Tubería	0.10 L/s	ø15 mm	1.1 m/s	-	2.28 m	-	1809.13 Pa/m	4122.6 Pa	4264.7 Pa
	Uniones	0.10 L/s	-	1.1 m/s	627.0 Pa	-	0.226667	-	142.1 Pa	
286	Uniones	0.40 L/s	-	0.0 m/s	331.6 Pa	-	1.387559	-	460.2 Pa	460.2 Pa
290	Tubería	0.10 L/s	ø15 mm	1.1 m/s	-	3.20 m	-	1809.13 Pa/m	5782.9 Pa	5925.1 Pa
	Uniones	0.10 L/s	-	1.1 m/s	627.0 Pa	-	0.226667	-	142.1 Pa	

Informe de pérdida de presión

293	Tubería	0.10 L/s	ø15 mm	1.1 m/s	-	2.45 m	-	1809.13 Pa/m	4430.2 Pa	4957.9 Pa
	Uniones	0.10 L/s	-	1.1 m/s	627.0 Pa	-	0.841601	-	527.7 Pa	
294	Tubería	0.30 L/s	ø16 mm	1.5 m/s	-	0.67 m	-	1796.65 Pa/m	1196.7 Pa	1419.1 Pa
	Uniones	0.30 L/s	-	1.5 m/s	1111.9 Pa	-	0.2	-	222.4 Pa	
309	Uniones	0.40 L/s	-	0.0 m/s	331.6 Pa	-	0	-	0.0 Pa	0.0 Pa
323	Tubería	0.10 L/s	ø15 mm	1.1 m/s	-	2.62 m	-	1809.13 Pa/m	4738.8 Pa	4881.0 Pa
	Uniones	0.10 L/s	-	1.1 m/s	627.0 Pa	-	0.226667	-	142.1 Pa	
324	Uniones	0.10 L/s	-	0.0 m/s	117.3 Pa	-	1.482047	-	173.8 Pa	173.8 Pa
327	Tubería	0.40 L/s	ø20 mm	1.9 m/s	-	1.42 m	-	2809.85 Pa/m	3991.1 Pa	4918.0 Pa
	Uniones	0.40 L/s	-	1.9 m/s	1876.3 Pa	-	0.494016	-	926.9 Pa	
332	Tubería	1.10 L/s	ø20 mm	5.3 m/s	-	4.06 m	-	17112.51 Pa/m	69469.3 Pa	74390.6 Pa
	Uniones	1.10 L/s	-	5.3 m/s	14060.9 Pa	-	0.35	-	4921.3 Pa	
334	Tubería	0.30 L/s	ø16 mm	1.5 m/s	-	0.67 m	-	1796.65 Pa/m	1195.0 Pa	1417.4 Pa
	Uniones	0.30 L/s	-	1.5 m/s	1111.9 Pa	-	0.2	-	222.4 Pa	
	Uniones	0.10 L/s	-	0.0 m/s	42.2 Pa	-	1.026752	-	43.3 Pa	
336	Aparato sanitario	0.10 L/s	-	-	-	-	-	-	35979.5 Pa	36022.8 Pa
339	Tubería	0.40 L/s	ø20 mm	1.9 m/s	-	0.42 m	-	2809.85 Pa/m	1170.7 Pa	4608.2 Pa
	Uniones	0.40 L/s	-	1.9 m/s	1876.3 Pa	-	1.832047	-	3437.5 Pa	
350	Uniones	0.10 L/s	-	0.0 m/s	123.5 Pa	-	1.557638	-	192.4 Pa	192.4 Pa
351	Uniones	0.10 L/s	-	0.0 m/s	117.3 Pa	-	1.482047	-	173.8 Pa	173.8 Pa
352	Uniones	0.10 L/s	-	0.0 m/s	123.5 Pa	-	0.519213	-	64.1 Pa	64.1 Pa
353	Uniones	0.10 L/s	-	0.0 m/s	123.5 Pa	-	1.557638	-	192.4 Pa	192.4 Pa
354	Uniones	0.10 L/s	-	0.0 m/s	117.3 Pa	-	0.494016	-	57.9 Pa	57.9 Pa
356	Tubería	0.10 L/s	ø15 mm	1.1 m/s	-	4.90 m	-	1809.13 Pa/m	8856.4 Pa	8998.5 Pa
	Uniones	0.10 L/s	-	1.1 m/s	627.0 Pa	-	0.226667	-	142.1 Pa	
357	Tubería	0.20 L/s	ø20 mm	1.0 m/s	-	1.76 m	-	827.13 Pa/m	1454.5 Pa	2036.5 Pa
	Uniones	0.20 L/s	-	1.0 m/s	469.1 Pa	-	1.240847	-	582.1 Pa	
359	Uniones	0.10 L/s	-	0.0 m/s	117.3 Pa	-	0.494016	-	57.9 Pa	57.9 Pa
360	Uniones	0.10 L/s	-	0.0 m/s	117.3 Pa	-	1.482047	-	173.8 Pa	173.8 Pa
363	Uniones	0.10 L/s	-	0.0 m/s	123.5 Pa	-	1.557638	-	192.4 Pa	192.4 Pa
364	Uniones	0.10 L/s	-	0.0 m/s	117.3 Pa	-	1.482047	-	173.8 Pa	173.8 Pa
375	Uniones	0.80 L/s	-	0.0 m/s	786.6 Pa	-	1.317638	-	1036.4 Pa	1036.4 Pa
379	Uniones	1.10 L/s	-	0.0 m/s	1473.6 Pa	-	2.440119	-	3595.7 Pa	3595.7 Pa
380	Uniones	0.30 L/s	-	0.0 m/s	67.2 Pa	-	0	-	0.0 Pa	0.0 Pa
382	Uniones	0.30 L/s	-	0.0 m/s	1391.9 Pa	-	0.226667	-	315.5 Pa	315.5 Pa
	Equipos	0.30 L/s	-	-	-	-	-	-	0.0 Pa	
389	Tubería	0.30 L/s	ø15 mm	3.3 m/s	-	0.03 m	-	12226.10 Pa/m	359.8 Pa	1596 7 Pa
505	Uniones	0.30 L/s	-	3.3 m/s	5456.7 Pa	-	0.226667	-	1236.9 Pa	1550.714
	Equipos	0.30 L/s	-	-	-	-	-	-	0.0 Pa	
393	Tubería	0.20 L/s	ø16 mm	1.0 m/s	-	4.02 m	-	880.13 Pa/m	3545.4 Pa	3802.0 Pa
	Uniones	0.20 L/s	-	1.0 m/s	494.2 Pa	-	0.519213	-	256.6 Pa	
395	Tubería	0.10 L/s	ø15 mm	1.1 m/s	-	4.66 m	-	1809.13 Pa/m	8438.8 Pa	9074.9 Pa
	Uniones	0.10 L/s	-	1.1 m/s	627.0 Pa	-	1.014446	-	636.1 Pa	
404	Uniones	0.00 L/s	-	0.0 m/s	0.0 Pa	-	1.482047	-	0.0 Pa	0.0 Pa
411	Uniones	0.00 L/s	-	0.0 m/s	0.0 Pa	-	0	-	0.0 Pa	0.0 Pa

Informe de pérdida de presión

434	Tubería	0.30 L/s	ø20 mm	1.4 m/s	-	0.64 m	-	1638.71 Pa/m	1050.1 Pa	2562.6 Pa
	Uniones	0.30 L/s	-	1.4 m/s	1020.5 Pa	-	1.482047	-	1512.5 Pa	
	Tubería	0.00 L/s	ø15 mm	0.0 m/s	-	0.04 m	_	0.00 Pa/m	0.0 Pa	
447	Uniones	0.00 L/s	-	0.0 m/s	0.0 Pa	-	0.576667	-	0.0 Pa	0.0 Pa
450	Uniones	0.00 L/s	-	0.0 m/s	0.0 Pa	-	1.482047	_	0.0 Pa	0.0 Pa
a = a	Tubería	0.00 L/s	ø16 mm	0.0 m/s	-	3.10 m	-	0.00 Pa/m	0.0 Pa	
451	Uniones	0.00 L/s	-	0.0 m/s	0.0 Pa	-	0.55	-	0.0 Pa	0.0 Pa
452	Uniones	0.00 L/s	-	0.0 m/s	0.0 Pa	-	1.482047	-	0.0 Pa	0.0 Pa
460	Tubería	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	-	5.83 m	-	0.00 Pa/m	0.0 Pa	44650.2.5
462	Uniones	2.19 L/s	-	0.0 m/s	56243.6 Pa	-	0.794016	-	44658.3 Pa	44658.3 P
167	Uniones	2.19 L/s	-	0.0 m/s	5894.3 Pa	-	0	-	0.0 Pa	0.0.0-
+07	Equipos	2.19 L/s	-	-	-	-	-	-	0.0 Pa	0.0 Pa
160	Tubería	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	-	28.32 m	-	0.00 Pa/m	0.0 Pa	0.0 Pa
+05	Uniones	2.19 L/s	-	0.0 m/s	0.0 Pa	-	0.3	-	0.0 Pa	0.0 га
170	Uniones	2.19 L/s	-	0.0 m/s	5894.3 Pa	-	1.472482	-	8679.3 Pa	8679.3 Pa
170	Tubería	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	-	4.11 m	-	0.00 Pa/m	0.0 Pa	07201 5 5
+/2	Uniones	2.19 L/s	-	0.0 m/s	56243.6 Pa	-	1.73	-	97301.5 Pa	97301.5 P
177	Tubería	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	-	0.01 m	-	0.00 Pa/m	0.0 Pa	2770E 2 F
+//	Uniones	2.19 L/s	-	0.0 m/s	56243.6 Pa	-	0.494016	-	27785.2 Pa	21103.21
178	Tubería	0.00 L/s	ø10 mm	0.0 m/s	-	0.01 m	-	0.00 Pa/m	0.0 Pa	0 0 P2
+/0	Uniones	0.00 L/s	-	0.0 m/s	0.0 Pa	-	0.72	-	0.0 Pa	U.U Fd
101	Tubería	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	-	0.01 m	-	0.00 Pa/m	0.0 Pa	0 0 Pa
+01	Uniones	2.19 L/s	-	0.0 m/s	0.0 Pa	-	0.494016	-	0.0 Pa	0.010
	Uniones	2.19 L/s	-	0.0 m/s	14991.6 Pa	-	0.867952	-	13012.0 Pa	
182	Aparato sanitario	2.19 L/s	-	-	-	-	-	-	0.0 Pa	13012.0 F
	Uniones	2.19 L/s	-	0.0 m/s	14991.6 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
183	Aparato sanitario	2.19 L/s	-	-	-	-	-	-	0.0 Pa	0.0 Pa
10 <i>C</i>	Tubería	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	-	1.90 m	-	0.00 Pa/m	0.0 Pa	a 11248.7 P
186	Uniones	2.19 L/s	-	0.0 m/s	56243.6 Pa	-	0.2	-	11248.7 Pa	
	Tubería	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	-	3.03 m	_	0.00 Pa/m	0.0 Pa	
503	Uniones	2.19 L/s	-	0.0 m/s	56243.6 Pa	-	0.65	-	36558.4 Pa	36558.4 Pa
	Tubería	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	-	1.55 m	-	0.00 Pa/m	0.0 Pa	
507	Uniones	2.19 L/s	-	0.0 m/s	56243.6 Pa	-	0.794016	-	44658.3 Pa	44658.3
	Tubería	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	-	0.41 m	-	0.00 Pa/m	0.0 Pa	
511	Uniones	2.19 L/s	-	0.0 m/s	56243.6 Pa	-	0.494016	-	27785.2 Pa	27785.2
	Tubería	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	-	1.22 m	_	0.00 Pa/m	0.0 Pa	
514	Uniones	2.19 L/s	-	0.0 m/s	56243.6 Pa	-	0.85	-	47807.1 Pa	47807.1 F
	Tubería	1.10 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	-	0.71 m	_	0.00 Pa/m	0.0 Pa	
522	Uniones	1.10 L/s	-	0.0 m/s	0.0 Pa	-	1.832047	-	0.0 Pa	0.0 Pa
523	Uniones	0.80 L/s	-	0.0 m/s	2000.5 Pa	-	2.255511	-	4512.2 Pa	4512.2 Pa
	Tubería	0.80 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	-	0.41 m	_	0.00 Pa/m	0.0 Pa	
524	Uniones	0.80 L/s	-	0.0 m/s	0.0 Pa	-	0.3	-	0.0 Pa	0.0 Pa
	Tubería	0.00 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	-	1.41 m	_	0.00 Pa/m	0.0 Pa	
527	Uniones	0.00 L/s	-	0.0 m/s	0.0 Pa	-	0.694016	-	0.0 Pa	0.0 Pa
20	Tubería	0.20 L/s	ø20 mm	1.0 m/s	-	1.76 m	-	827.13 Pa/m	1457.8 Pa	1622 O D
	Uniones	0.20 L/s	-	1.0 m/s	469.1 Pa	-	0.35		164.2 Pa	1022.U Pa
	Tubería	0.001/s	ø20 mm	0.0 m/s		0.42 m		0.00 Pa/m	0.0 Pa	
538	Uniones	0.00 L/s	-	0.0 m/s	0.0 Pa	-	1.482047	-	0.0 Pa	0.0 Pa
								2809 85		
539	Tubería	0.40 L/s	ø20 mm	1.9 m/s	-	0.41 m	-	Pa/m	1141.7 Pa	2173.7 Pa
	Uniones	0.40 L/s	-	1.9 m/s	1876.3 Pa	-	0.55	-	1032.0 Pa	
- 1 C	Uniones	0.30 L/s	-	0.0 m/s	1055.4 Pa	-	0.494016	-	521.4 Pa	521.4 Pa
546		·····								

Informe de pérdida de presión

								Pa/m		
	Uniones	0.30 L/s	-	1.4 m/s	1020.5 Pa	-	0.3	-	306.2 Pa	
552	Tubería	0.80 L/s	ø20 mm	3.9 m/s	-	0.43 m	-	9705.32 Pa/m	4215.2 Pa	7922.9 Pa
	Uniones	0.80 L/s	-	3.9 m/s	7505.2 Pa	-	0.494016	-	3707.7 Pa	
556	Uniones	0.30 L/s	-	0.0 m/s	1055.4 Pa	-	0.494016	-	521.4 Pa	521.4 Pa
557	Uniones	0.40 L/s	-	0.0 m/s	1976.8 Pa	-	0.2	_	395.4 Pa	395.4 Pa
558	Uniones	0.20 L/s	-	0.0 m/s	494.2 Pa	-	1.557638	_	769.8 Pa	769.8 Pa
560	Uniones	0.20 L/s	-	0.0 m/s	494.2 Pa	-	0.2	_	98.8 Pa	98.8 Pa
561	Tubería	0.20 L/s	ø20 mm	1.0 m/s	-	2.02 m	-	827.13 Pa/m	1669.6 Pa	2251.7 Pa
	Uniones	0.20 L/s	-	1.0 m/s	469.1 Pa	-	1.240847	-	582.1 Pa	
563	Uniones	0.20 L/s	-	0.0 m/s	494.2 Pa	-	0.519213	-	256.6 Pa	256.6 Pa
568	Tubería	0.10 L/s	ø20 mm	0.5 m/s	-	0.03 m	-	247.53 Pa/m	8.6 Pa	
	Uniones	0.10 L/s	-	0.5 m/s	117.3 Pa	-	1.026752	-	120.4 Pa	100129.0 Pa
	Aparato sanitario	0.10 L/s	-	-	-	-	-	-	100000.0 Pa	
Ruta críti	ca : 467-469-47()-472-477-48	31-482-483-4	86-462-503-	507-167-511-	161-165-51	4-452-451 : Pe	érdida de pre	esión total : 52	6205.6 Pa

Informació	in detallada sobre e	l segmento	recto por seccio	nes					
Sección	ID de elemento	Flujo	Tamaño	Velocidad	Presión de velocidad	Longitud	Pérdida de presión	Pérdida de presión total	
1	917910	0.10 L/s	ø20 mm	0.5 m/s	117.3 Pa	0.01 m	3.0 Pa	3.0 Pa	
15	1114098	0.10 L/s	ø20 mm	0.5 m/s	117.3 Pa	0.01 m	2.9 Pa	2.9 Pa	
	925227	0.10 L/s	ø10 mm	2.3 m/s	2586.5 Pa	0.02 m	236.6 Pa		
21	925514	0.10 L/s	ø10 mm	2.3 m/s	2586.5 Pa	0.04 m	388.4 Pa	1147.9 Pa	
	925532	0.10 L/s	ø10 mm	2.3 m/s	2586.5 Pa	0.05 m	522.9 Pa		
	926615	0.10 L/s	ø10 mm	2.3 m/s	2586.5 Pa	0.03 m	285.7 Pa		
29	926632	0.10 L/s	ø10 mm	2.3 m/s	2586.5 Pa	0.04 m	437.4 Pa	1246.2 Pa	
	926707	0.10 L/s	ø10 mm	2.3 m/s	2586.5 Pa	0.05 m	523.1 Pa		
	935540	0.10 L/s	ø10 mm	2.3 m/s	2586.5 Pa	0.02 m	187.6 Pa		
37	935557	0.10 L/s	ø10 mm	2.3 m/s	2586.5 Pa	0.03 m	290.3 Pa	836.9 Pa	
	935664	0.10 L/s	ø10 mm	2.3 m/s	2586.5 Pa	0.04 m	359.0 Pa		
49	926257	0.10 L/s	ø20 mm	0.5 m/s	117.3 Pa	0.02 m	4.9 Pa	4.9 Pa	
52	923811	0.10 L/s	ø10 mm	1.4 m/s	994.1 Pa	0.03 m	78.4 Pa	78.4 Pa	
	923790	0.10 L/s	ø10 mm	2.3 m/s	2586.5 Pa	0.03 m	268.6 Pa		
53	923948	0.10 L/s	ø10 mm	2.3 m/s	2586.5 Pa	0.03 m	326.9 Pa	595.5 Pa	
	854214	0.20 L/s	ø15 mm	1.0 m/s	494.2 Pa	1.89 m	2284.3 Pa		
ca	935201	0.20 L/s	ø15 mm	1.0 m/s	494.2 Pa	0.01 m	9.1 Pa	4207.0.5	
62	2233963	0.20 L/s	ø16 mm	1.0 m/s	494.2 Pa	1.49 m	1314.9 Pa	4307.0 Pa	
	2233977	0.20 L/s	ø16 mm	1.0 m/s	494.2 Pa	0.79 m	698.7 Pa		
	916990	0.10 L/s	ø10 mm	2.3 m/s	2586.5 Pa	0.01 m	89.5 Pa	1303.0 Pa	
68	917105	0.10 L/s	ø10 mm	2.3 m/s	2586.5 Pa	0.04 m	370.9 Pa		
	917427	0.10 L/s	ø10 mm	2.3 m/s	2586.5 Pa	0.09 m	842.6 Pa		
	2124836	0.00 L/s	ø15 mm	0.0 m/s	0.0 Pa	0.02 m	0.0 Pa		
82	2124844	0.00 L/s	ø15 mm	0.0 m/s	0.0 Pa	0.01 m	0.0 Pa	0.0 Pa	
	2127183	0.00 L/s	ø15 mm	0.0 m/s	0.0 Pa	0.01 m	0.0 Pa		
165	2189711	2.19 L/s	ø25 mm	0.0 m/s	0.0 Pa	0.02 m	0.0 Pa	0.0 Pa	
4.67	2190973	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	56243.6 Pa	2.69 m	0.0 Pa		
167	2577403	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	56243.6 Pa	0.98 m	0.0 Pa	0.0 Pa	
	854252	0.10 L/s	ø15 mm	1.1 m/s	627.0 Pa	0.10 m	182.2 Pa		
259	854254	0.10 L/s	ø15 mm	1.1 m/s	627.0 Pa	2.15 m	3883.6 Pa	6855.5 Pa	
	2233914	0.10 L/s	ø15 mm	1.1 m/s	627.0 Pa	1.54 m	2789.7 Pa		
	854266	0.10 L/s	ø15 mm	1.1 m/s	627.0 Pa	0.01 m	21.7 Pa		
265	854268	0.10 L/s	ø15 mm	1.1 m/s	627.0 Pa	1.85 m	3350.0 Pa	E100 7 D-	
205	2233771	0.10 L/s	ø15 mm	1.1 m/s	627.0 Pa	0.39 m	707.1 Pa	5109.7 Pa	
	2233802	0.10 L/s	ø15 mm	1.1 m/s	627.0 Pa	0.57 m	1030.8 Pa		
ſ									

21/4/2020

Informe de pérdida de presión

266	854220	0.10 L/s	ø15 mm	1.1 m/s	627.0 Pa	1.84 m	3331.9 Pa	4766.0 Pa
	935723	0.10 L/s	ø15 mm	1.1 m/s	627.0 Pa	0.01 m	14.9 Pa	
	2234002	0.10 L/s	ø15 mm	1.1 m/s	627.0 Pa	0.78 m	1419.1 Pa	
	854230	0.10 L/s	ø15 mm	1.1 m/s	627.0 Pa	2.15 m	3883.7 Pa	
67	935897	0.10 L/s	ø15 mm	1.1 m/s	627.0 Pa	0.06 m	107.4 Pa	6256.9 Pa
	2234074	0.10 L/s	ø15 mm	1.1 m/s	627.0 Pa	1.25 m	2265.9 Pa	
00	2579310	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	56243.6 Pa	0.38 m	0.0 Pa	0.0.0-
82	2612824	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	56243.6 Pa	0.44 m	0.0 Pa	0.0 Pa
	854506	0.10 L/s	ø15 mm	1.1 m/s	627.0 Pa	1.61 m	2912.0 Pa	
85	2230799	0.10 L/s	ø15 mm	1.1 m/s	627.0 Pa	0.47 m	857.0 Pa	4122.6 Pa
	2230850	0.10 L/s	ø15 mm	1.1 m/s	627.0 Pa	0.20 m	353.6 Pa	
	854558	0.10 L/s	ø15 mm	1.1 m/s	627.0 Pa	1.93 m	3486.0 Pa	
90	2230081	0.10 L/s	ø15 mm	1.1 m/s	627.0 Pa	1.24 m	2235.7 Pa	5782.9 Pa
	2230250	0.10 L/s	ø15 mm	1.1 m/s	627.0 Pa	0.03 m	61.2 Pa	
	854546	0.101/s	ø15 mm	1.1 m/s	627.0 Pa	0.03 m	46.0 Pa	
93	854548	0.101/s	ø15 mm	1.1 m/s	627.0 Pa	1.62 m	2937.0 Pa	4430.2 Pa
	2230310	0.10 L/s	ø15 mm	1.1 m/s	627.0 Pa	0.80 m	1447.2 Pa	
٩л	2230331	0 30 1 /s	ø16 mm	1 5 m/s	1111 9 Pa	0.67 m	1196 7 Pa	1196 7 Pa
J4	2230331	0.30 L/3		1.5 m/s		1.05 m	2241.0 D-	1130.7 Fa
	872070	0.10 L/S	۳۳ כדמ «15	1.1 m/s	o∠7.0 Pa	1.05 M	5341.0 Pa	
23	0/30/3 222257	0.10 L/S	۱۱۱۳ כבע מ15 mm	1.1 m/s	027.0 Pa 627.0 Pa	0.00 m	860 2 P2	4738.8 Pa
	2235372	0.10 L/S	۲۱۱۱۱۱ دیو مر15 mm	1.1 m/s	0∠7.0 Pa 627 0 Pa	0.40 III	000.2 Pa 121 2 Pa	
~~	2235364	0.10 L/S		1.1 11/3	027.0 Fa	1.42	421.2 Fd	2004 4 5
27	2233678	0.40 L/s	ø20 mm	1.9 m/s	1876.3 Pa	1.42 m	3991.1 Pa	3991.1 Pa
222	2229802	1.10 L/s	ø20 mm	5.3 m/s	14060.9 Pa	3.45 m	58980.5 Pa	CO 4 CO 2 D
32	2233972	1.10 L/s	ø20 mm	5.3 m/s	14060.9 Pa	0.28 m	4828.3 Pa	69469.3 Pa
	2613744	1.10 L/s	ø20 mm	5.3 m/s	14060.9 Pa	0.33 m	5660.4 Pa	
34	2234021	0.30 L/s	ø16 mm	1.5 m/s	1111.9 Pa	0.67 m	1195.0 Pa	1195.0 Pa
20	2238779	0.40 L/s	ø20 mm	1.9 m/s	1876.3 Pa	0.16 m	437.8 Pa	1170 7 Pa
	2613935	0.40 L/s	ø20 mm	1.9 m/s	1876.3 Pa	0.26 m	732.8 Pa	11/0.7 Fa
	854284	0.10 L/s	ø15 mm	1.1 m/s	627.0 Pa	2.15 m	3883.6 Pa	
50	926378	0.10 L/s	ø15 mm	1.1 m/s	627.0 Pa	0.01 m	16.9 Pa	
50	2233427	0.10 L/s	ø15 mm	1.1 m/s	627.0 Pa	2.41 m	4357.5 Pa	8856.4 Pa
	2233441	0.10 L/s	ø15 mm	1.1 m/s	627.0 Pa	0.33 m	598.4 Pa	
	2239815	0.20 L/s	ø20 mm	1.0 m/s	469.1 Pa	0.09 m	73.0 Pa	
57	2614173	0.20 L/s	ø20 mm	1.0 m/s	469.1 Pa	1.67 m	1381.5 Pa	1454.5 Pa
89	2571622	0.30 L/s	ø15 mm	3.3 m/s	5456.7 Pa	0.03 m	359.8 Pa	359.8 Pa
	854568	0 20 1 /s	ø16 mm	1 0 m/s	494 2 Pa	1 67 m	1473 1 Pa	
	935120	0.201/s	ø15 mm	1.0 m/s	494.2 Pa	0.03 m	38 3 Pa	
93	2230090	0.20 L/s	ø16 mm	1.0 m/s	494.2 Pa	1.49 m	1314.0 Pa	3545.4 Pa
	2230284	0.20 L/s	ø16 mm	1.0 m/s	494.2 Pa	0.82 m	720.1 Pa	
	851191	0 10 1 /s	ø15 mm	1 1 m/s	627 O Pa	0.01 m	10 0 Pa	
	854496	0.10 L/3	ø15 mm	1.1 m/s	627.0 Pa	1 93 m	3500 1 Pa	
95	2230919	0.10 L/3	ø15 mm	1.1 m/s	627.0 Pa	2 41 m	4368 7 Pa	8438.8 Pa
	2230313	0.10 L/S	ø15 mm	1.1 m/s	627.0 Pa	0.31 m	559 9 Pa	
21	2278001	0.201/c	¢20 mm	1.4 m/s	1020 5 Pa	0.61 m	1050 1 Po	1050 1 Pa
J4	2278001			1.4 m/s	1020.3 Fa	0.04 m		1030.1 Fa
47	2194301	0.00 L/s	Ø15 mm	0.0 m/s	0.0 Pa	0.01 m	0.0 Pa	0.0.0-
47	2577608	0.00 L/S	Ø15 mm	0.0 m/s		0.02 m		0.0 Pa
	2577608	0.00 L/S	ø15 mm	0.0 m/s	0.0 Pa	U.U1 m	U.U Pa	
	2189719	0.00 L/s	ø16 mm	0.0 m/s	0.0 Pa	1.97 m	0.0 Pa	
F 4	2572181	0.00 L/s	ø16 mm	0.0 m/s	0.0 Pa	1.09 m	0.0 Pa	0.0.0
51	2572347	0.00 L/s	ø16 mm	0.0 m/s	0.0 Pa	0.01 m	0.0 Pa	0.0 Pa
	2572361	0.00 L/s	ø16 mm	0.0 m/s	0.0 Pa	0.02 m	0.0 Pa	
	2572535	0.00 L/s	ø16 mm	0.0 m/s	0.0 Pa	0.02 m	0.0 Pa	
62	2095756	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	56243.6 Pa	0.06 m	0.0 Pa	0.0 Pa
	2117070	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	56243.6 Pa	0.84 m	0.0 Pa	
	2124149	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	56243.6 Pa	0.45 m	0.0 Pa	
	2130567	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	56243.6 Pa	3.26 m	0.0 Pa	
	2190796	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	56243.6 Pa	0.29 m	0.0 Pa	

21	/4/2020
~ '	17/2020

Informe de pérdida de presión

	2275137	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	56243.6 Pa	0.68 m	0.0 Pa	
	2275201	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	56243.6 Pa	0.26 m	0.0 Pa	
	1020049	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	0.0 Pa	19.45 m	0.0 Pa	
	2597126	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	0.0 Pa	0.70 m	0.0 Pa	
469	2598076	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	0.0 Pa	7.47 m	0.0 Pa	0.0 Pa
	2598086	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	0.0 Pa	0.31 m	0.0 Pa	
	2598243	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	0.0 Pa	0.40 m	0.0 Pa	
	2212468	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	56243.6 Pa	0.22 m	0.0 Pa	
	2576881	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	56243.6 Pa	0.31 m	0.0 Pa	
	2576901	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	56243.6 Pa	1.02 m	0.0 Pa	
	2597115	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	56243.6 Pa	2.07 m	0.0 Pa	
472	2597558	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	56243.6 Pa	0.25 m	0.0 Pa	0.0 Pa
	2597570	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	56243.6 Pa	0.11 m	0.0 Pa	
	2597571	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	56243.6 Pa	0.11 m	0.0 Pa	
	2609691	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	56243.6 Pa	0.02 m	0.0 Pa	
	2609849	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	56243.6 Pa	0.01 m	0.0 Pa	
477	2609876	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	56243.6 Pa	0.01 m	0.0 Pa	0.0 Pa
	2206975	0.00 L/s	ø10 mm	0.0 m/s	0.0 Pa	0.00 m	0.0 Pa	
478	2208390	0.00 L/s	ø10 mm	0.0 m/s	0.0 Pa	0.01 m	0.0 Pa	0.0 Pa
	2214614	0.00 L/s	ø10 mm	0.0 m/s	0.0 Pa	0.00 m	0.0 Pa	
481	2090864	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	0.0 Pa	0.01 m	0.0 Pa	0.0 Pa
	2125182	2.19 /s	ø20 mm	0.0 m/s	56243.6 Pa	0.24 m	0.0 Pa	
486	2125192	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	56243.6 Pa	1.54 m	0.0 Pa	0.0 Pa
	2609964	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	56243.6 Pa	0.12 m	0.0 Pa	
	2130551	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	56243.6 Pa	0.10 m	0.0 Pa	
503	2135051	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	56243.6 Pa	2.87 m	0.0 Pa	0.0 Pa
	2185216	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	56243.6 Pa	0.05 m	0.0 Pa	
	2128665	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	56243.6 Pa	0.14 m	0.0 Pa	
507	2185229	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	56243.6 Pa	0.09 m	0.0 Pa	0 0 Pa
	2190963	2.19 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	56243.6 Pa	1.32 m	0.0 Pa	
511	2190983	2.19 I /s	ø20 mm	0.0 m/s	56243.6 Pa	0.41 m	0.0 Pa	0.0 Pa
	2192806	2 19 L/s	¢20 mm	0.0 m/s	562/13 6 Pa	0.30 m	0 0 Pa	
514	2192800	2.19 L/3	ø20 mm	0.0 m/s	562/13 6 Pa	0.30 m	0.0 Fa	0.0 Pa
	2373230	1 10 1 /2	¢20 mm	0.0 m/s	0.0 Pp	0.52 m	0.0 1 0	
522	2237361	1.10 L/S	ø20 mm	0.0 m/s	0.0 Pa	0.52 m	0.0 Pa	0.0 Pa
5 24	2270880	1.10 L/3	¢20 mm	0.0 /-	0.0 Fa	0.20 m	0.0 Fa	0.0.0-
524	2276707	U.80 L/S	ø20 mm	0.0 m/s	0.0 Pa	0.41 m	0.0 Pa	0.0 Pa
527	2613072	0.00 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	0.0 Pa	1.41 m	0.0 Pa	0.0 Pa
530	2230026	0.20 L/s	ø20 mm	1.0 m/s	469.1 Pa	1.68 m	1389.4 Pa	1457.8 Pa
	2238286	0.20 L/s	ø20 mm	1.0 m/s	469.1 Pa	0.08 m	68.4 Pa	
538	2613007	0.00 L/s	ø20 mm	0.0 m/s	0.0 Pa	0.42 m	0.0 Pa	0.0 Pa
E 20	2230168	0.40 L/s	ø20 mm	1.9 m/s	1876.3 Pa	0.39 m	1082.5 Pa	1141 7 Da
222	2613119	0.40 L/s	ø20 mm	1.9 m/s	1876.3 Pa	0.02 m	59.2 Pa	1141.7 Pa
547	2276982	0.30 L/s	ø20 mm	1.4 m/s	1020.5 Pa	0.54 m	877.9 Pa	877.9 Pa
552	2571628	0.80 L/s	ø20 mm	3.9 m/s	7505.2 Pa	0.43 m	4215.2 Pa	4215.2 Pa
	2233927	0.20 L/s	ø20 mm	1.0 m/s	469.1 Pa	1.80 m	1486.1 Pa	
561	2614025	0.20 L/s	ø20 mm	1.0 m/s	469.1 Pa	0.22 m	183.5 Pa	1669.6 Pa
568	926453	0.10 L/s	ø20 mm	0.5 m/s	117.3 Pa	0.03 m	8.6 Pa	8.6 Pa
L								

Resumen o	Resumen del coeficiente de pérdida en uniones y accesorios por secciones										
Sección	ID de elemento	Método de pérdida	Tabla de coeficiente K Coeficiente K Pérdida de presión		Pérdida de presión total						
1	917988	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	idnØb667523ser	120.4 Pa	120.4 Pa					
15	2230263	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	idnØb667523ser	120.4 Pa	120.4 Pa					
20	925288	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	i 0n:0412:1105 ser	41.9 Pa	41.9 Pa					
21	925288	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	ion/Increaser	0.0 Pa	724.2 Pa					
	925296	Sin definir	-	0	0.0 Pa						
	925689	Sin definir	-	0	0.0 Pa						

Informe de pérdida de presión

2	926630	Coeficiente K de tabla	Beducer/Counling/Lin	andlanaser	41 9 Pa	41 9 Pa			
	026620	Cooficiente K de tabla	Doducer/Coupling/Un			-1.5 T d			
	920030	Coenciente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	ony increaser					
)	920058	Sin definir	-	0 0	0.0 Pa	724.2 Pa			
	926869	Coeficiente K de tabla	- Reducer/Counling/Lin	ບ Mn7/Bacreaser	724 2 Pa				
	025555	Cooficiente K de tabla	Poducor/Coupling/Un	and hat a sor	11 0 Do	41 0 Pa			
)	935555		Reducer/Coupling/Un		41.9 Pa	41.9 Pa			
	935555	Coefficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	oun/Increaser	0.0 Pa				
7	935563	Sin definir	-	0		724.2 Pa			
	935839	Sin definir Cooficiente K de tabla	- Paducar/Coupling/Up	U Animaraacar	0.0 Pa 724 2 Do				
	955841		Reducer/Coupling/On		724.2 Pa				
)	926386	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	dnyµhc/healser	120.4 Pa	120.4 Pa			
1	923817	Sin definir	-	0	0.0 Pa	41.9 Pa			
	923820	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	0n0/412011@faser	41.9 Pa				
	923820	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	စn/Increaser	0.0 Pa				
	924051	Sin definir	-	0	0.0 Pa	724.2 Pa			
	924054	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	on⊉8ncreaser	724.2 Pa				
	935211	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	0n1/4m/88a ser	180.4 Pa	180.4 Pa			
	927840	Sin definir	-	0	0.0 Pa				
	935211	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	On/Increaser	0.0 Pa				
	2233987	Sin definir	-	0	0.0 Pa	256.6 Pa			
	2233991	Sin definir	-	0	0.0 Pa				
	2234020	Coeficiente K de tabla	Tee	0.519213	256.6 Pa				
-	934924	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	0∩1/41463823 ser	180.4 Pa	180.4 Pa			
	917005	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	on0/4n2chrea ser	41.9 Pa	41.9 Pa			
	917005	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un		0.0 Pa				
	917442	Sin definir	-	0	0.0 Pa				
8	925101	Sin definir	-	0	0.0 Pa	724.2 Pa			
	925103	Sin definir	-	0	0.0 Pa	,			
	925105	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	on,2/8ncreaser	724.2 Pa				
	2124838	Coeficiente K de tabla	Tee	, 1 482047	0 0 Pa				
	2611227	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	መ/Increaser	0.0 Pa	0.0 Pa			
	212/025	Sin dofinir		0.25	0.0 Pa				
	2124033	Sin definir	_	0.55 N	0.0 Pa				
!	2127134	Sin definir	_	0	0.0 Fa	0.0 Pa			
	2233004	Coeficiente K de tabla	- Reducer/Coupling/Lin	୦ ରୁମ୍ନ/ଜନନ୍ତିସନ୍ଦ					
	2011227	Cooficiente K de table	Tas	1 402047	0.0 Pa				
	2214934	Coefficiente K de tabla	lee Doducer/Coupling/Up	1.482047		0.0 Pa			
	2609829	Coefficiente K de tabla		wn/increaser	U.U Pa				
,	2123879	Coeficiente K de tabla	Tee	1.482047	0.0 Pa	0.0 Pa			
	2123911	Sin definir	-	0	0.0 Pa				
.9	2519068	Sin definir	-	0	0.0 Pa	0.0 Pa			
	2603425	Sin definir	-	0	0.0 Pa				
60	2185228	Coeficiente K de tabla	Tee	1.482047	0.0 Pa	0 0 Pa			
	2254944	Sin definir	-	0	0.0 Pa	0.0 I a			
:1	2190953	Coeficiente K de tabla	Tee	1.482047	83355.7 Pa	022EE 7 P			
· T	2612381	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	00n/Increaser	0.0 Pa	٥٥٥٥٥٠/ ٢			
	2612381	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	ᡚnø67ੴ9 58aser	0.0 Pa	0.0.0-			
C	2612390	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	on/Increaser	0.0 Pa	0.0 Pa			
	2194359	Sin definir	-	0	0.0 Pa				
7	2519161	Coeficiente K de tabla	Тее	1.482047	83355.7 Pa	83355.7 P			
	2577402	Coeficiente K de tabla	Tee	0	0.0 Pa				
	854260	Sin definir	-	0	0.0 Pa				
	2233922	Sin definir	-	0	0.0 Pa				
9	2255580	Coeficiente K de tabla	Reducer/Counling/Un	0n// 573:38 3ser	33,4 Pa	33.4 Pa			
	2614664	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	on/Increaser	0.0 Pa				
)65				0	0.0 De	22 4 Da			
5	85/1777					110 4 4 4			
55	854272	Sin definir Coeficiente K de teble	- Reducer/Coupling/Up	0 On/Increaser	0.0 Pa	55.4 Pa			

Informe de pérdida de presión

	2233857 Sin definir - 0	0	0.0 Pa			
	2233859	Sin definir	-	0	0.0 Pa	
	2255578	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	i 0n0/∄33338a ser	33.4 Pa	
	935731	Sin definir	-	0	0.0 Pa	
	935841	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	ii@n/Increaser	0.0 Pa	~~ . ~
266	2234016	Sin definir	-	0	0.0 Pa	33.4 Pa
	2255586	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	i ØnØ53333a ser	33.4 Pa	
	935977	Sin definir	-	0	0.0 Pa	
267	2234088	Sin definir	-	0	0.0 Pa	142.1 0-
267	2234118	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	i o n/Increaser	0.0 Pa	142.1 Pa
	2613896	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	i on,∕⊉‱ea ser	142.1 Pa	
200	2190953	Coeficiente K de tabla	Тее	0.494016	0.0 Pa	0.0.0-
280	2574681	Sin definir	-	0	0.0 Pa	0.0 Pa
	2579309	Coeficiente K de tabla	Tee	0.494016	27785.2 Pa	
282	2612605	Sin definir	-	0.35	19685.3 Pa	75255.8 Pa
	2612823	Coeficiente K de tabla	Тее	0.494016	27785.2 Pa	
	925105	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	ii@n/Increaser	0.0 Pa	
205	2230900	Sin definir	-	0	0.0 Pa	142.1 0-
285	2230902	Sin definir	-	0	0.0 Pa	142.1 Pa
	2612935	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	i Øn∕216666 73ser	142.1 Pa	
	2230067	Coeficiente K de tabla	Тее	1.387559	460.2 Pa	
286	2612843	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	ii 0 n/Increaser	0.0 Pa	460.2 Pa
	2230171	Sin definir	-	0	0.0 Pa	
	2230263	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	ii@n/Increaser	0.0 Pa	
290	2230268	Sin definir	-	0	0.0 Pa	142.1 Pa
	2613370	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	i on,∕⊉corea ser	142.1 Pa	
	854552	Coeficiente K de tabla	Regular 45, 90 and 180 Elbow	0.788268	494.3 Pa	
293	924054	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	ion/Increaser	0.0 Pa	527 7 Pa
233	2230324	Sin definir	-	0	0.0 Pa	327.714
	2255801	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	ii ØnØ∄n3338a ser	33.4 Pa	
	2230330	Coeficiente K de tabla	Tee	0	0.0 Pa	
294	2613368	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	ii 0n⊉ Increaser	222.4 Pa	222.4 Pa
	2230067	Coeficiente K de tabla	Tee	0	0.0 Pa	
309	2613103	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	ion/Increaser	0.0 Pa	0.0 Pa
	925694	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	io@n/Increaser	0.0 Pa	
	2233081	Sin definir	-	0	0.0 Pa	
323	2233644	Sin definir	-	0	0.0 Pa	142.1 Pa
	2233646	Sin definir	-	0	0.0 Pa	
	2614223	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	ii 0n7/2n60r6 78ser	142.1 Pa	
	2233550	Coeficiente K de tabla	Tee	1.482047	173.8 Pa	
324	2614225	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	io@n/Increaser	0.0 Pa	173.8 Pa
	2233971	Coeficiente K de tabla	Tee	0.494016	926.9 Pa	
327	2613987	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	ion/Increaser	0.0 Pa	926.9 Pa
	2235244	Sin definir	-	0	0 0 Pa	
	2571627	Coeficiente K de tabla	Tee	0	0.0 Pa	
332	2612823	Coeficiente K de tabla	Tee	0	0.0 Pa	4921.3 Pa
	2613742	Sin definir	-	0.35	4921.3 Pa	
	2234020	Coeficiente K de tabla	Тее	0	0 0 Pa	
334	2613894	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	ion/Increaser	222.4 Pa	222.4 Pa
336	223/118	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	i An ()) An () An	13 3 Pa	13 3 Pa
	2234110		Too	1 102017	דש.שום סדפה פייש סדפה פייש	T.J.J Fa
220	22333/1	Cooficiente K de tabla		1.402U47 0	2780.8 Pa	2427 5 0-
222	2234092 2612022	Coenciente K de tabla Sin dofinir	।ਟਦ -	U 0 35	0.0 rd 656 7 Da	5437.5 Pa
	2023020			1 557020	102 4 D-	
350	2234020	соепсiente K de tabla	iee Boducor/Courting/Us	1.55/638	192.4 Pa	192.4 Pa
	2255586	COETICIENTE K de tabla	Reducer/Coupling/Un	nwn/increaser		
351	2234092	Coeficiente K de tabla	lee	1.482047	173.8 Pa	173.8 Pa
	2613896	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	non/Increaser	U.U Pa	

Informe de pérdida de presión

332	2255520	Coeficiente K de tabla	Beducer/Coupling	z/Uni@n/Increaser	0 η Ρο	∪+.⊥ Fd	
	2233370				υ.υ Fα 102 4 D-		
353	2233926	Coefficiente K de table	i lee Doducor/Couplin	1.55/638	192.4 Pa	192.4 Pa	
	2255560				0.0 Pa		
354	2233550	Coeficiente K de tabla		0.494016	57.9 Pa	57.9 Pa	
	2614223	Coefficiente K de tabla	Reducer/Coupling	g/Unioon/Increaser	U.U Pa		
356	926386	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling	g/Union/Increaser	0.0 Pa	142.1 Pa	
	926388	Sin definir	-	0	0.0 Pa		
	2233515	Sin definir	-	0	0.0 Pa		
	2233517	Sin delinir Cooficiente K de tabla	- Poducor/Coupling	U T/Inion/Increasor	0.0 Pa		
357	2014225			g/Uniwi.4200easer	142.1 Fd		
	2233550	Coefficiente K de tabla		U - /I I.: 0.000047	0.0 Pa	582.1 Pa	
	2614145	Coenciente K de tabla	Reducer/Coupling	g/Uniouns/shuareaser	417.9 Pa		
	2014171		-	0.35	104.2 Pa		
9	2231378	Coeficiente K de tabla	i Tee	0.494016	57.9 Pa	57.9 Pa	
	2612935	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling	g/Union/Increaser	0.0 Pa		
0	2231378	Coeficiente K de tabla	Tee	1.482047	173.8 Pa	173.8 Pa	
-	2612937	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling	g/Uni@n/Increaser	0.0 Pa		
3	2230330	Coeficiente K de tabla	i Tee	1.557638	192.4 Pa	192.4 Pa	
-	2255801	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling	g/Uni@n/Increaser	0.0 Pa		
:4	2230167	Coeficiente K de tabla	ı Tee	1.482047	173.8 Pa	173 8 Da	
14	2613370	Coeficiente K de tabla	a Reducer/Coupling	g/Uni@n/Increaser	0.0 Pa	175.0 Fa	
· -	2276879	Coeficiente K de tabla	Tee	1.317638	1036.4 Pa	102C 4 D-	
5	2612748	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling	g/Uni@n/Increaser	0.0 Pa	1036.4 Pa	
-	2276879	Coeficiente K de tabla	i Tee	1.317638	1941.7 Pa		
9	2612740	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling	g/Uniotn1/2h2α488aser	1654.1 Pa	3595.7 Pa	
	2276879	Coeficiente K de tabla	a Tee	0	0.0 Pa		
80	2613387	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling	g/Uni@n/Increaser	0.0 Pa	0.0 Pa	
32	2613385	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling	⊽/Unionn//∦ກຄິສິຄອສັser	315.5 Pa	315.5 Pa	
20	2612808	Coeficiente K de table	Reducer/Coupling	τ/Uni@n7/beee63.or	1226 9 Pa	1236 9 Pa	
	2013000				1250.51 a	таруу ча	
	934924	Coenciente K de tabla	Reducer/Coupling	g/Unioun/increaser	0.0 Pa		
12	935132	Sin definir	-	0	0.0 Pa	256.6 Pa	
5	2230233	Cooficiente K de tabla	- 	0 510212	0.0 Fa 256 6 Pa		
	2230330	Sin definir	-	0.519215	230.0 Fa		
	2200440	Jin dennin		ں د	0.014		
	917984	Coeficiente K de tabla	180 Flbow	u 0.787779	494.0 Pa		
	917988	Coeficiente K de tabla	Beducer/Coupling	ອ/Uni@n/Increaser	0 0 Pa	636.1 Pa	
5	2231762	Sin definir	-	0	0.0 Pa		
	2280476	Sin definir	-	0	0.0 Pa		
	2612937	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling		142.1 Pa		
	2519161	Coeficiente K de tabla	í Tee	1 482047	0 0 Pa		
4	2519226	Sin definir	-	0	0.0 Pa	0.0 Pa	
	2510068	Sin dofinir		0	0.0 Pa	0.0 Pa	
1	2515008	Sin definir	_	0	0.0 Fa		
	2003466		-	1 4000 47	U.U Fa		
84	25/162/	Coefficiente K de tabla		1.482047	1512.5 Pa	1512.5 Pa	
	2613808	Coefficiente K de tabla	Reducer/Coupling	g/Union/Increaser	0.0 Pa		
	2577464	Sin definir	-	0.35	0.0 Pa	0.0 Pa	
7	2577621	Sin definir	-	0	0.0 Pa		
	2577638	Sin definir	-		0.0 Pa		
	2612367	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling	g/Union/Lindoneaiser	U.U Pa		
0	2577402	Coeficiente K de tabla	i Tee	1.482047	0.0 Pa	0 0 Pa	
	2612367	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling	g/Union/Increaser	0.0 Pa		
51	2572357	Sin definir	-	0	0.0 Pa	0.0 Pa	
	2572369	Sin definir	-	0	0.0 Pa		
	2572386	Sin definir	-	0	0.0 Pa		
	2572533	Sin definir	-	0.35	0.0 Pa		

Informe de pérdida de presión

450	2579309	Coeficiente K de tabla	Tee	1.482047	0.0 Pa		
452	2612521	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	ion/Increaser	0.0 Pa	0.0 Pa	
	2093906	Sin definir	-	0.3	16873.1 Pa		
	2124838	Coeficiente K de tabla	Tee	0.494016	27785.2 Pa		
	2133947	Sin definir	-	0	0.0 Pa	44658.3 P	
462	2190776	Sin definir	-	0	0.0 Pa		
	2275213	Sin definir	-	0	0.0 Pa		
	2275217	Sin definir	-	0	0.0 Pa		
	2519068	Sin definir	-	0	0.0 Pa		
	2611564	Sin definir	-	0	0.0 Pa		
67	2609477	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	ion/Increaser	0.0 Pa	0.0 Pa	
	2598084	Sin definir	_	0	0.0 Pa	0.0 Pa	
	2598092	Sin definir	-	0	0.0 Pa		
	2598245	Sin definir	-	0	0.0 Pa		
59	2598255	Sin definir	-	0	0.0 Pa		
	2609477	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	i 0n 3∕Increaser	0.0 Pa		
	2609536	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	ion/Increaser	0.0 Pa		
	2597384	Sin definir	-	0.35	2063.0 Pa		
70	2609536	Coeficiente K de tabla	Reducer/Counling/Un	dn1/12/2482/ser	6616.3 Pa	8679.3 Pa	
-	2609547	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	ion/Increaser	0.0 Pa		
	2208027	Sin definir	-	1 08	60743 1 Pa		
	2200327	Coeficiente K de tabla	Τοο	0	00745.1 Fa		
	2576903	Sin definir	-	0	0.0 Fa		
	2570505	Sin definir	_	0	0.0 Pa	97301.5 P	
	2597058	Sin definir	_	0	0.0 Fa		
72	2597125	Sin definir	_	0	0.0 Fa		
	2597574	Sin definir	_	0	0.0 Pa		
	2597578	Sin definir	_	0	0.0 Pa		
	2609547	Coeficiente K de tabla	Reducer/Counling/Lin	ັ Mon ໃIncreaser	16873 1 Pa		
	2609614	Sin definir	-	0 35	19685 3 Pa		
	2122070	Cooficiento K do tabla	Tao	0	0.0 Pa		
77	2123079	Coeficiente K de tabla		0 404016	0.0 Pd	27785.2 P	
	2214334			0.454010	27765.2 Fa		
	2214180	Sin definir	-	0.35	0.0 Pa	0.0 Pa	
78	2215579	Sin definir	-	0	0.0 Pa		
	2255042	Sin definir	- D	0	0.0 Pa		
	2609829	Coefficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	ion proceaser	0.0 Pa		
81	2123879	Coeficiente K de tabla	Tee	0.494016	0.0 Pa	0.0 Pa	
	2609938	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	ioon/Increaser	0.0 Pa		
82	2609938	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	i 0n\$67952 3ser	13012.0 Pa	13012.0 P	
83	2611078	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	ioon/Increaser	0.0 Pa	0.0 Pa	
	2124838	Coeficiente K de tabla	Tee	0	0.0 Pa		
	2125206	Sin definir	-	0	0.0 Pa	11248.7 P	
86	2255120	Sin definir	-	0	0.0 Pa		
	2611078	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	io0n⊉Increaser	11248.7 Pa		
	2135481	Sin definir	-	0.3	16873.1 Pa		
	2185228	Coeficiente K de tabla	Tee	0	0.0 Pa		
03	2519068	Sin definir	-	0	0.0 Pa		
	2611736	Sin definir	-	0.35	19685.3 Pa		
	2135562	Sin definir	-	0.3	16873.1 Pa		
	2185228	Coeficiente K de tabla	Tee	0.494016	27785.2 Pa	44658.3 P	
)7	2190971	Sin definir	-	0	0.0 Pa		
	2519161	Coeficiente K de tabla	Tee	0	0.0 Pa		
	2100052	Coeficiente V de table	Τοο		0 0 Po		
11	2130333	Coeficiente V de table	ice Too	0 0 /0/016	0.0 Fd 27795 2 Da	27785.2 P	
1 /	2377402			0.454010	27703.2 Fd	47807.1 Pa	
514	2192801	Sin definir	-	0.3	16873.1 Pa		
	2579309	Coeficiente K de tabla	lee	0	0.0 Pa		
	2612390	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	ion//Increaser	11248.7 Pa		

Informe de pérdida de presión

	2612421	Sin definir	-	0.35	19685.3 Pa		
	2612740	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	ioon/Increaser	0.0 Pa		
522	2612773	Sin definir	-	0.35	0.0 Pa	0.0 Pa	
	2612823	Coeficiente K de tabla	Тее	1.482047	0.0 Pa		
E 2 2	2230067	Coeficiente K de tabla	Тее	1.387559	2775.8 Pa	4512.2 Pa	
523	2612746	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	i 0n%6n7c9152 1ser	1736.3 Pa		
F 2 4	2612746	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Union/Increaser		0.0 Pa	0.0.0	
524	2612748	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	i 0n 3/Increaser	0.0 Pa	0.0 Pa	
F 2 7	2612843	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Uni മന്/Increaser		0.0 Pa	0.0.0-	
527	2613071	Coeficiente K de tabla	Tee	0.494016	0.0 Pa	0.0 Pa	
	2231378	Coeficiente K de tabla	Tee	0	0.0 Pa		
530	2612880	Sin definir	-	0.35	164.2 Pa	164.2 Pa	
	2613071	Coeficiente K de tabla	Tee	0	0.0 Pa		
538	2613071	Coeficiente K de tabla	Тее	1.482047	0.0 Pa	0.0 Pa	
	2230167	Coeficiente K de tabla	Tee	0	0.0 Pa	1032.0 Pa	
539	2613103	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	io0n⊉Increaser	375.3 Pa		
	2613117	Sin definir	-	0.35	656.7 Pa		
F 4 C	2230167	Coeficiente K de tabla	Тее	0.494016	521.4 Pa	521.4 Pa	
540	2613368	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	ion/Increaser	0.0 Pa		
E 47	2613385	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	ion/Increaser	0.0 Pa		
547	2613387	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	i 0n 3/Increaser	306.2 Pa	306.2 Pa	
	2233971	Coeficiente K de tabla	Tee	0	0.0 Pa	3707.7 Pa	
552	2571627	Coeficiente K de tabla	Тее	0.494016	3707.7 Pa		
	2234092	Coeficiente K de tabla	Tee	0.494016	521.4 Pa	521.4 Pa	
556	2613894	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	ion/Increaser	0.0 Pa		
	2233677	Coeficiente K de tabla	Tee	0	0.0 Pa	395.4 Pa	
557	2613987	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	io0n⊉Increaser	395.4 Pa		
	2233677	Coeficiente K de tabla	Тее	1.557638	769.8 Pa	769.8 Pa	
558	2614087	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	ion/Increaser	0.0 Pa		
	2233926	Coeficiente K de tabla	Tee	0	0.0 Pa	98.8 Pa	
560	2614005	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	io0n⊉Increaser	98.8 Pa		
	2614005	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Union/Increaser		0.0 Pa		
561	2614023	Sin definir	-	0.35	164.2 Pa	582.1 Pa	
	2614087	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	i 0n%9008∉ ∄ser	417.9 Pa		
	2233677	Coeficiente K de tabla	Tee	0.519213	256.6 Pa		
563	2614145	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	ioon/Increaser	0.0 Pa	256.6 Pa	
568	2614664	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	i ₫nØb675a ser	120.4 Pa	120.4 Pa	
2. INFORME DE PÉRDIDA DE PRESIÓN EN TUBERÍAS DE ACS, REVIT.

Informe de pérdida de presión en tuberías

Nombre de proyecto	Nombre de proyecto
Fecha de emisión de proyecto	Fecha de emisión
Estado de proyecto	Estado de proyecto
Nombre de cliente	Propietario
Dirección de proyecto	Introduzca dirección aquí
Número de proyecto	0001
Nombre de organización	
Descripción de organización	
Nombre del edificio	
Autor	
Tiempo de ejecución	21/04/2020 15:36:50

Agua caliente sanitaria 1 (2)

Información del sistema	
Clasificación de sistema	Agua caliente sanitaria
Tipo de sistema	Agua caliente sanitaria
Nombre de sistema	Agua caliente sanitaria 1 (2)
Abreviatura	
Tipo de fluido	Agua
Temperatura de fluido	60 °C
Viscosidad dinámica de fluido	0.00047 Pa-s
Densidad de fluido	983.2133 kg/m³

Cálculos de	e la pérdida de	presión tot	al por seccio	nes							
Sección	Elemento	Flujo	Tamaño	Velocidad	Presión de velocidad	Longitud	Coeficiente K	Fricción	Pérdida de presión total	Pérdida de presión en la sección	
	Tubería	0.07 L/s	ø10 mm	1.5 m/s	-	2.71 m	-	3698.55 Pa/m	10021.4 Pa		
1	Uniones	0.07 L/s	-	1.5 m/s	1075.6 Pa	-	0.37	-	398.0 Pa	270607.8 Pa	
	Aparato sanitario	0.07 L/s	-	-	-	-	-	-	260188.5 Pa		
2	Tubería	0.07 L/s	ø20 mm	0.3 m/s	-	1.92 m	-	91.87 Pa/m	176.4 Pa	247 F B	
2	Uniones	0.07 L/s	-	0.3 m/s	48.8 Pa	-	0.844016	-	41.2 Pa	217.5 Pa	
3	Tubería	0.13 L/s	ø20 mm	0.6 m/s	-	1.02 m	-	310.18 Pa/m	317.8 Pa	414.1 Pa	
	Uniones	0.13 L/s	-	0.6 m/s	195.1 Pa	-	0.494016	-	96.4 Pa		
4	Tubería	0.30 L/s	ø20 mm	1.4 m/s	-	1.14 m	-	1335.15 Pa/m	1518.6 Pa	2550.0 Pa	
	Uniones	0.30 L/s	-	1.4 m/s	1004.5 Pa	-	1.026752	-	1031.4 Pa		
_	Uniones	0.30 L/s	-	0.0 m/s	5371.0 Pa	-	0	-	0.0 Pa	0.0 Pa	
5	Equipos	0.30 L/s	-	-	-	-	-	-	0.0 Pa		
	Tubería	0.07 L/s	ø10 mm	1.5 m/s	-	4.56 m	-	3698.55 Pa/m	16875.1 Pa		
6	Uniones	0.07 L/s	-	1.5 m/s	1075.6 Pa	-	0.37	-	398.0 Pa	277461.5 Pa	
	Aparato sanitario	0.07 L/s	-	-	-	-	-	-	260188.5 Pa		
_	Tubería	0.07 L/s	ø20 mm	0.3 m/s	-	0.07 m	-	91.87 Pa/m	6.4 Pa	0F 7 D-	
/	Uniones	0.07 L/s	-	0.3 m/s	48.8 Pa	-	1.832047	-	89.3 Pa	95.7 Pa	
	Tubería	0.07 L/s	ø10 mm	1.5 m/s	-	2.35 m	-	3698.55 Pa/m	8698.9 Pa		
8	Uniones	0.07 L/s	-	1.5 m/s	1075.6 Pa	-	0.37	-	398.0 Pa	269285.3 Pa	
	Aparato sanitario	0.07 L/s	-	-	-	-	-	-	260188.5 Pa		
9	Uniones	0.07 L/s	-	0.0 m/s	48.8 Pa	-	1.482047	-	72.3 Pa	72.3 Pa	
10	Tubería	0.17 L/s	ø20 mm	0.8 m/s	-	0.84 m	-	473.15 Pa/m	397.6 Pa	973.4 Pa	

file:///C:/Users/inget/OneDrive/Documentos/Trabajo Fin de Máster_FGL/Informes/Informe pérdida presión ACS2.html

Informe de pérdida de presión

	Uniones	0.17 L/s	-	0.8 m/s	314.2 Pa	-	1.832047	-	575.7 Pa					
	Uniones	0.10 L/s	-	0.0 m/s	306.4 Pa	-	0.144882	-	44.4 Pa					
11	Aparato sanitario	0.10 L/s	-	-	-	-	-	-	100000.0 Pa	100044.4 Pa				
12	Tubería	0.10 L/s	ø15 mm	1.1 m/s	-	3.79 m	-	1450.74 Pa/m	5503.6 Pa	5643.4 Pa				
	Uniones	0.10 L/s	-	1.1 m/s	617.2 Pa	-	0.226667	-	139.9 Pa					
13	Uniones	0.10 L/s	-	0.0 m/s	115.4 Pa	-	0.494016	-	57.0 Pa	57.0 Pa				
Ruta críti	ca : 5-4-3-7-6 : P	erdida de pr	esión total : 2	280521.4 Pa										

Informació	n detallada sobre e	l segmento	recto por seccior	nes					
Sección	ID de elemento	Flujo	Tamaño	Velocidad	Presión de velocidad	Longitud	Pérdida de presión	Pérdida de presión total	
	854338	0.07 L/s	ø10 mm	1.5 m/s	1075.6 Pa	1.65 m	6102.4 Pa		
	873138	0.07 L/s	ø10 mm	1.5 m/s	1075.6 Pa	0.15 m	548.4 Pa		
1	925187	0.07 L/s	ø10 mm	1.5 m/s	1075.6 Pa	0.03 m	101.0 Pa	10021 4 D-	
1	925429	0.07 L/s	ø10 mm	1.5 m/s	1075.6 Pa	0.04 m	165.0 Pa	10021.4 Pa	
	2232835	0.07 L/s	ø10 mm	1.5 m/s	1075.6 Pa	0.41 m	1512.8 Pa		
	2234392	0.07 L/s	ø10 mm	1.5 m/s	1075.6 Pa	0.43 m	1592.0 Pa		
_	2239715	0.07 L/s	ø20 mm	0.3 m/s	48.8 Pa	0.05 m	4.7 Pa	176 4 0	
2	2614280	0.07 L/s	ø20 mm	0.3 m/s	48.8 Pa	1.87 m	171.7 Pa	176.4 Pa	
3	2614392	0.13 L/s	ø20 mm	0.6 m/s	195.1 Pa	1.02 m	317.8 Pa	317.8 Pa	
	2234697	0.30 L/s	ø20 mm	1.4 m/s	1004.5 Pa	0.53 m	702.4 Pa		
4	2277917	0.30 L/s	ø20 mm	1.4 m/s	1004.5 Pa	0.48 m	636.3 Pa	1518.6 Pa	
	2277933	0.30 L/s	ø20 mm	1.4 m/s	1004.5 Pa	0.13 m	179.9 Pa		
	854352	0.07 L/s	ø10 mm	1.5 m/s	1075.6 Pa	1.65 m	6120.9 Pa		
	854358	0.07 L/s	ø10 mm	1.5 m/s	1075.6 Pa	0.08 m	290.1 Pa		
	926651	0.07 L/s	ø10 mm	1.5 m/s	1075.6 Pa	0.03 m	119.5 Pa	16875.1 Pa	
D	926664	0.07 L/s	ø10 mm	1.5 m/s	1075.6 Pa	0.04 m	133.2 Pa		
	2234514	0.07 L/s	ø10 mm	1.5 m/s	1075.6 Pa	2.38 m	8804.4 Pa		
	2234590	0.07 L/s	ø10 mm	1.5 m/s	1075.6 Pa	0.38 m	1407.1 Pa		
7	2239451	0.07 L/s	ø20 mm	0.3 m/s	48.8 Pa	0.03 m	2.7 Pa	6 /1 Pa	
'	2614603	0.07 L/s	ø20 mm	0.3 m/s	48.8 Pa	0.04 m	3.7 Pa	0.418	
	854324	0.07 L/s	ø10 mm	1.5 m/s	1075.6 Pa	1.64 m	6083.8 Pa		
	935596	0.07 L/s	ø10 mm	1.5 m/s	1075.6 Pa	0.02 m	82.5 Pa		
8	935611	0.07 L/s	ø10 mm	1.5 m/s	1075.6 Pa	0.02 m	72.5 Pa	8698.9 Pa	
	935641	0.07 L/s	ø10 mm	1.5 m/s	1075.6 Pa	0.07 m	243.7 Pa		
	2234724	0.07 L/s	ø10 mm	1.5 m/s	1075.6 Pa	0.60 m	2216.3 Pa		
10	2234751	0.17 L/s	ø20 mm	0.8 m/s	314.2 Pa	0.09 m	42.3 Pa	207 6 Pa	
10	2614587	0.17 L/s	ø20 mm	0.8 m/s	314.2 Pa	0.75 m	355.4 Pa	397.0Fa	
7 8 10	854312	0.10 L/s	ø15 mm	1.1 m/s	617.2 Pa	0.02 m	33.4 Pa		
12	854314	0.10 L/s	ø15 mm	1.1 m/s	617.2 Pa	1.70 m	2459.0 Pa	5503 6 Pa	
1 ¹ 2	2234735	0.10 L/s	ø15 mm	1.1 m/s	617.2 Pa	1.46 m	2122.1 Pa	5505.0 Fd	
	2234794	0.10 L/s	ø15 mm	1.1 m/s	617.2 Pa	0.61 m	888.9 Pa		

Sección	ID de elemento	Método de pérdida	Tabla de coeficiente K	Coeficiente K	Pérdida de presión	Pérdida de presión tota	
	873336	Sin definir	-	0	0.0 Pa		
	925208	Sin definir	-	0	0.0 Pa		
1	925480	Sin definir	-	0	0.0 Pa	200.0.0-	
1	2234485	Sin definir	-	0	0.0 Pa	398.0 Pa	
	2234488	Sin definir	-	0	0.0 Pa		
	2614325	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	i Øn3/I hcreaser	398.0 Pa		
	2614278	Sin definir	-	0.35	17.1 Pa		
2	2614325	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	ion/Increaser	0.0 Pa	41.2 Pa	
	2614391	Coeficiente K de tabla	Тее	0.494016	24.1 Pa		
2	2614391	Coeficiente K de tabla	Tee	0	0.0 Pa	0C 4 D	
3	2614543	Coeficiente K de tabla	Tee	0.494016	96.4 Pa	96.4 Pa	

file:///C:/Users/inget/OneDrive/Documentos/Trabajo Fin de Máster_FGL/Informes/Informe pérdida presión ACS2.html

21/4/2020

Informe de pérdida de presión

4	2571666	Sin definir	-	0	0.0 Pa	1031.4 Pa
	2614265	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	idn:0/216675523ser	1031.4 Pa	
	2614543	Coeficiente K de tabla	Тее	0	0.0 Pa	
	2614559	Sin definir	-	0	0.0 Pa	
5	2614265	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	ion/Increaser	0.0 Pa	0.0 Pa
	854360	Sin definir	-	0	0.0 Pa	
	926670	Sin definir	-	0	0.0 Pa	
C	926835	Sin definir	-	0	0.0 Pa	200.0.0-
6	2234661	Sin definir	-	0	0.0 Pa	398.0 Pa
	2234664	Sin definir	-	0	0.0 Pa	
	2614399	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	i 0n3/I hcreaser	398.0 Pa	
	2614391	Coeficiente K de tabla	Тее	1.482047	72.3 Pa	
7	2614399	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	ion/Increaser	0.0 Pa	89.3 Pa
	2614601	Sin definir	-	0.35	17.1 Pa	
	935617	Sin definir	-	0	0.0 Pa	
8	935697	Sin definir	-	0	0.0 Pa	
	935801	Sin definir	-	0	0.0 Pa	398.0 Pa
	2234743	Sin definir	-	0	0.0 Pa	
8	2614491	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	i 0n3/I hcreaser	398.0 Pa	
	2234750	Coeficiente K de tabla	Tee	1.482047	72.3 Pa	- 1 2 2
5 6 7 7 8 9 10 11 11 12 13	2614491	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	ion/Increaser	0.0 Pa	72.3 Pa
	2234750	Coeficiente K de tabla	Tee	0	0.0 Pa	
10	2614543	Coeficiente K de tabla	Тее	1.482047	465.7 Pa	575.7 Pa
	2614585	Sin definir	-	0.35	110.0 Pa	
11	2256337	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	i 0∩1⁄4143882 3ser	44.4 Pa	44.4 Pa
	935149	Sin definir	-	0	0.0 Pa	
	2234804	Sin definir	-	0	0.0 Pa	
12	2234810	Sin definir	-	0	0.0 Pa	139.9 Pa
	2256337	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	ion/Increaser	0.0 Pa	
	2614488	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	i Øn,⊉2h60r€ 73ser	139.9 Pa	
10	2234750	Coeficiente K de tabla	Tee	0.494016	57.0 Pa	
13	2614488	Coeficiente K de tabla	Reducer/Coupling/Un	ion/Increaser	0.0 Pa	57.0 Pa

3. ESTUDIO DE LUMINOSIDAD, DIALUX.

DIALux

Contenido

REVIT DIALUX_v1.1	
Descripción	4
Lista de luminarias	
Vistas	6
Grupos de control	10
Superficie:158566	
Edificación 1	
00 Planta Baia	
Almacén 1	
Resumen	11
Plano de situación de luminarias	
l ista de luminarias	
Visias	
Almacen 2	10
Resumen	
	20
Lista de luminarias	
Vistas	
Plano útil (Almacén 2) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)	23
Almacén 3	
Resumen	
Plano de situación de luminarias	
Lista de luminarias	
Vistas	
Plano útil (Almacén 3) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)	31
Almacén 4	
Resumen	
Plano de situación de luminarias	34
Lista de luminarias	
Vistas	
Plano útil (Almacén 4) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)	
Aseo 0	
Resumen	
Plano de situación de luminarias.	
l ista de luminarias	41
Vietae	42
Plano (ítil (Aseo 0) / Iluminancia perpendicular (Adantativamente)	43
	16
Nesumen.	
	50
Aseo 2	
Resumen	
Plano de situación de luminarias	53
Lista de luminarias	
Vistas	55
Plano útil (Aseo 2) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)	
Aseo 3	
Resumen	
Plano de situación de luminarias	59
Lista de luminarias	
Vistas	61
Plano útil (Aseo 3) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)	62
Auxiliar	

REVIT DIALUX_v1.1 / Contenido

Resumen	64
Plano de situación de luminarias	65
Lista de luminarias	
Vistas	
Plano útil (Auxiliar) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)	
Recepción	
Resumen	72
Plano de situación de luminarias	
Lista de luminarias	
Vistas	75
Plano útil (Recepción) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)	
01_Planta primera	
Oficinas	
Resumen	80
Plano de situación de luminarias	
Lista de luminarias	
Vistas	
Plano útil (Oficinas) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)	
Sala reuniones	
Resumen	
Plano de situación de luminarias	
Lista de luminarias	
Vistas	
Plano útil (Sala reuniones) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)	

Estudio luminosidad

Proyecto elaborado por: Fernando Gómez Lucena

Universidad de Sevilla

Dirección de proyecto: -10.8453922271729 -10.399359703064

14/12/2019

REVIT DIALUX_v1.1 / Lista de luminarias

DIALux

REVIT DIALUX_v1.1

Número de unidades	Luminaria (Emisión de luz)		
4	DIALux - Emisión de luz 1 Lámpara: 1xLED50S/835/- Grado de eficacia de funcionamiento: 99.89% Flujo luminoso de lámparas: 4700 lm Flujo luminoso de las luminarias: 4695 lm Potencia: 36.0 W Rendimiento lumínico: 130.4 lm/W Indicaciones colorimétricas 1x: CCT 3000 K, CRI 100	Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.	
12	DIALux - 100W 90?? Emisión de luz 1 Lámpara: 1xLED HP 3030 Fotometría absoluta Flujo luminoso de las luminarias: 12484 lm Potencia: 100.0 W Rendimiento lumínico: 124.8 lm/W Indicaciones colorimétricas 1x: CCT 3000 K, CRI 100	Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.	
6	LUXIONA Troll - 9478 MW 20W MLM 4000K 700mA Beryl CR 75 MLM 20W 4000K gs 1-10v grey Emisión de luz 1 Lámpara: 1xLED Grado de eficacia de funcionamiento: 100.35% Flujo luminoso de lámparas: 1520 lm Flujo luminoso de las luminarias: 1525 lm Potencia: 20.3 W Rendimiento lumínico: 75.0 lm/W Indicaciones colorimétricas 1x: CCT 4144 K, CRI 72	Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.	
25	VARTON - V-01-071-036-4100K Emisión de luz 1 Lámpara: 1xV-01-071-036-4100K Grado de eficacia de funcionamiento: 100% Flujo luminoso de lámparas: 3616 lm Flujo luminoso de las luminarias: 3616 lm Potencia: 36.4 W Rendimiento lumínico: 99.3 lm/W Indicaciones colorimétricas 1x: CCT 3000 K, CRI 100	Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.	

Flujo luminoso total de lámparas: 268128 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 268138 lm, Potencia total: 2375.8 W, Rendimiento lumínico: 112.9 lm/W

Planta baja, Iluminancias en [lx]



0.10	0.20	0.30	0.50	0.75	1.00	2.00	3.00	5.00	7.50	10	20	30	50
75	100	200	300	500	750 [lx]								

REVIT DIALUX_v1.1 / Vistas

Planta primera





REVIT DIALUX_v1.1 / Vistas

DIALux

Sala reuniones (10), Iluminancias en [lx]



0.75	1.00	2.00	3.00	5.00	7.50	10	20	30	50	75	100	200	300	500

750 [lx]

REVIT DIALUX_v1.1 / Vistas

DIALux

Aseo 1, Iluminancias en [lx]



REVIT DIALUX_v1.1 / Grupos de control

REVIT DIALUX_v1.1

N°	Grupo de control	Luminaria
1	Grupo de control 7	25 x VARTON - V-01-071-036-4100K
2	Grupo de control 45	12 x DIALux - 100W 90??
3	Grupo de control 58	6 x LUXIONA Troll - 9478 MW 20W MLM 4000K 700mA Beryl CR 75 MLM 20W 4000K gs 1-10v grey
4	Grupo de control 60	4 x DIALux -

Escena de luz 1

Grupo de control	Valor de atenuación	Grupo de control	Valor de atenuación
Grupo de control 7	100%	Grupo de control 58	100%
Grupo de control 45	100%	Grupo de control 60	100%

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Almacén 1 / Resumen

DIALux

Almacén 1



Altura interior del local: 2.300 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

	Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1	Plano útil (Almacén 1)	Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	218 (≥ 100)	16.9	841	0.078	0.020

# Luminaria	Φ(Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
2 DIALux -	4695	36.0	130.4
Suma total de luminarias	9390	72.0	130.4

Potencia específica de conexión: 1.98 W/m² = 0.91 W/m²/100 lx (Superficie de planta de la estancia 36.38 m²)

Consumo: 8 - 12 kWh/a de un máximo de 1300 kWh/a

Las magnitudes de consumo de energía no tienen en cuenta escenas de luz ni sus estados de atenuación.

14/12/2019

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Almacén 1 / Plano de situación de luminarias

DIALux

Almacén 1



N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	3.150	1.444	2.300	0.80
2	3.150	4.331	2.300	0.80

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Almacén 1 / Lista de luminarias

Almacén 1

Número de unidades	Luminaria (Emisión de luz)		
2	DIALux - Emisión de luz 1 Lámpara: 1xLED50S/835/- Grado de eficacia de funcionamiento: 99.89% Flujo luminoso de lámparas: 4700 lm Flujo luminoso de las luminarias: 4695 lm Potencia: 36.0 W Rendimiento lumínico: 130.4 lm/W Indicaciones colorimétricas 1x: CCT 3000 K, CRI 100	Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.	

Flujo luminoso total de lámparas: 9400 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 9390 lm, Potencia total: 72.0 W, Rendimiento lumínico: 130.4 lm/W

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Almacén 1 / Vistas

DIALux

Almacén 1

Almacén 1



Plano útil (Almacén 1) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)

Superficie: 158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Almacén 1 / Plano útil (Almacén 1) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)



Plano útil (Almacén 1): Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) (Superficie) Escena de luz: Escena de luz 1 Media: 218 lx (Nominal: ≥ 100 lx), Min: 16.9 lx, Max: 841 lx, Mín./medio: 0.078, Mín./máx.: 0.020 Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m

Superficie: 158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Almacén 1 / Plano útil (Almacén 1) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)

DIALux

Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 50

14/12/2019

Superficie: 158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Almacén 1 / Plano útil (Almacén 1) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)

DIALux

Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 50

Superficie: 158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Almacén 1 / Plano útil (Almacén 1) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)

Sistema de valores [lx]

22)	$+^{38}$	+105	+259	+ ³⁶¹	+261	+107	$+^{39}$	22
+27	+ ⁵⁴	+218	+602	+ ⁸⁰⁴	+601	+218	+ ⁵⁴	+26
+29	+57	+224	+609	+ ⁸¹³	+608	+223	+ ⁵⁶	+29
+29	+ ⁵⁰	+ ¹²¹	+292	+ ⁴⁰⁶	+293	+ ¹²¹	+ ⁵⁰	+28
+31	+53	+122	+ ²⁹⁶	+407	+ ²⁹⁶	+ ¹²¹	+49	+ ³¹
+31	+57	+227	+612	816	+ ⁶¹⁵	+225	+ ⁵⁸	+29
+27	+ ⁵⁴	+223	+ ⁶¹⁰	+ ⁸¹⁴	+609	+222	+ ⁵⁴	+30
22	+40	+ ¹⁰⁹	+279	+ ³⁹³	+280	+ ¹⁰⁸	$+^{39}$	+24

Escala: 1 : 50

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Almacén 2 / Resumen

DIALux

Almacén 2



Altura interior del local: 2.300 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.7%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

	Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1	Plano útil (Almacén 2)	Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	323 (≥ 100)	29.7	851	0.092	0.035

# Luminaria	Φ(Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
2 DIALux -	4695	36.0	130.4
Suma total de luminarias	9390	72.0	130.4

Potencia específica de conexión: 3.02 W/m² = 0.93 W/m²/100 lx (Superficie de planta de la estancia 23.87 m²)

Consumo: 12 kWh/a de un máximo de 850 kWh/a

Las magnitudes de consumo de energía no tienen en cuenta escenas de luz ni sus estados de atenuación.

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Almacén 2 / Plano de situación de luminarias

DIALux

Almacén 2



N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	2.067	4.331	2.300	0.80
2	2.067	1.444	2.300	0.80

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Almacén 2 / Lista de luminarias

Almacén 2

Número de unidades	Luminaria (Emisión de luz)		
2	DIALux - Emisión de luz 1 Lámpara: 1xLED50S/835/- Grado de eficacia de funcionamiento: 99.89% Flujo luminoso de lámparas: 4700 lm Flujo luminoso de las luminarias: 4695 lm Potencia: 36.0 W Rendimiento lumínico: 130.4 lm/W Indicaciones colorimétricas 1x: CCT 3000 K, CRI 100	Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.	

Flujo luminoso total de lámparas: 9400 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 9390 lm, Potencia total: 72.0 W, Rendimiento lumínico: 130.4 lm/W

14/12/2019

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Almacén 2 / Vistas

Almacén 2

Almacén 2



DIALux

Plano útil (Almacén 2) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)



Plano útil (Almacén 2): Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

Escena de luz: Escena de luz 1 Media: 323 lx (Nominal: ≥ 100 lx), Min: 29.7 lx, Max: 851 lx, Mín./medio: 0.092, Mín./máx.: 0.035 Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m

Superficie: 158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Almacén 2 / Plano útil (Almacén 2) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)

DIALux

Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 50

Superficie: 158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Almacén 2 / Plano útil (Almacén 2) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)

Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 50

Sistema de valores [lx]

+61	+192	+404	+403	+ ¹⁹⁴	$+^{63}$
+ ⁸⁴	+ ³⁸²	+ ⁷⁶⁵	+764	$+^{380}$	+ ⁸⁵
+ ⁸⁹	$+^{388}$	776	+774	$+^{388}$	+91
+77	+223	+ ⁴⁵⁸	+460	+224	+ ⁸⁰
+78	+226	+ ⁴⁶⁰	+ ⁴⁶³	+228	+ ⁸³
+94	$+^{388}$	+773	+774	+ ³⁸⁹	+ ⁹⁶
+88	+378	+ ⁷⁶⁴	+767	+ ³⁸²	+87
+60	+ ¹⁹³	+400	+401	+ ¹⁹⁰	59)

Escala: 1 : 50

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Almacén 3 / Resumen

DIALux

Almacén 3



Altura interior del local: 7.400 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.1%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

	Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1	Plano útil (Almacén 3)	Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	237 (≥ 200)	10.5	494	0.044	0.021

# Luminaria	Φ(Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
4 DIALux - 100W 90??	12484	100.0	124.8
Suma total de luminarias	49936	400.0	124.8

Potencia específica de conexión: 2.79 W/m² = 1.18 W/m²/100 lx (Superficie de planta de la estancia 143.37 m²)

Consumo: 66 kWh/a de un máximo de 5050 kWh/a

Las magnitudes de consumo de energía no tienen en cuenta escenas de luz ni sus estados de atenuación.

DIALux

Almacén 3



DIALux 100W 90??

N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	3.713	2.460	4.400	0.80
2	11.140	2.460	4.400	0.80
3	3.713	7.380	4.400	0.80
4	11.140	7.380	4.400	0.80

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Almacén 3 / Lista de luminarias

Almacén 3

Número de unidades	Luminaria (Emisión de luz)		
4	DIALux - 100W 90?? Emisión de luz 1 Lámpara: 1xLED HP 3030 Fotometría absoluta Flujo luminoso de las luminarias: 12484 Im Potencia: 100.0 W Rendimiento lumínico: 124.8 Im/W Indicaciones colorimétricas 1x: CCT 3000 K, CRI 100	Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.	

Flujo luminoso total de lámparas: 49936 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 49936 lm, Potencia total: 400.0 W, Rendimiento lumínico: 124.8 lm/W

14/12/2019

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Almacén 3 / Vistas

Almacén 3

Almacén 3




Plano útil (Almacén 3) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)

Superficie: 158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Almacén 3 / Plano útil (Almacén 3) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)



Plano útil (Almacén 3): Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) (Superficie) Escena de luz: Escena de luz 1 Media: 237 lx (Nominal: ≥ 200 lx), Min: 10.5 lx, Max: 494 lx, Mín./medio: 0.044, Mín./máx.: 0.021

Media: 237 lx (Nominal: ≥ 200 lx), Min: 10.5 lx, Max: 494 lx, Mín./medio: 0.044, Mín./máx.: 0.021 Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m

Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 100

Escala: 1 : 100

+99	+239	$+^{356}$	+317	+164	+79	$+^{165}$	+322	+370		
+ ¹⁵⁵	$+^{358}$	+478	+443	+249	+ ¹¹⁰	+249	+443	483	+ ³⁶⁴	+ ¹³⁵
+ ¹⁴⁰	$+^{335}$	+448	+403	+217	+99	+219	$+^{405}$	+449	+ ³¹⁸	+119
+96	+270	+57	+53	+40	+21	+23	$+^{39}$	+42	$+^{35}$	+28
+ ¹²⁷	$+^{326}$	$+^{438}$	+ ³⁹⁸	+216	+99	+221	+409	$+^{456}$	+ ³¹⁵	+117
+ ¹³⁹	+ ³⁵¹	+474	+441	+250	+ ¹¹¹	+251	+444	+479	$+^{358}$	+ ¹³⁷
+ ⁸⁹	+235	$+^{356}$	+ ³¹³	+ ¹⁶⁵	+80	+ ¹⁶⁴	+ ³¹⁹	+ ³⁶³	+242	+88

Sistema de valores [lx]

Escala: 1 : 100

10 20 30 50 75 100 200 300 0.00 x

Colores falsos [lx]

Superficie: 158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Almacén 3 / Plano útil (Almacén 3) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Almacén 4 / Resumen

DIALux

Almacén 4



Altura interior del local: 7.400 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.2%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

	Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1	Plano útil (Almacén 4)	Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	261 (≥ 200)	19.8	518	0.076	0.038

# Luminaria	Φ(Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
6 DIALux - 100W 90??	12484	100.0	124.8
Suma total de luminarias	74904	600.0	124.8

Potencia específica de conexión: 3.06 W/m² = 1.17 W/m²/100 lx (Superficie de planta de la estancia 195.78 m²)

Consumo: 62 - 99 kWh/a de un máximo de 6900 kWh/a

Las magnitudes de consumo de energía no tienen en cuenta escenas de luz ni sus estados de atenuación.

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Almacén 4 / Plano de situación de luminarias

DIALux

Almacén 4



DIALux 100W 90??

N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	16.557	7.390	4.400	0.80
2	9.934	7.390	4.400	0.80
3	3.311	7.390	4.400	0.80
4	16.557	2.463	4.400	0.80
5	9.934	2.463	4.400	0.80
6	3.311	2.463	4.400	0.80

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Almacén 4 / Lista de luminarias

Almacén 4

Número de unidades	Luminaria (Emisión de luz)		
6	DIALux - 100W 90?? Emisión de luz 1 Lámpara: 1xLED HP 3030 Fotometría absoluta Flujo luminoso de las luminarias: 12484 Im Potencia: 100.0 W Rendimiento lumínico: 124.8 Im/W Indicaciones colorimétricas 1x: CCT 3000 K, CRI 100	Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.	

Flujo luminoso total de lámparas: 74904 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 74904 lm, Potencia total: 600.0 W, Rendimiento lumínico: 124.8 lm/W

REVIT DIALUX_v1.1

14/12/2019

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Almacén 4 / Vistas

Almacén 4

Almacén 4



Plano útil (Almacén 4) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)



Plano útil (Almacén 4): Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) (Superficie) Escena de luz 1 Media: 261 lx (Nominal: ≥ 200 lx), Min: 19.8 lx, Max: 518 lx, Mín./medio: 0.076, Mín./máx.: 0.038

Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m





Escala: 1 : 200

Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 200

Escala: 1 : 200

sterna de valores [ix] +11+21+31+31+26+17+98+13+23+30+30+23+13+99+17+26+31+31+21+115 +16+31+46+40+27+16+22+37+46+46+37+22+17+27+40+46+43+31+175 +20+36+48+50+45+31+19+26+41+50+50+41+26+19+31+45+50+47+36+202 +17+32+45+44+41+26+16+22+36+44+44+36+22+16+26+40+44+45+32+178 +13+26+39+45+36+38+22+33+39+50+48+32+34+28+26+39+43+39+26+133 +12+26+39+45+36+38+22+33+39+50+48+32+34+28+26+39+43+39+26+133 +12+26+39+45+36+38+22+33+39+50+48+32+34+28+26+39+43+39+26+133 +12+26+39+45+36+38+22+33+39+50+48+32+34+28+26+39+43+39+26+133 +12+26+39+45+39+26+16+21+35+44+44+35+21+16+26+39+45+41+31+160 +18+35+46+48+43+29+18+25+40+48+48+40+25+19+30+43+48+46+35+184 +15+30+42+45+39+26+16+21+36+45+45+36+22+16+26+39+45+42+30+156+10+20+29+79+69+56+48+47+66+81+81+66+49+52+58+69+75+29+20+97

Sistema de valores [lx]

Superficie: 158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Almacén 4 / Plano útil (Almacén 4) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Aseo 0 / Resumen

DIALux

Aseo 0



Altura interior del local: 2.290 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

	Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1	Plano útil (Aseo 0)	Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	286 (≥ 200)	96.1	498	0.34	0.19

# Luminaria	Φ(Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
1 LUXIONA Troll - 9478 MW 20W MLM 4000K 700mA Beryl CR 75 MLM 20W 4000K gs 1-10v grey	1525	20.3	75.0
Suma total de luminarias	1525	20.3	75.1

Potencia específica de conexión: 6.68 W/m² = 2.34 W/m²/100 lx (Superficie de planta de la estancia 3.04 m²)

Consumo: 17 kWh/a de un máximo de 150 kWh/a

Las magnitudes de consumo de energía no tienen en cuenta escenas de luz ni sus estados de atenuación.

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Aseo 0 / Plano de situación de luminarias

DIALux

Aseo 0



LUXIONA Troll 9478 MW 20W MLM 4000K 700mA Beryl CR 75 MLM 20W 4000K gs 1-10v grey

N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	0.750	1.050	2.290	0.80

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Aseo 0 / Lista de luminarias

Aseo 0

Número de unidades	Luminaria (Emisión de luz)		
1	LUXIONA Troll - 9478 MW 20W MLM 4000K 700mA Beryl CR 75 MLM 20W 4000K gs 1-10v grey Emisión de luz 1 Lámpara: 1xLED Grado de eficacia de funcionamiento: 100.35% Flujo luminoso de lámparas: 1520 lm Flujo luminoso de las luminarias: 1525 lm Potencia: 20.3 W Rendimiento lumínico: 75.0 lm/W Indicaciones colorimétricas 1x: CCT 4144 K, CRI 72	Dispone de una imagen de la Iuminaria en nuestro catálogo de luminarias.	

Flujo luminoso total de lámparas: 1520 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 1525 lm, Potencia total: 20.3 W, Rendimiento lumínico: 75.1 lm/W

REVIT DIALUX_v1.1

14/12/2019

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Aseo 0 / Vistas

DIALux

Aseo 0

Aseo 0



Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Aseo 0 / Plano útil (Aseo 0) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)

DIALux

Plano útil (Aseo 0) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)



Plano útil (Aseo 0): lluminancia perpendicular (Adaptativamente) (Superficie) Escena de luz: Escena de luz 1 Media: 286 lx (Nominal: ≥ 200 lx), Min: 96.1 lx, Max: 498 lx, Mín./medio: 0.34, Mín./máx.: 0.19 Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m

DIALux

Isolíneas [lx]





Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 25

DIALux

Sistema de valores [lx]

+153	+ ¹⁹⁶	+ ¹⁹⁵	
+241	+ ³³⁴	$+^{334}$	+242
+ ³²³	+462	+ ⁴⁶¹	+324
	463	+461	+324
+243	$+^{333}$	$+^{333}$	+243
+ ¹⁵³	+194	+ ¹⁹⁵	+ ¹⁵⁴

Escala: 1 : 25

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Aseo 1 / Resumen

DIALux

Aseo 1



Altura interior del local: 2.290 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

	Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1	Plano útil (Aseo 1)	Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	363 (≥ 200)	43.1	543	0.12	0.079

# Luminaria	Φ(Luminaria) [I	m] Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
2 LUXIONA Troll - 9478 MW 20W MLM 4000K 7 MLM 20W 4000K gs 1-10v grey	00mA Beryl CR 75 1525	20.3	75.0
Suma total de luminarias	3050	40.6	75.1

Potencia específica de conexión: 8.31 W/m² = 2.29 W/m²/100 lx (Superficie de planta de la estancia 4.89 m²)

Consumo: 34 kWh/a de un máximo de 200 kWh/a

Las magnitudes de consumo de energía no tienen en cuenta escenas de luz ni sus estados de atenuación.

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Aseo 1 / Plano de situación de luminarias

Aseo 1



LUXIONA Troll 9478 MW 20W MLM 4000K 700mA Beryl CR 75 MLM 20W 4000K gs 1-10v grey

N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	2.530	0.735	2.290	0.80
2	0.843	0.735	2.290	0.80

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Aseo 1 / Lista de luminarias

Aseo 1

Número de unidades	Luminaria (Emisión de luz)		
2	LUXIONA Troll - 9478 MW 20W MLM 4000K 700mA Beryl CR 75 MLM 20W 4000K gs 1-10v grey Emisión de luz 1 Lámpara: 1xLED Grado de eficacia de funcionamiento: 100.35% Flujo luminoso de lámparas: 1520 lm Flujo luminoso de las luminarias: 1525 lm Potencia: 20.3 W Rendimiento lumínico: 75.0 lm/W Indicaciones colorimétricas 1x: CCT 4144 K, CRI 72	Dispone de una imagen de la Iuminaria en nuestro catálogo de Iuminarias.	

Flujo luminoso total de lámparas: 3040 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 3050 lm, Potencia total: 40.6 W, Rendimiento lumínico: 75.1 lm/W

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Aseo 1 / Vistas

Aseo 1

Aseo 1, Iluminancias en [lx]



10	20	30	50	75	100	200	300	500	750	1000 [lx]

Plano útil (Aseo 1) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)



Plano útil (Aseo 1): lluminancia perpendicular (Adaptativamente) (Superficie) Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 363 lx (Nominal: ≥ 200 lx), Min: 43.1 lx, Max: 543 lx, Mín./medio: 0.12, Mín./máx.: 0.079 Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m







Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 25

Escala: 1 : 25

+	198	+262	+ ³²¹	+ ³⁵¹	+ ³⁴¹	+ ³¹¹	+284	+283	+ ³⁰⁹	+ ³⁴²	+ ³⁵¹	+ ³¹⁸	+261	$+^{202}$
+	189	129	+420	+463	+448	$+^{395}$	+ ³⁵¹	$+^{350}$	+ ³⁹⁴	+448	$+^{463}$	+423	$+^{338}$	+249
+	217	+ ¹⁴³	+489	$+^{533}$	+517	+452	$+^{395}$	+ ³⁹⁴	+448	+515	+ ⁵³¹	+489	$+^{389}$	+280
+	<u>1</u> 72	+246	+491	534	+517	+453	$+^{395}$	+ ³⁹⁴	+448	+515	$+^{530}$	+487	$+^{388}$	+279
+	247	$+^{338}$	+430	$+^{469}$	+448	+ ³⁹⁴	$+^{349}$	$+^{350}$	+ ³⁹⁴	+448	$+^{464}$	+422	$+^{338}$	+249
+	179	+264	+322	+ ³⁵²	$+^{338}$	+304	+278	+280	$+^{309}$	+ ³⁴¹	$+^{352}$	+ ³²³	$+^{265}$	+204

Sistema de valores [lx]

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Aseo 1 / Plano útil (Aseo 1) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Aseo 2 / Resumen

DIALux

Aseo 2



Altura interior del local: 2.290 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

	Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1	Plano útil (Aseo 2)	Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	261 (≥ 200)	15.9	489	0.061	0.033

# Luminaria	Φ(Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
1 LUXIONA Troll - 9478 MW 20W MLM 4000K 700mA Beryl CR 75 MLM 20W 4000K gs 1-10v grey	1525	20.3	75.0
Suma total de luminarias	1525	20.3	75.1

Potencia específica de conexión: 5.74 W/m² = 2.20 W/m²/100 lx (Superficie de planta de la estancia 3.54 m²)

Consumo: 17 kWh/a de un máximo de 150 kWh/a

Las magnitudes de consumo de energía no tienen en cuenta escenas de luz ni sus estados de atenuación.

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Aseo 2 / Plano de situación de luminarias

DIALux

Aseo 2



LUXIONA Troll 9478 MW 20W MLM 4000K 700mA Beryl CR 75 MLM 20W 4000K gs 1-10v grey

N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	0.877	1.020	2.290	0.80

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Aseo 2 / Lista de luminarias

Aseo 2

Número de unidades	Luminaria (Emisión de luz)		
1	LUXIONA Troll - 9478 MW 20W MLM 4000K 700mA Beryl CR 75 MLM 20W 4000K gs 1-10v grey Emisión de luz 1 Lámpara: 1xLED Grado de eficacia de funcionamiento: 100.35% Flujo luminoso de lámparas: 1520 lm Flujo luminoso de las luminarias: 1525 lm Potencia: 20.3 W Rendimiento lumínico: 75.0 lm/W Indicaciones colorimétricas 1x: CCT 4144 K, CRI 72	Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.	

Flujo luminoso total de lámparas: 1520 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 1525 lm, Potencia total: 20.3 W, Rendimiento lumínico: 75.1 lm/W

REVIT DIALUX_v1.1

14/12/2019

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Aseo 2 / Vistas

Aseo 2

Aseo 2



DIALux

Plano útil (Aseo 2) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)



Plano útil (Aseo 2): lluminancia perpendicular (Adaptativamente) (Superficie) Escena de luz: Escena de luz 1 Media: 261 lx (Nominal: ≥ 200 lx), Min: 15.9 lx, Max: 489 lx, Mín./medio: 0.061, Mín./máx.: 0.033 Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m

....., _....





Escala: 1 : 25

Superficie: 158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Aseo 2 / Plano útil (Aseo 2) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)

Colores falsos [lx]





Sistema de valores [lx]

	133	+ ¹⁸¹	+207	+ ¹⁸⁶	+ ¹³⁷
	+204	+298	+ ³⁵²	$+^{300}$	+200
	+263	+407	+473	+405	+260
ļ	+259	+405	476	+405	+259
	+202	+ ³⁰¹	$+^{349}$	+299	+205
l	133	+ ¹⁸³	+ ¹⁹⁸	+171	+ ¹³⁵

Escala: 1 : 25

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Aseo 3 / Resumen

DIALux

Aseo 3



Altura interior del local: 2.290 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

P	Plano útil								
	Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.		
1	Plano útil (Aseo 3)	Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	282 (≥ 200)	5.69	524	0.020	0.011		

#	Luminaria	Φ(Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
2	LUXIONA Troll - 9478 MW 20W MLM 4000K 700mA Beryl CR 75 MLM 20W 4000K gs 1-10v grey	1525	20.3	75.0
	Suma total de luminarias	3050	40.6	75.1

Potencia específica de conexión: 6.47 W/m² = 2.29 W/m²/100 lx (Superficie de planta de la estancia 6.27 m²)

Consumo: 34 kWh/a de un máximo de 250 kWh/a

Las magnitudes de consumo de energía no tienen en cuenta escenas de luz ni sus estados de atenuación.

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Aseo 3 / Plano de situación de luminarias

DIALux

Aseo 3



LUXIONA Troll 9478 MW 20W MLM 4000K 700mA Beryl CR 75 MLM 20W 4000K gs 1-10v grey

N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	0.843	0.962	2.290	0.80
2	2.530	0.962	2.290	0.80

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Aseo 3 / Lista de luminarias

Aseo 3

Número de unidades	Luminaria (Emisión de luz)		
2	LUXIONA Troll - 9478 MW 20W MLM 4000K 700mA Beryl CR 75 MLM 20W 4000K gs 1-10v grey Emisión de luz 1 Lámpara: 1xLED Grado de eficacia de funcionamiento: 100.35% Flujo luminoso de lámparas: 1520 lm Flujo luminoso de las luminarias: 1525 lm Potencia: 20.3 W Rendimiento lumínico: 75.0 lm/W Indicaciones colorimétricas 1x: CCT 4144 K, CRI 72	Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.	

Flujo luminoso total de lámparas: 3040 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 3050 lm, Potencia total: 40.6 W, Rendimiento lumínico: 75.1 lm/W

REVIT DIALUX_v1.1

14/12/2019

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Aseo 3 / Vistas

Aseo 3

Aseo 3



Plano útil (Aseo 3) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)



Plano útil (Aseo 3): lluminancia perpendicular (Adaptativamente) (Superficie) Escena de luz: Escena de luz 1 Media: 282 lx (Nominal: ≥ 200 lx), Min: 5.69 lx, Max: 524 lx, Mín./medio: 0.020, Mín./máx.: 0.011 Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m

Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 25

REVIT DIALUX_v1.1

14/12/2019

Superficie: 158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Aseo 3 / Plano útil (Aseo 3) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)

DIAL**ux**

Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 25

Sistema de valores [lx]



Escala: 1 : 25

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Auxiliar / Resumen

Auxiliar



Altura interior del local: 7.400 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.2%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

	Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1	Plano útil (Auxiliar)	Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	348 (≥ 200)	116	492	0.33	0.24

# Luminaria	Φ(Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
2 DIALux - 100W 90??	12484	100.0	124.8
Suma total de luminarias	24968	200.0	124.8

Potencia específica de conexión: 4.19 W/m² = 1.20 W/m²/100 lx (Superficie de planta de la estancia 47.76 m²)

Consumo: 27 - 33 kWh/a de un máximo de 1700 kWh/a

Las magnitudes de consumo de energía no tienen en cuenta escenas de luz ni sus estados de atenuación.

-

Auxiliar



DIALux 100W 90??

N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	2.427	7.380	4.400	0.80
2	2.427	2.460	4.400	0.80

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Auxiliar / Lista de luminarias

Auxiliar

Número de unidades	Luminaria (Emisión de luz)		
2	DIALux - 100W 90?? Emisión de luz 1 Lámpara: 1xLED HP 3030 Fotometría absoluta Flujo luminoso de las luminarias: 12484 Im Potencia: 100.0 W Rendimiento lumínico: 124.8 Im/W Indicaciones colorimétricas 1x: CCT 3000 K, CRI 100	Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.	

Flujo luminoso total de lámparas: 24968 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 24968 lm, Potencia total: 200.0 W, Rendimiento lumínico: 124.8 lm/W
14/12/2019

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Auxiliar / Vistas

Auxiliar

Auxiliar



DIALux

Plano útil (Auxiliar) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)



Plano útil (Auxiliar): Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) (Superficie) Escena de luz: Escena de luz 1 Media: 348 lx (Nominal: ≥ 200 lx), Min: 116 lx, Max: 492 lx, Mín./medio: 0.33, Mín./máx.: 0.24 Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m

DIALux

Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 75

Superficie: 158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Auxiliar / Plano útil (Auxiliar) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)

DIALux

Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 75

Escala: 1:75

Sistema de valores [lx] +¹⁵⁵+²¹³+²⁶⁵+²⁹³+²⁹⁴+²⁶⁴+²¹⁵+¹⁵⁷ +217 +294 +355 +387 +388 +354 +293 +216 +272 +358 +420 +450 +451 +418 +354 +265 +³⁰²+³⁹³+⁴⁵⁴+⁴⁸¹+⁴⁸¹+⁴⁵⁰+³⁸⁶+²⁹¹ +303 +396 +457 +484 +485 +454 +390 +294 $+^{277}+^{369}+^{436}+^{469}+^{469}+^{434}+^{366}+^{273}$ +236 +326 +401 +440 +440 +400 +325 +236 +²⁰³+²⁹³+³⁷⁵+⁴²⁰+⁴²⁰+³⁷⁵+²⁹⁴+²⁰⁵ +202 +292 +374 +420 +422 +377 +296 +206 +235 +325 +400 +440 +441 +401 +327 +236 +276 +369 +437 +470 +470 +437 +370 +277 <u>+</u>304 <u>+</u>398 <u>+</u>459 <u>486</u> <u>486</u> <u>4</u>57 <u>+</u>396 <u>+</u>302 $+^{307}+^{395}+^{456}+^{483}+^{483}+^{454}+^{394}+^{300}$ +270 +359 +421 +453 +453 +421 +359 +271 +²¹⁴+²⁹²+³⁵⁶+³⁸⁹+³⁸⁸+³⁵⁶+²⁹⁴+²¹⁶ $+^{151}+^{211}+^{264}+^{294}+^{295}+^{267}+^{214}+^{155}$

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Auxiliar / Plano útil (Auxiliar) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Recepción / Resumen

DIALux

Recepción



Altura interior del local: 2.290 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

	Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1	Plano útil (Recepción)	Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	369 (≥ 300)	108	742	0.29	0.15

# Luminaria	Φ(Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
4 VARTON - V-01-071-036-4100K	3616	36.4	99.3
Suma total de luminarias	14464	145.6	99.3

Potencia específica de conexión: 4.67 W/m² = 1.27 W/m²/100 lx (Superficie de planta de la estancia 31.15 m²)

Consumo: 330 - 400 kWh/a de un máximo de 1100 kWh/a

Las magnitudes de consumo de energía no tienen en cuenta escenas de luz ni sus estados de atenuación.

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Recepción / Plano de situación de luminarias

DIALux

Recepción



VARTON V-01-071-036-4100K

N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	1.363	1.444	2.290	0.80
2	4.088	1.444	2.290	0.80
3	1.363	4.331	2.290	0.80
4	4.088	4.331	2.290	0.80

14/12/2019

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Recepción / Lista de luminarias

DIALux

Recepción

Número de unidades	Luminaria (Emisión de luz)		
4	VARTON - V-01-071-036-4100K Emisión de luz 1 Lámpara: 1xV-01-071-036-4100K Grado de eficacia de funcionamiento: 100% Flujo luminoso de lámparas: 3616 lm Flujo luminoso de las luminarias: 3616 lm Potencia: 36.4 W Rendimiento lumínico: 99.3 lm/W Indicaciones colorimétricas 1x: CCT 3000 K, CRI 100	Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.	

Flujo luminoso total de lámparas: 14464 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 14464 lm, Potencia total: 145.6 W, Rendimiento lumínico: 99.3 lm/W

14/12/2019

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Recepción / Vistas

Recepción

Recepción



DIALux

Plano útil (Recepción) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)



Plano útil (Recepción): Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) (Superficie) Escena de luz: Escena de luz 1 Media: 369 lx (Nominal: ≥ 300 lx), Min: 108 lx, Max: 742 lx, Mín./medio: 0.29, Mín./máx.: 0.15 Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m

Superficie: 158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Recepción / Plano útil (Recepción) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)

DIALux

Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 50

14/12/2019

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Recepción / Plano útil (Recepción) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)

DIALux

Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 50

Superficie:158566 / Edificación 1 / 00_Planta Baja / Recepción / Plano útil (Recepción) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)

Sistema de valores [lx]

+173	+267	+236	+173	+208	+285	+270	
+306	+ ⁶⁰¹	+617	+370	+ ³⁶²	$+^{608}$	+597	+306
+ ³¹³	$+^{605}$	+622	+378	+377	+620	+609	+ ³¹⁵
$+^{206}$	$+^{325}$	$+^{335}$	$+^{256}$	+257	+ ³⁴⁰	$+^{332}$	+212
+201	+ ³²⁰	+ ³³⁴	$+^{255}$	+257	$+^{338}$	+ ³³¹	+213
+ ³⁰⁷	+602	+624	+ ³⁸⁴	+ ³⁸¹	627	+ ⁶¹⁹	+ ³²⁹
+ ³⁰²	+ ⁵⁹⁴	+614	+374	+376	+622	+609	+ ³¹⁶
+170	+276	+289	+214	+218	+297	+286	+179

Escala: 1 : 50

14/12/2019

Superficie:158566 / Edificación 1 / 01_Planta primera / Oficinas / Resumen

DIALux

Oficinas



Altura interior del local: -4.040 m hasta 2.260 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

P	Plano útil										
	Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.				
1	Plano útil (Oficinas)	Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	687 (≥ 500)	305	952	0.44	0.32				

# Luminaria	Φ(Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
9 VARTON - V-01-071-036-4100K	3616	36.4	99.3
Suma total de luminarias	32544	327.6	99.3

Potencia específica de conexión: 9.15 W/m² = 1.33 W/m²/100 lx (Superficie de planta de la estancia 35.80 m²)

Consumo: 790 - 900 kWh/a de un máximo de 1300 kWh/a

Las magnitudes de consumo de energía no tienen en cuenta escenas de luz ni sus estados de atenuación.

Superficie:158566 / Edificación 1 / 01_Planta primera / Oficinas / Plano de situación de luminarias

DIALux

Oficinas



VARTON V-01-071-036-4100K

N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	1.038	0.971	2.250	0.80
2	3.113	0.971	2.250	0.80
3	5.188	0.971	2.250	0.80
4	1.038	2.912	2.250	0.80
5	3.113	2.912	2.250	0.80
6	5.188	2.912	2.250	0.80
7	3.113	4.853	2.250	0.80
8	1.038	4.853	2.250	0.80
9	5.188	4.853	2.250	0.80

14/12/2019

Superficie:158566 / Edificación 1 / 01_Planta primera / Oficinas / Lista de luminarias

Oficinas

Número de unidades	Luminaria (Emisión de luz)		
9	VARTON - V-01-071-036-4100K Emisión de luz 1 Lámpara: 1xV-01-071-036-4100K Grado de eficacia de funcionamiento: 100% Flujo luminoso de lámparas: 3616 lm Flujo luminoso de las luminarias: 3616 lm Potencia: 36.4 W Rendimiento lumínico: 99.3 lm/W Indicaciones colorimétricas 1x: CCT 3000 K, CRI 100	Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.	

Flujo luminoso total de lámparas: 32544 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 32544 lm, Potencia total: 327.6 W, Rendimiento lumínico: 99.3 lm/W

DIALux

14/12/2019

Superficie:158566 / Edificación 1 / 01_Planta primera / Oficinas / Vistas

Oficinas

Oficinas



DIALux

Plano útil (Oficinas) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)



Plano útil (Oficinas): Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) (Superficie) Escena de luz: Escena de luz 1 Media: 687 lx (Nominal: ≥ 500 lx), Min: 305 lx, Max: 952 lx, Mín./medio: 0.44, Mín./máx.: 0.32 Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m

DIALux

Superficie: 158566 / Edificación 1 / 01_Planta primera / Oficinas / Plano útil (Oficinas) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)

Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 50

Superficie: 158566 / Edificación 1 / 01_Planta primera / Oficinas / Plano útil (Oficinas) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)

DIALux

Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 50

+614

 $+^{464}$

Escala: 1 : 50

+871

 $+^{658}$

+729

+552

 $+^{754}$

 $+^{564}$

DIALux

RE	VIT DIALUX	(_v1.1			14/12/20	19			
Sup	erficie:158566 /	Edificación 1 /	01_Planta prim	nera / Oficinas /	Plano útil (Ofic	cinas) / Ilumina	ncia perpendic	ular (Adaptativ	amente)
Sis	stema de	valores [l	x]						
	459	+ ⁶⁴⁸	+551	$+^{566}$	+672	+532	+541	+659	459
	+607	+867	+726	+740	+906	+ ⁷³¹	+ ⁷³⁶	+877	+616
	$+^{526}$	+728	+ ⁶⁴³	+ ⁶⁵¹	+771	+ ⁶⁵⁹	+644	+ ⁷³⁹	+ ⁵³⁹
	$+^{609}$	$+^{853}$	+ ⁷²⁹	+750	+ ⁸⁹⁹	+748	+ ⁷⁵¹	+878	+620
	$+^{603}$	+ ⁸⁵⁴	+ ⁷³¹	+ ⁷⁴²	+902	+ ⁷⁵⁸	+ ⁷⁵⁴	+875	+623
	+ ⁵³⁴	+741	$+^{650}$	$+^{660}$	+779	+670	$+^{668}$	+760	$+^{565}$

926

+697

 $+^{758}$

 $+^{581}$

 $+^{764}$

 $+^{585}$

+910

 $+^{688}$

 $+^{640}$

 $+^{484}$

Superficie:158566 / Edificación 1 / 01_Planta primera / Sala reuniones / Resumen

DIALux

Sala reuniones



Altura interior del local: -4.040 m hasta 2.250 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

	Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1	Plano útil (Sala reuniones)	Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	615 (≥ 500)	248	938	0.40	0.26

#	Luminaria	Φ(Luminaria) [Im]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
12	VARTON - V-01-071-036-4100K	3616	36.4	99.3
	Suma total de luminarias	43392	436.8	99.3

Potencia específica de conexión: 7.76 W/m² = 1.26 W/m²/100 lx (Superficie de planta de la estancia 56.29 m²)

Consumo: 530 - 840 kWh/a de un máximo de 2000 kWh/a

Las magnitudes de consumo de energía no tienen en cuenta escenas de luz ni sus estados de atenuación.

Superficie:158566 / Edificación 1 / 01_Planta primera / Sala reuniones / Plano de situación de luminarias

DIALux

Sala reuniones



VARTON V-01-071-036-4100K

N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	1.218	0.968	2.250	0.80
2	3.655	0.968	2.250	0.80
3	6.091	0.968	2.250	0.80
4	8.527	0.968	2.250	0.80
5	1.218	2.904	2.250	0.80
6	3.655	2.904	2.250	0.80
7	6.091	2.904	2.250	0.80
8	8.527	2.904	2.250	0.80
9	1.218	4.841	2.250	0.80
10	3.655	4.841	2.250	0.80
11	6.091	4.841	2.250	0.80
12	8.527	4.841	2.250	0.80

Superficie:158566 / Edificación 1 / 01_Planta primera / Sala reuniones / Lista de luminarias

DIALux

Sala reuniones

Número de unidades	Luminaria (Emisión de luz)		
12	VARTON - V-01-071-036-4100K Emisión de luz 1 Lámpara: 1xV-01-071-036-4100K Grado de eficacia de funcionamiento: 100% Flujo luminoso de lámparas: 3616 lm Flujo luminoso de las luminarias: 3616 lm Potencia: 36.4 W Rendimiento lumínico: 99.3 lm/W Indicaciones colorimétricas 1x: CCT 3000 K, CRI 100	Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.	

Flujo luminoso total de lámparas: 43392 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 43392 lm, Potencia total: 436.8 W, Rendimiento lumínico: 99.3 lm/W

Superficie:158566 / Edificación 1 / 01_Planta primera / Sala reuniones / Vistas

DIALux

Sala reuniones

Sala reuniones



Superficie:158566 / Edificación 1 / 01_Planta primera / Sala reuniones / Plano útil (Sala reuniones) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)

Plano útil (Sala reuniones) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)



Plano útil (Sala reuniones): Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) (Superficie) Escena de luz: Escena de luz 1 Media: 615 lx (Nominal: ≥ 500 lx), Min: 248 lx, Max: 938 lx, Mín./medio: 0.40, Mín./máx.: 0.26

Media: 615 lx (Nominal: ≥ 500 lx), Min: 248 lx, Max: 938 lx, Min./medio: 0.40, Min./max.: 0.26 Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m

Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 75

14/12/2019

Superficie:158566 / Edificación 1 / 01_Planta primera / Sala reuniones / Plano útil (Sala reuniones) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)

DIALux

Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 75

Sistema de valores [lx]

+472	$+^{663}$	398	+695	+528	+ ⁵⁴³	+ ⁶⁸¹	+401	+672	+474
+534	+758	+478	+794	+612	$+^{626}$	+ ⁸⁰¹	+503	+775	+552
+542	+778	+499	+ ⁸⁰⁹	+ ⁶³¹	+ ⁶⁴⁵	817	+ ⁵²³	+ ⁷⁹⁵	+560
+ ⁵⁴⁹	+779	$+^{506}$	+ ⁸⁰⁸	$+^{633}$	+645	+726	+ ⁵¹³	+750	+561
+ ⁵⁴⁰	+ ⁷⁶⁰	+490	+ ⁷⁸⁶	+613	+615	+800	+485	+777	+ ⁵⁴⁵
+468	+681	+412	+700	+537	+ ⁵⁴⁴	+705	+430	+ ⁶⁹²	+483

Escala: 1 : 75

4. INFORME DE CARGAS DEL EDIFICIO, REVIT.

Resumen del proyecto

Ubicación y clima	
Proyecto	Nombre de proyecto
Dirección	
Tiempo de cálculo	lunes, 8 de junio de 2020 14:14
Tipo de informe	Estándar
Latitud	-10.85°
Longitud	-10.40°
Temp. seca verano	33 °C
Temp. húmeda verano	18 °C
Temp. seca invierno	0°C
Oscilación media diaria	16 °C

Resumen de construcción

Entradas	
Tipo de edificio	Almacén
Área (m²)	604
Volumen (m³)	3,348.65
Resultados calculados	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	29,412
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Mayo 15:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	29,865
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	-453
Capacidad máxima de refrigeración (W)	29,629
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (m³/h)	6,554.4
Valor máximo de carga de calefacción (W)	36,045
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (m³/h)	4,960.9
Sumas de comprobación	
Densidad de la carga de refrigeración (W/m ²)	48.67
Densidad del flujo de refrigeración (L/(s·m ²))	3.01
Flujo/carga de refrigeración (L/(s·kW))	61.90
Área/carga de refrigeración (m²/kW)	20.55
Densidad de la carga de calefacción (W/m ²)	59.65
Densidad del flujo de calefacción (L/(s·m ²))	2.28

Resumen de zona - Almacenes G

Entradas	
Área (m²)	385
Volumen (m³)	2,849.28
Posición de ajuste de refrigeración	23 °C
Posición de ajuste de calefacción	21 °C
Temperatura de suministro de aire	12 °C
Número de personas	9
Infiltración (m³/h)	28.5
Tipo de cálculo de volumen de aire	Ventilación/Aire acondicionado - conducto sencillo
Humedad relativa	38.00% (Calculated)
Psicometría	
Mensaje psicométrico	None
Serpentín de refrigeración ingresando en el	22 °C
intervalo de temperatura seca	
Serpentín de refrigeración ingresando en el	 18 °C
intervalo de temperatura húmeda	
Serpentín de refrigeración abandonando el	8°C
intervalo de temperatura seca	
Serpentín de refrigeración abandonando el	8°C
intervalo de temperatura húmeda	
Temperatura seca de mezcla de aire	33 °C
Resultados calculados	
Valor máximo de carga de refrigeración (W)	15,926
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Mayo 15:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración	16,117
Valor máximo de carga latente de refrigeración	
	-192
Valor máximo de fluio de aire de refrigeración	
(m^3/h)	3,340.9
Valor máximo de carga de calefacción (W)	24.376
Valor máximo de fluio de aire de calefacción	
(m³/h)	3,340.9
Valor máximo de flujo de aire de ventilación	2.240.0
(m³/h)	3,340.9
Sumas de comprobación	
Densidad de la carga de refrigeración (W/m ²)	41.36
Densidad del flujo de refrigeración (L/(s⋅m²))	2.41
Flujo/carga de refrigeración (L/(s·kW))	58.27
Área/carga de refrigeración (m ² /kW)	24.18
Densidad de la carga de calefacción (W/m ²)	63.30
Densidad del flujo de calefacción (L/(s·m ²))	2.41
Densidad de ventilación (L/(s·m ²))	2.41
Ventilación/persona (m ³ /h)	371.2

	Refrigeración		Calefacción	
Componentes	Cargas (W)	Porcentaje del total	Cargas (W)	Porcentaje del total
Muro	431	2.70%	915	3.75%
Ventana	60	0.38%	122	0.50%
Puerta	891	5.60%	1,726	7.08%
Cubierta	0	0.00%	0	0.00%
Claraboya	0	0.00%	0	0.00%
Partición	0	0.00%	0	0.00%
Infiltración	35	0.22%	198	0.81%
Ventilación	9,261	58.15%	21,415	87.85%
Iluminación	2,872	18.03%		
Potencia	1,287	8.08%		
Personas	904	5.68%		
Plénum	0	0.00%		
Calor del ventilador	185	1.16%		

Recalentamiento	0	0.00%		
Total	15,926	100%	24,376	100%

Almacenes G Espacios

Nombre de espacio	Área (m²)	Volumen (m³)	Valor máximo de carga de refrigeración (W)	Flujo de aire de refrigeración (m³/h)	Valor máximo de carga de calefacción (W)	Flujo de aire de calefacción (m³/h)
10 Auxiliar	48	354.74	861	439.4	135	415.9
8 Almacén 3	141	1,041.45	1,791	923.1	36	1,221.1
9 Almacén 4	196	1,453.10	3,837	1,978.4	2,791	1,703.8

Resumen de zona - Almacenes P

Entradas	
Área (m²)	61
Volumen (m³)	140.73
Posición de ajuste de refrigeración	23 °C
Posición de ajuste de calefacción	21 °C
Temperatura de suministro de aire	12 °C
Número de personas	2
Infiltración (m³/h)	19.0
Tipo de cálculo de volumen de aire	Ventilación/Aire acondicionado - conducto sencillo
Humedad relativa	42.00% (Calculated)
Psicometría	
Mensaje psicométrico	None
Serpentín de refrigeración ingresando en el	27 %
intervalo de temperatura seca	27 C
Serpentín de refrigeración ingresando en el	16 °C
intervalo de temperatura húmeda	
Serpentín de refrigeración abandonando el	8°C
intervalo de temperatura seca	
Serpentín de refrigeración abandonando el	9°C
intervalo de temperatura húmeda	
Temperatura seca de mezcla de aire	27 °C
Resultados calculados	
Valor máximo de carga de refrigeración (W)	2,510
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Mayo 16:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración	2.613
(W)	
Valor máximo de carga latente de refrigeración	-103
(W)	
Valor maximo de flujo de aire de refrigeración	633.2
(m ² /n)	
Valor maximo de carga de calefacción (W)	2,038
valor maximo de flujo de aire de calefacción (m^{3}/h)	277.4
(III'/II)	
(m^3/h)	121.1
(III / II) Sumas de comprohación	
Densidad de la carga de refrigeración (W/m^2)	41.03
Densidad de la carga de remgeración (W/m)	2 07
Eluio/carga de refrigeración ($L/(s-kW)$)	70.07
\hat{A} rea/carga de refrigeración (m²/k\W)	24.38
Densidad de la carga de calefacción (W/m^2)	22 21
Densidad de la carga de calefacción (W/III)	1 26
Densidad de ventilación $(1/(s \cdot m^2))$	0.55
Ventilación/nersona (m ³ /b)	60.6

	Refrigeración		Calefacción	
Componentes	Cargas (W)	Porcentaje del total	Cargas (W)	Porcentaje del total
Muro	1,048	41.73%	883	43.30%
Ventana	0	0.00%	0	0.00%
Puerta	357	14.21%	247	12.14%
Cubierta	0	0.00%	0	0.00%
Claraboya	0	0.00%	0	0.00%
Partición	0	0.00%	0	0.00%
Infiltración	23	0.92%	132	6.46%
Ventilación	268	10.69%	777	38.10%
Iluminación	355	14.15%		
Potencia	167	6.63%		
Personas	55	2.21%		
Plénum	171	6.82%		
Calor del ventilador	66	2.64%		

Recalentamiento	0	0.00%		
Total	2,510	100%	2,038	100%

Almacenes P Espacios

Nombre de espacio	Área (m²)	Volumen (m³)	Valor máximo de carga de refrigeración (W)	Flujo de aire de refrigeración (m³/h)	Valor máximo de carga de calefacción (W)	Flujo de aire de calefacción (m³/h)
2 Almacén 2	37	84.97	1,306	371.5	821	180.4
3 Almacén 1	24	55.76	899	261.8	441	97.0

Resumen de zona - Aseos P1

Entradas				
Área (m²)	18			
Volumen (m³)	42.22			
Posición de ajuste de refrigeración	23 °C			
Posición de ajuste de calefacción	21 °C			
Temperatura de suministro de aire	12 °C			
Número de personas	0			
Infiltración (m³/h)	0.0			
Tipo de cálculo de volumen de aire	Ventilación/Aire acondicionado - conducto sencillo			
Humedad relativa	46.00% (Calculated)			
Psicometría				
Mensaje psicométrico	None			
Serpentín de refrigeración ingresando en el	20 °C			
intervalo de temperatura seca	29 C			
Serpentín de refrigeración ingresando en el	18 °C			
intervalo de temperatura húmeda				
Serpentín de refrigeración abandonando el	11 °C			
intervalo de temperatura seca				
Serpentín de refrigeración abandonando el	11 °C			
intervalo de temperatura húmeda				
Temperatura seca de mezcla de aire	29 °C			
Resultados calculados				
Valor máximo de carga de refrigeración (W)	267			
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Octubre 16:00			
Valor máximo de carga sensible de refrigeración	266			
(W)				
Valor maximo de carga latente de refrigeración	1			
(W)				
Valor maximo de flujo de aire de refrigeración	72.1			
	24			
Valor máximo de carga de calefacción (W)	21			
(m^3/h)	3.2			
Valor máximo de fluio de aire de ventilación				
(m^3/h)	3.2			
Sumas de comprobación				
Densidad de la carga de refrigeración (W/m ²)	14.59			
Densidad del fluio de refrigeración $(1/(s m^2))$	1.10			
Flujo/carga de refrigeración (L/(s·kW))	75.09			
Área/carga de refrigeración (m ² /kW)	68.53			
Densidad de la carga de calefacción (W/m^2)	1.13			
Densidad del flujo de calefacción $(L/(s \cdot m^2))$	0.05			
Densidad de ventilación $(L/(s \cdot m^2))$	0.05			
Ventilación/persona (m ³ /h)	0.0			

	Refrigeración		Calefacción		
Componentes	Cargas (W)	Porcentaje del total	Cargas (W)	Porcentaje del total	
Muro	0	0.00%	0	0.00%	
Ventana	0	0.00%	0	0.00%	
Puerta	0	0.00%	0	0.00%	
Cubierta	0	0.00%	0	0.00%	
Claraboya	0	0.00%	0	0.00%	
Partición	0	0.00%	0	0.00%	
Infiltración	0	0.00%	0	0.00%	
Ventilación	6	2.42%	21	100.00%	
lluminación	100	37.56%			
Potencia	42	15.65%			
Personas	0	0.00%			
Plénum	111	41.50%			
Calor del ventilador	8	2.87%			

Recalentamiento	0	0.00%		
Total	267	100%	21	100%

Aseos P1 Espacios

Nombre de espacio	Área (m²)	Volumen (m³)	Valor máximo de carga de refrigeración (W)	Flujo de aire de refrigeración (m³/h)	Valor máximo de carga de calefacción (W)	Flujo de aire de calefacción (m³/h)
<u>6 Aseo 2</u>	4	8.21	49	14.1	0	0.7
5 Aseo 1	5	12.00	121	34.6	0	1.1
<u>7 Aseo 3</u>	7	15.24	82	23.5	0	1.4
Resumen de zona - Aseos PB

Entradas	
Área (m²)	19
Volumen (m³)	42.14
Posición de ajuste de refrigeración	23 °C
Posición de ajuste de calefacción	21 °C
Temperatura de suministro de aire	12 °C
Número de personas	0
Infiltración (m³/h)	7.7
Tipo de cálculo de volumen de aire	Ventilación/Aire acondicionado - conducto sencillo
Humedad relativa	46.00% (Calculated)
Psicometría	
Mensaje psicométrico	None
Serpentín de refrigeración ingresando en el	27 °C
intervalo de temperatura seca	
Serpentín de refrigeración ingresando en el	17 °C
intervalo de temperatura húmeda	
Serpentín de refrigeración abandonando el	11 °C
intervalo de temperatura seca	
Serpentín de refrigeración abandonando el	11 °C
intervalo de temperatura húmeda	
Temperatura seca de mezcla de aire	27 °C
Resultados calculados	
Valor máximo de carga de refrigeración (W)	758
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Octubre 16:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración	759
(W)	
Valor máximo de carga latente de refrigeración	-1
(W)	
Valor maximo de flujo de aire de refrigeración	208.7
(m²/n)	
Valor máximo de carga de calefacción (W)	518
(m ³ /b)	109.1
(iii /ii) Valor máximo do fluio do airo do vontilación	
(m^3/h)	3.5
Sumas de comprobación	
Densidad de la carga de refrigeración (W/m ²)	40.61
Densidad de la carga de refrigeración $(1/(s \cdot m^2))$	310
Fluio/carga de refrigeración (L/(s·kW))	76.43
Área/carga de refrigeración (m^2/kW)	24.63
Densidad de la carga de calefacción (W/m^2)	27.76
Densidad del fluio de calefacción $(1/(s \cdot m^2))$	1.62
Densidad de ventilación $(1/(s \cdot m^2))$	0.05
Ventilación/persona (m ³ /h)	0.0
Ventilación/persona (m ³ /h)	0.0

	Refrigeración		Calefacción	
Componentes	Cargas (W)	Porcentaje del total	Cargas (W)	Porcentaje del total
Muro	272	35.81%	320	61.82%
Ventana	174	22.94%	122	23.54%
Puerta	0	0.00%	0	0.00%
Cubierta	0	0.00%	0	0.00%
Claraboya	0	0.00%	0	0.00%
Partición	0	0.00%	0	0.00%
Infiltración	12	1.55%	54	10.36%
Ventilación	7	0.91%	22	4.27%
Iluminación	101	13.30%		
Potencia	42	5.54%		
Personas	0	0.00%		
Plénum	129	17.01%		
Calor del ventilador	22	2.92%		

Recalentamiento	0	0.00%		
Total	758	100%	518	100%

Aseos PB Espacios

Nombre de espacio	Área (m²)	Volumen (m³)	Valor máximo de carga de refrigeración (W)	Flujo de aire de refrigeración (m³/h)	Valor máximo de carga de calefacción (W)	Flujo de aire de calefacción (m³/h)
<u>15 Aseo 2</u>	4	8.44	107	30.4	87	19.1
<u>14 Aseo 1</u>	5	11.43	442	126.6	311	68.3
<u>16 Aseo 3</u>	7	14.95	183	51.8	98	21.6

Resumen de zona - Oficinas

Área (m²)127Volumen (m²)288.37Posición de ajuste de calefacción23 °CPosición de ajuste de calefacción21 °CTemperatura de suministro de aire12 °CNúmero de personas16Infitración (m²/h)21.2Tipo de cálculo de volumen de aireVentilación/Aire acondicionado - conducto sencilloHumedad relativa46.00% (Calculated)Psicometría0Mensaje psicométricoNoneSerpentin de refrigeración ingresando en el intervalo de temperatura seca29 °CSerpentin de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura seca8 °CSerpentin de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura seca9 °CTemperatura seca de metzla de aire29 °CValor máximo de carga de refrigeración (W)10,168Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)-127Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (W)-127Valor máximo de flujo de aire de calefacción (W)9,092Valor máximo de flujo de aire de calefacción (m²/h)1,230.4Valor máximo de flujo de aire de calefacción (m²/h)1,230.4Valor máximo de flujo de aire de calefacción (M²/h)12.30.4Valor máximo de flujo de aire de calefacción (M²/h)5.02Ensidad del flujo de are fregregración (L/(s.m²))5.02Ensidad de flujo de are fregregración (L/(s.m²))5.02Ensidad de flujo de arefregregración (L/(s.m²))5.02Ensidad de flujo de carga de calefacción (M²/m²)7.933Densidad	Entradas	
Volumen (m ²) 288.37 Posición de ajuste de calefacción 23 °C Posición de ajuste de calefacción 21 °C Temperatura de suministro de aire 12 °C Número de personas 16 Infiltración (m ² /h) 21.2 Tipo de cálculo de volumen de aire Ventilación/Aire acondicionado - conducto sencillo Humedad relativa 46.00% (Calculated) Psicometría None Serpentín de refrigeración ingresando en el intervalo de temperatura humeda 17 °C Serpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura humeda 9 °C Serpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura húmeda 9 °C Temperatura seca de macza de aire 29 °C Resultados calculados 10,168 Valor máximo de carga de refrigeración (mes y hora) Mayo 15:00 Valor máximo de carga de refrigeración (mes y hora) 10,296 Valor máximo de carga de aire de refrigeración (mes y hora) 1,297.8 Valor máximo de carga de calefacción (W/m²) 2,297.8 Valor máximo de carga de calefacción (W/m²) 79.93 Densidad de la carga de refrigeración (U/(s·m²)) 5.02 <td>Área (m²)</td> <td>127</td>	Área (m²)	127
Posición de ajuste de refrigeración 23 °C Posición de ajuste de calefacción 21 °C Temperatura de suministro de aire 12 °C Número de personas 16 Infiltración (m²/h) 21.2 Tipo de cálculo de volumen de aire Ventilación/Aire acondicionado - conducto sencillo Humedad relativa 46.00% (Calculated) Psicometría Mone Serpentin de refrigeración ingresando en el intervalo de temperatura seca 29 °C Serpentin de refrigeración ingresando en el intervalo de temperatura seca 17 °C Serpentin de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura seca 9 °C Temperatura seca de mezcla de aire 29 °C Serpentin de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura húmeda 9 °C Temperatura seca de mezcla de aire 29 °C Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W) 10,168 Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W) 10,296 Valor máximo de carga acelafacción (W) 1,230.4 Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (W) 1,230.4 Valor máximo de flujo de aire de ventilación (M²h) 79.93 Densidad de la carga de refrigeración (W/m²) 79.93	Volumen (m³)	288.37
Posición de ajuste de calefacción 21 °C Temperatura de suministro de aire 12 °C Número de personas 16 Infiltración (m³/h) 21.2 Tipo de cálculo de volumen de aire Ventilación/Aire acondicionado - conducto sencillo Humedad relativa 46.00% (Calculated) Psicometría None Serpentín de refrigeración ingresando en el intervalo de temperatura seca 29 °C Serpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura seca 8 °C Serpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura seca 9 °C Resultados calculados 17 °C Valor máximo de carga de refrigeración (W) 10,168 Valor máximo de carga de refrigeración (W) 10,168 Valor máximo de carga sensible de refrigeración (M) 10,296 Valor máximo de carga latente de refrigeración (W) 10,296 Valor máximo de carga latente de refrigeración (M) 2,297.8 Valor máximo de carga latente de refrigeración (M) 1,230.4 Valor máximo de flujo de aire de ventilación (M/m²) 716.6 Sunas de comprobación 2.297.8 Valor máximo de flujo de aire de ventilación (M/m²) 5.02 Fluijó/carga de refrigerac	Posición de ajuste de refrigeración	23 °C
Temperatura de suministro de aire 12 °C Número de personas 16 Infitración (m²/h) 21.2 Tipo de cálculo de volumen de aire Ventilación/Aire acondicionado - conducto sencillo Humedad relativa 46.00% (Calculated) Psicometría Mensaje psicométrico None Serpentin de refrigeración ingresando en el intervalo de temperatura seca 29 °C Serpentin de refrigeración ingresando en el intervalo de temperatura seca 8 °C Serpentin de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura búmeda 8 °C Serpentin de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura búmeda 9 °C Yalor máximo de carga de refrigeración (W) 10,168 Valor máximo de carga de refrigeración (W) 10,296 Valor máximo de carga latente de refrigeración (W) 10,296 Valor máximo de carga de calefacción (m²/h) 2,297.8 Valor máximo de flujo de aire de ventilación (m²/h) 1,230.4 Valor máximo de flujo de aire de ventilación (m²/h) 79.93 Densidad de la carga de refrigeración (W/m²) 79.93 Densidad de la carga de refrigeración (W/m²) 79.93 Densidad de la carge	Posición de ajuste de calefacción	21 °C
Número de personas16Infitración (m³/h)21.2Tipo de cálculo de volumen de aireVentilación/Aire acondicionado - conducto sencilloHumedad relativa46.00% (Calculated)PsicometríaMensaje psicométricoNoneSerpentin de refrigeración ingresando en el intervalo de temperatura seca29 °CSerpentin de refrigeración ingresando en el intervalo de temperatura húmeda17 °CSerpentin de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura seca8 °CSerpentin de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura seca9 °CTemperatura seca de mezcla de aire29 °CValor máximo de carga de refrigeración (W)10.168Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)10.296Valor máximo de carga latente de refrigeración (M')2.297.8Valor máximo de fujo de aire de calefacción (m³/h)2.297.8Valor máximo de fujo de aire de calefacción (m³/h)1.230.4Valor máximo de fujo de aire de ventilación (m³/h)716.6Sunas de comprobación5.00Valor máximo de flujo de aire de ventilación (M²/h)79.93Densidad de la carga de refrigeración (W/m²)79.93Densidad de la carga de refrigeración (W/m²)71.47Densidad de la carga de calefacción (W/m²)71.47	Temperatura de suministro de aire	12 °C
Infitración (m²/h)21.2Tipo de cálculo de volumen de aireVentilación/Aire acondicionado - conducto sencilloHumedad relativa46.00% (Calculated)PsicometríaNoneSerpentín de rérigeración ingresando en el intervalo de temperatura seca29 °CSerpentín de rérigeración ingresando en el intervalo de temperatura seca17 °CSerpentín de rérigeración abandonando el intervalo de temperatura húmeda8 °CSerpentín de rérigeración abandonando el 	Número de personas	16
Tipo de cálculo de volumen de aireVentilación/Aire acondicionado - conducto sencilloHumedad relativa46.00% (Calculated)PsicometríaIntervilo de refrigeración ingresando en el intervalo de temperatura secaSerpentín de refrigeración ingresando en el intervalo de temperatura húmeda17 °CSerpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura seca8 °CSerpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura seca9 °CTemperatura seca de alre29 °CResultados calculados9 °CResultados calculados10,168Valor máximo de carga de refrigeración (W)10,168Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)10,296Valor máximo de carga latente de refrigeración (W).2297.8Valor máximo de fujo de aire de calefacción (W).2297.8Valor máximo de fujo de aire de calefacción (M).2297.8Valor máximo de fujo de aire de calefacción (M).2297.8Valor máximo de fujo de aire de ventilación (m³/h).2297.8Valor máximo de fujo de aire de ventilación (m³/h).2297.8Valor máximo de fujo de aire de ventilación (m³/h).2297.8Densidad de la carga de refrigeración (W/m³).200.4Valor máximo de fujo de aire de calefacción (M²/h).2277Arabido de aire de refrigeración (W/m³).201.4Densidad de la fujo de refrigeración (U/(s-W²)).2.71Arabido de al refrigeración (W/m³).2.51Densidad de la carga de refrigeración (W/m³).2.51Densidad de la carga de calefacc	Infiltración (m³/h)	21.2
Humedad relativa 46.00% (Calculated) Psicometría Image: Serpentín de refrigeración ingresando en el intervalo de temperatura seca 29 °C Serpentín de refrigeración ingresando en el intervalo de temperatura seca 17 °C Serpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura seca 8 °C Serpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura seca 9 °C Resultados calculados 9 °C Valor máximo de carga de refrigeración (W) 10,168 Valor máximo de carga de refrigeración 10,296 Valor máximo de carga de refrigeración 10,296 Valor máximo de carga de refrigeración 10,296 Valor máximo de carga de calefacción (W) 9,092 Valor máximo de carga de calefacción (W) 9,092 Valor máximo de fujo de aire de refrigeración (W) 9,092 Valor máximo de fujo de aire de calefacción (M) 9,092 Valor máximo de fujo de aire de ventilación (m ³ /h) 1,230.4 Valor máximo de fujo de aire de ventilación (M) 9,992 Valor máximo de fujo de aire de ventilación (M) 1,230.4 Valor máximo de fujo de aire de ventilación (M) 1,230.4 Valor máximo de fujo de aire de ventilación (M) 1,230.4 <	Tipo de cálculo de volumen de aire	Ventilación/Aire acondicionado - conducto sencillo
Psicometría None Serpentín de refrigeración ingresando en el intervalo de temperatura seca 29 °C Serpentín de refrigeración ingresando en el intervalo de temperatura húmeda 17 °C Serpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura seca 8 °C Serpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura seca 8 °C Serpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura seca 9 °C Temperatura seca de mezcla de aire 29 °C Resultados calculados 10,168 Valor máximo de carga de refrigeración (W) 10,296 Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W) 10,296 Valor máximo de carga sensible de refrigeración (m ³ /h) -127 Valor máximo de fujo de aire de refrigeración (m ³ /h) 2,297.8 Valor máximo de fujo de aire de calefacción (m ³ /h) 1,230.4 Valor máximo de fujo de aire de calefacción (m ³ /h) 716.6 Sumas de comprobación 5.02 Densidad de la carga de refrigeración (W/m ²) 79.93 Densidad de la carga de calefacción (W/m ²) 5.02 Flujo/carga de refrigeración (W/m ²) 5.02 Flujo/carga de refrigeración (W/m ²) 71.	Humedad relativa	46.00% (Calculated)
Mensaje psicométricoNoneSerpentín de refrigeración ingresando en el intervalo de temperatura seca29 °CSerpentín de refrigeración ingresando en el intervalo de temperatura húmeda17 °CSerpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura seca8 °CSerpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura seca9 °CTemperatura seca de mezcla de aire29 °CResultados calculados9 °CValor máximo de carga de refrigeración (W)10,168Valor máximo de carga de refrigeración (M)10,168Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)10,296Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)2,297.8Valor máximo de fujo de aire de calefacción (m³/h)2,297.8Valor máximo de fujo de aire de calefacción (m³/h)716.6Sumas de comprobación716.6Densidad de la carga de refrigeración (U/(s·M'))5.02Fujo/carga de refrigeración (U/(s·KW))62.77Area/carga de refrigeración (U/(s·KW))71.47Densidad de la carga de calefacción (W/m²)71.47	Psicometría	
Serpentín de refrigeración ingresando en el intervalo de temperatura seca29 °CSerpentín de refrigeración ingresando en el intervalo de temperatura húmeda17 °CSerpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura seca8 °CSerpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura húmeda9 °CTemperatura seca de mezcla de aire29 °CResultados calculados9 °CValor máximo de carga de refrigeración (W)10,168Valor máximo de carga de refrigeración (M)10,296Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)10,296Valor máximo de carga latente de refrigeración (M)2,297.8Valor máximo de carga de calefacción (W)9,092Valor máximo de fujo de aire de calefacción 	Mensaje psicométrico	None
Intervalo de temperatura seca29 °CSerpentín de refrigeración ingresando en el intervalo de temperatura húmeda17 °CSerpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura seca8 °CSerpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura húmeda9 °CTemperatura seca de mezcla de aire29 °CResultados calculados9 °CValor máximo de carga de refrigeración (W)10,168Valor máximo de carga de refrigeración (mes y hora)Mayo 15:00Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)10,296Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)-127Valor máximo de carga de calefacción (W)9,092Valor máximo de fujo de aire de calefacción (m³/h)2,297.8Valor máximo de fujo de aire de calefacción (m³/h)1,230.4Valor máximo de fujo de aire de ventilación (m²/h)79.93Densidad de la carga de refrigeración (L/(s·m²))5.02Flujo/carga de refrigeración (m²/kW)12.51Densidad de la carga de calefacción (W/m²)71.47	Serpentín de refrigeración ingresando en el	20 °C
Serpentín de refrigeración ingresando en el intervalo de temperatura húmeda 17 °C Serpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura seca 8 °C Serpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura seca 9 °C Temperatura seca de mezcla de aire 29 °C Resultados calculados Valor máximo de carga de refrigeración (W) 10,168 Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W) 10,296 Valor máximo de carga latente de refrigeración (W) 10,296 Valor máximo de carga latente de refrigeración (m ³ /h) 2,297.8 Valor máximo de flujo de aire de calefacción (m ³ /h) 2,297.8 Valor máximo de flujo de aire de ventilación (m ³ /h) 1,230.4 Valor máximo de flujo de aire de ventilación (m ³ /h) 716.6 Sumas de comprobación 5.02 Densidad de la carga de refrigeración (W/m ³) 79.93 Densidad de la flujo de refrigeración (W/m ³) 5.02 Flujo/carga de refrigeración (W/m ³) 71.47 Densidad de la carga de calefacción (W/m ³) 71.47	intervalo de temperatura seca	29 0
Intervalo de temperatura húmedaIf 'CSerpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura seca8 °CSerpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura húmeda9 °CTemperatura seca de mezcla de aire29 °CResultados calculados10,168Valor máximo de carga de refrigeración (W)10,168Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)10,296Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)10,296Valor máximo de carga latente de refrigeración (m³/h)2,297.8Valor máximo de flujo de aire de calefacción (W)9,092Valor máximo de flujo de aire de ventilación (m³/h)1,230.4Valor máximo de flujo de aire de ventilación (m³/h)716.6Sumas de comprobación5.02Densidad de la carga de refrigeración (U/m²)5.02Flujo/carga de refrigeración (U/skW))62.77Área/carga de calefacción (W/m²)71.47	Serpentín de refrigeración ingresando en el	17 °C
Serpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura seca 8 °C Serpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura húmeda 9 °C Temperatura seca de mezcla de aire 29 °C Resultados calculados 29 °C Valor máximo de carga de refrigeración (W) 10,168 Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W) 10,296 Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W) 10,296 Valor máximo de fujo de aire de refrigeración (M) -127 Valor máximo de fujo de aire de refrigeración (m³/h) 2,297.8 Valor máximo de fujo de aire de refrigeración (m³/h) 1,230.4 Valor máximo de flujo de aire de ventilación (m³/h) 716.6 Sumas de comprobación 5.02 Densidad de la fujo de refrigeración (W/m²) 5.02 Flujo/carga de refrigeración (W/m²) 5.02 Plujo de arefrigeración (W/m²) 5.02 Plujo/carga de refrigeración (W/m²) 5.02 Plujo/carga de refrigeración (W/m²) 5.02 Plujo/carga de refrigeración (W/m²) 62.77 Área/carga de refrigeración (W/m²) 71.47	intervalo de temperatura húmeda	17.0
intervalo de temperatura seca 9 °C Serpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura seca de mezcla de aire 29 °C Resultados calculados 10,168 Valor máximo de carga de refrigeración (W) 10,168 Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W) 10,296 Valor máximo de carga latente de refrigeración (W) 10,296 Valor máximo de carga latente de refrigeración (M) -127 Valor máximo de carga latente de refrigeración (M) -127 Valor máximo de carga de calefacción (W) 9,092 Valor máximo de carga de calefacción (M) 9,092 Valor máximo de flujo de aire de calefacción (m³/h) 1,230.4 Valor máximo de flujo de aire de ventilación (m³/h) 716.6 Sumas de comprobación 5.02 Densidad de la carga de refrigeración (L/(s·m²)) 5.02 Flujo/carga de refrigeración (m²/kW) 12.51 Densidad de la carga de calefacción (m²/kW) 71.47	Serpentín de refrigeración abandonando el	8°C
Serpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura húmeda 9 °C Temperatura seca de mezcla de aire 29 °C Resultados calculados Valor máximo de carga de refrigeración (W) 10,168 Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W) 10,296 Valor máximo de carga latente de refrigeración (W) 10,296 Valor máximo de carga latente de refrigeración (W) -127 Valor máximo de carga latente de refrigeración (m ³ /h) 2,297.8 Valor máximo de carga de calefacción (W) 9,092 Valor máximo de flujo de aire de calefacción (m ³ /h) 1,230.4 Valor máximo de flujo de aire de ventilación (m ³ /h) 716.6 Sumas de comprobación 5.02 Densidad de la carga de refrigeración (L/(s·m²)) 5.02 Flujo/carga de refrigeración (L/(s·W)) 62.77 Área/carga de refrigeración (m²/kW) 12.51 Densidad de la carga de calefacción (m²/kW) 71.47	intervalo de temperatura seca	
intervalo de temperatura húmeda 29 °C Temperatura seca de mezcla de aire 29 °C Resultados calculados 10,168 Valor máximo de carga de refrigeración (mes y hora) Mayo 15:00 Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W) 10,296 Valor máximo de carga latente de refrigeración (W) 10,296 Valor máximo de carga latente de refrigeración (W) -127 Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (m³/h) 2,297.8 Valor máximo de carga de calefacción (W) 9,092 Valor máximo de flujo de aire de ventilación (m³/h) 1,230.4 Valor máximo de flujo de aire de ventilación (m³/h) 716.6 Sumas de comprobación 29.93 Densidad de la carga de refrigeración (L/(s·kW)) 5.02 Flujo/carga de refrigeración (L/(s·kW)) 62.77 Área/carga de calefacción (m/m²) 71.47	Serpentín de refrigeración abandonando el	9°C
Temperatura seca de mezcla de aire 29 °C Resultados calculados Valor máximo de carga de refrigeración (W) 10,168 Valor máximo de refrigeración (mes y hora) Mayo 15:00 Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W) 10,296 Valor máximo de carga latente de refrigeración (W) -127 Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (m³/h) 2,297.8 Valor máximo de carga de calefacción (W) 9,092 Valor máximo de flujo de aire de ventilación (m³/h) 1,230.4 Valor máximo de flujo de aire de ventilación (m³/h) 716.6 Sumas de comprobación 79.93 Densidad de la carga de refrigeración (L(s·kW)) 62.77 Área/carga de refrigeración (m/²/kW) 12.51 Densidad de la carga de calefacción (W/m²) 71.47	intervalo de temperatura húmeda	
Resultados calculadosValor máximo de carga de refrigeración (W)10,168Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)10,296Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)10,296Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)-127Valor máximo de carga de calefacción (W)9,092Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (m³/h)2,297.8Valor máximo de flujo de aire de calefacción (m³/h)1,230.4Valor máximo de flujo de aire de ventilación (m³/h)716.6Sumas de comprobación79.93Densidad de la carga de refrigeración (L/(s·W))5.02Flujo/carga de refrigeración (L/(s·W))62.77Área/carga de calefacción (W/m²)71.47Densidad de la carga de calefacción (W/m²)71.47	Temperatura seca de mezcla de aire	29 °C
Valor máximo de carga de refrigeración (W)10,168Valor máximo de refrigeración (mes y hora)Mayo 15:00Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)10,296Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)-127Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (m³/h)2,297.8Valor máximo de flujo de aire de calefacción (W)9,092Valor máximo de flujo de aire de calefacción (m³/h)1,230.4Valor máximo de flujo de aire de ventilación (m³/h)716.6Sumas de comprobación5.02Densidad de la carga de refrigeración (L/(s·m²))5.02Flujo/carga de refrigeración (W/m²)71.47Densidad de la carga de calefacción (W/m²)71.47	Resultados calculados	
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)Mayo 15:00Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)10,296Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)-127Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (m³/h)2,297.8Valor máximo de carga de calefacción (W)9,092Valor máximo de flujo de aire de ventilación (m³/h)1,230.4Valor máximo de flujo de aire de ventilación (m³/h)716.6Sumas de comprobación5.02Densidad de la carga de refrigeración (L/(s·kW))5.02Flujo/carga de refrigeración (m²/kW)12.51Densidad de la carga de calefacción (m²/kW)12.51	Valor máximo de carga de refrigeración (W)	10,168
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)10,296Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)-127Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (m³/h)2,297.8Valor máximo de carga de calefacción (W)9,092Valor máximo de flujo de aire de calefacción (m³/h)1,230.4Valor máximo de flujo de aire de ventilación (m³/h)716.6Sumas de comprobación5.02Densidad de la carga de refrigeración (L/(s·m²))5.02Flujo/carga de refrigeración (L/(s·kW))62.77Área/carga de refrigeración (m²/kW)12.51Densidad de la carga de calefacción (W/m²)71.47Opensidad de la carga de calefacción (W/m²)71.47	Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Mayo 15:00
(W) -127 Valor máximo de carga latente de refrigeración (W) -127 Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (m³/h) 2,297.8 Valor máximo de carga de calefacción (W) 9,092 Valor máximo de flujo de aire de calefacción (m³/h) 1,230.4 Valor máximo de flujo de aire de ventilación (m³/h) 716.6 Sumas de comprobación 716.6 Densidad de la carga de refrigeración (W/m²) 79.93 Densidad del flujo de refrigeración (L/(s·m²)) 5.02 Flujo/carga de refrigeración (L/(s·kW)) 62.77 Área/carga de refrigeración (m²/kW) 12.51 Densidad de la carga de calefacción (W/m²) 71.47	Valor máximo de carga sensible de refrigeración	10,296
Valor maximo de carga latente de refrigeración (W) -127 Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (m³/h) 2,297.8 Valor máximo de carga de calefacción (W) 9,092 Valor máximo de flujo de aire de calefacción (m³/h) 1,230.4 Valor máximo de flujo de aire de ventilación (m³/h) 716.6 Sumas de comprobación 719.93 Densidad de la carga de refrigeración (L/(s·m²)) 5.02 Flujo/carga de refrigeración (L/(s·W)) 62.77 Área/carga de calefacción (m²/kW) 12.51 Densidad de la carga de calefacción (W/m²) 71.47	(W)	·
(W)2,297.8Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (m³/h)2,297.8Valor máximo de carga de calefacción (W)9,092Valor máximo de flujo de aire de calefacción (m³/h)1,230.4Valor máximo de flujo de aire de ventilación (m³/h)716.6Sumas de comprobación716.6Densidad de la carga de refrigeración (L/(s·m²))5.02Flujo/carga de refrigeración (L/(s·m²))5.02Flujo/carga de refrigeración (m²/kW)12.51Densidad de la carga de calefacción (W/m²)71.47	Valor maximo de carga latente de refrigeración	-127
Valor maximo de flujo de aire de refrigeración (m³/h)2,297.8Valor máximo de carga de calefacción (W)9,092Valor máximo de flujo de aire de calefacción (m³/h)1,230.4Valor máximo de flujo de aire de ventilación (m³/h)716.6Sumas de comprobación716.6Densidad de la carga de refrigeración (U/(s·m²))5.02Flujo/carga de refrigeración (L/(s·m²))5.02Flujo/carga de refrigeración (m²/kW)12.51Densidad de la carga de calefacción (W/m²)71.47	(W)	
(III /II)9,092Valor máximo de carga de calefacción (W)9,092Valor máximo de flujo de aire de calefacción (m³/h)1,230.4Valor máximo de flujo de aire de ventilación (m³/h)716.6Sumas de comprobación716.6Densidad de la carga de refrigeración (W/m²)79.93Densidad del flujo de refrigeración (L/(s·m²))5.02Flujo/carga de refrigeración (L/(s·W))62.77Área/carga de refrigeración (m²/kW)12.51Densidad de la carga de calefacción (W/m²)71.47	(m ³ /b)	2,297.8
Valor máximo de Carga de Calefacción (W) 9,092 Valor máximo de flujo de aire de calefacción (m³/h) 1,230.4 Valor máximo de flujo de aire de ventilación (m³/h) 716.6 Sumas de comprobación 716.6 Densidad de la carga de refrigeración (W/m²) 79.93 Densidad del flujo de refrigeración (L/(s·m²)) 5.02 Flujo/carga de refrigeración (L/(s·kW)) 62.77 Área/carga de refrigeración (m²/kW) 12.51 Densidad de la carga de calefacción (W/m²) 71.47	(III / II)	0.002
Valor maximo de hujo de aire de calefacción (m³/h) 1,230.4 Valor máximo de flujo de aire de ventilación (m³/h) 716.6 Sumas de comprobación 79.93 Densidad de la carga de refrigeración (W/m²) 79.93 Densidad del flujo de refrigeración (L/(s·m²)) 5.02 Flujo/carga de refrigeración (L/(s·kW)) 62.77 Área/carga de refrigeración (m²/kW) 12.51 Densidad de la carga de calefacción (W/m²) 71.47	Valor máximo de fluio de carefacción (W)	9,092
Valor máximo de flujo de aire de ventilación (m³/h) 716.6 Sumas de comprobación 716.6 Densidad de la carga de refrigeración (W/m²) 79.93 Densidad del flujo de refrigeración (L/(s·m²)) 5.02 Flujo/carga de refrigeración (L/(s·kW)) 62.77 Área/carga de refrigeración (m²/kW) 12.51 Densidad de la carga de calefacción (W/m²) 71.47	(m^3/h)	1,230.4
(m³/h) 716.6 Sumas de comprobación 79.93 Densidad de la carga de refrigeración (W/m²) 79.93 Densidad del flujo de refrigeración (L/(s·m²)) 5.02 Flujo/carga de refrigeración (L/(s·kW)) 62.77 Área/carga de refrigeración (m²/kW) 12.51 Densidad de la carga de calefacción (W/m²) 71.47	Valor máximo de fluio de aire de ventilación	
Sumas de comprobación Densidad de la carga de refrigeración (W/m²) 79.93 Densidad del flujo de refrigeración (L/(s·m²)) 5.02 Flujo/carga de refrigeración (L/(s·kW)) 62.77 Área/carga de refrigeración (m²/kW) 12.51 Densidad de la carga de calefacción (W/m²) 71.47	(m^3/h)	716.6
Densidad de la carga de refrigeración (W/m²) 79.93 Densidad del flujo de refrigeración (L/(s·m²)) 5.02 Flujo/carga de refrigeración (L/(s·kW)) 62.77 Área/carga de refrigeración (m²/kW) 12.51 Densidad de la carga de calefacción (W/m²) 71.47	Sumas de comprobación	
Densidad del flujo de refrigeración (L/(s·m²)) 5.02 Flujo/carga de refrigeración (L/(s·kW)) 62.77 Área/carga de refrigeración (m²/kW) 12.51 Densidad de la carga de calefacción (W/m²) 71.47	Densidad de la carga de refrigeración (W/m ²)	79.93
Flujo/carga de refrigeración (L/(s·kW)) 62.77 Área/carga de refrigeración (m²/kW) 12.51 Densidad de la carga de calefacción (W/m²) 71.47	Densidad del fluio de refrigeración (L/(s·m ²))	5.02
Área/carga de refrigeración (m²/kW) 12.51 Densidad de la carga de calefacción (W/m²) 71.47	Flujo/carga de refrigeración (L/(s·kW))	62.77
Densidad de la carga de calefacción (W/m ²) 71.47	Área/carga de refrigeración (m ² /kW)	12.51
	Densidad de la carga de calefacción (W/m ²)	71.47
Densidad del flujo de calefacción (L/(s·m²)) 2.69	Densidad del flujo de calefacción (L/(s·m ²))	2.69
Densidad de ventilación (L/(s·m ²)) 1.56	Densidad de ventilación (L/(s·m ²))	1.56
Ventilación/persona (m ³ /h) 44.8	Ventilación/persona (m ³ /h)	44.8

	Refrigeración		Calefacción	
Componentes	Cargas (W)	Porcentaje del total	Cargas (W)	Porcentaje del total
Muro	3,002	29.53%	3,864	42.50%
Ventana	418	4.11%	331	3.64%
Puerta	202	1.98%	154	1.70%
Cubierta	4	0.04%	2	0.02%
Claraboya	0	0.00%	0	0.00%
Partición	0	0.00%	0	0.00%
Infiltración	26	0.25%	147	1.62%
Ventilación	1,186	11.66%	4,593	50.52%
Iluminación	1,358	13.35%		
Potencia	1,343	13.21%		
Personas	1,793	17.63%		
Plénum	597	5.87%		
Calor del ventilador	240	2.36%		

Recalentamiento	0	0.00%		
Total	10,168	100%	9,092	100%

Oficinas Espacios

Nombre de espacio	Área (m²)	Volumen (m³)	Valor máximo de carga de refrigeración (W)	Flujo de aire de refrigeración (m³/h)	Valor máximo de carga de calefacción (W)	Flujo de aire de calefacción (m³/h)
<u>1 Atención al</u> cliente	32	73.76	3,499	919.6	3,158	694.2
<u>12 Sala de</u> reuniones	58	131.16	3,256	835.7	920	327.7
31 Oficinas	37	83.45	2,220	542.4	421	208.5

Resumen del espacio - 10 Auxiliar

Entradas	
Área (m²)	48
Volumen (m³)	354.74
Área de muro (m²)	7
Área de cubierta (m²)	0
Área de puerta (m²)	0
Área de partición (m²)	0
Área de ventana (m²)	0
Área de claraboya (m²)	0
Carga de iluminación (W)	619
Carga de potencia (W)	516
Número de personas	0
Incremento de calor sensible/persona (W)	73
Incremento de calor latente/persona (W)	59
Flujo de aire de infiltración (m ³ /h)	2.4
Tipo de espacio	Sala de maquinaria - Genérico
Resultados calculados	
Valor máximo de carga de refrigeración (W)	861
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Octubre 16:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración	963
(W)	602
Valor máximo de carga latente de refrigeración	-1
(W)	-
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración	439.4
(m³/h)	
Valor máximo de carga de calefacción (W)	135
Valor máximo de flujo de aire de calefacción	415.9
(m³/h)	

	Refrigeración		Calefacción	
Componentes	Cargas (W)	Porcentaje del total	Cargas (W)	Porcentaje del total
Muro	9	1.04%	118	87.53%
Ventana	0	0.00%	0	0.00%
Puerta	0	0.00%	0	0.00%
Cubierta	0	0.00%	0	0.00%
Claraboya	0	0.00%	0	0.00%
Partición	0	0.00%	0	0.00%
Infiltración	4	0.43%	17	12.47%
Iluminación	463	53.75%		
Potencia	386	44.79%		
Personas	0	0.00%		
Plénum	0	0.00%		
Total	861	100%	135	100%

Resumen del espacio - 8 Almacén 3

Entradas	
Área (m²)	141
Volumen (m³)	1,041.45
Área de muro (m²)	2
Área de cubierta (m ²)	0
Área de puerta (m²)	2
Área de partición (m²)	0
Área de ventana (m²)	0
Área de claraboya (m²)	0
Carga de iluminación (W)	1,212
Carga de potencia (W)	454
Número de personas	4
Incremento de calor sensible/persona (W)	73
Incremento de calor latente/persona (W)	59
Flujo de aire de infiltración (m ³ /h)	0.7
Tipo de espacio	Almacén agrícola
Resultados calculados	
Valor máximo de carga de refrigeración (W)	1,791
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Mayo 15:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración	1 616
(W)	1,010
Valor máximo de carga latente de refrigeración	174
(W)	
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración	973 1
(m³/h)	
Valor máximo de carga de calefacción (W)	36
Valor máximo de flujo de aire de calefacción	1.221.1
(m³/h)	

	Refrigeración		Calefacción	
Componentes	Cargas (W)	Porcentaje del total	Cargas (W)	Porcentaje del total
Muro	27	1.51%	31	86.71%
Ventana	0	0.00%	0	0.00%
Puerta	0	0.00%	0	0.00%
Cubierta	0	0.00%	0	0.00%
Claraboya	0	0.00%	0	0.00%
Partición	0	0.00%	0	0.00%
Infiltración	1	0.05%	5	13.29%
Iluminación	1,007	56.26%		
Potencia	378	21.10%		
Personas	377	21.08%		
Plénum	0	0.00%		
Total	1,791	100%	36	100%

Resumen del espacio - 9 Almacén 4

Entradas	
Área (m²)	196
Volumen (m³)	1,453.10
Área de muro (m²)	73
Área de cubierta (m²)	0
Área de puerta (m²)	22
Área de partición (m²)	0
Área de ventana (m²)	2
Área de claraboya (m²)	0
Carga de iluminación (W)	1,691
Carga de potencia (W)	634
Número de personas	5
Incremento de calor sensible/persona (W)	73
Incremento de calor latente/persona (W)	59
Flujo de aire de infiltración (m ³ /h)	25.4
Tipo de espacio	Almacén agrícola
Resultados calculados	
Valor máximo de carga de refrigeración (W)	3,837
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Mayo 15:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración	3 637
(W)	5,057
Valor máximo de carga latente de refrigeración	201
(W)	
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración	1.978.4
(m³/h)	2,5,5,5,1
Valor máximo de carga de calefacción (W)	2,791
Valor máximo de flujo de aire de calefacción	1.703.8
(m³/h)	-/

	Refrigeración		Calefacción	
Componentes	Cargas (W)	Porcentaje del total	Cargas (W)	Porcentaje del total
Muro	396	10.31%	766	27.45%
Ventana	60	1.57%	122	4.37%
Puerta	891	23.23%	1,726	61.86%
Cubierta	0	0.00%	0	0.00%
Claraboya	0	0.00%	0	0.00%
Partición	0	0.00%	0	0.00%
Infiltración	31	0.80%	176	6.31%
Iluminación	1,406	36.63%		
Potencia	527	13.74%		
Personas	527	13.72%		
Plénum	0	0.00%		
Total	3,837	100%	2,791	100%

Resumen del espacio - 2 Almacén 2

Entradas	
Área (m²)	37
Volumen (m³)	84.97
Área de muro (m²)	30
Área de cubierta (m ²)	0
Área de puerta (m²)	5
Área de partición (m²)	0
Área de ventana (m²)	0
Área de claraboya (m²)	0
Carga de iluminación (W)	318
Carga de potencia (W)	119
Número de personas	1
Incremento de calor sensible/persona (W)	73
Incremento de calor latente/persona (W)	59
Flujo de aire de infiltración (m ³ /h)	10.5
Tipo de espacio	Almacén agrícola
Resultados calculados	
Valor máximo de carga de refrigeración (W)	1,306
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Octubre 16:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración	1 297
(W)	1,257
Valor máximo de carga latente de refrigeración	8
(W)	
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración	371.5
_ (m³/h)	
Valor máximo de carga de calefacción (W)	821
Valor máximo de flujo de aire de calefacción	180.4
(m³/h)	

	Refrigeración		Calefacción	
Componentes	Cargas (W)	Porcentaje del total	Cargas (W)	Porcentaje del total
Muro	480	36.76%	500	60.93%
Ventana	0	0.00%	0	0.00%
Puerta	388	29.75%	247	30.16%
Cubierta	0	0.00%	0	0.00%
Claraboya	0	0.00%	0	0.00%
Partición	0	0.00%	0	0.00%
Infiltración	16	1.23%	73	8.91%
Iluminación	214	16.43%		
Potencia	101	7.70%		
Personas	33	2.56%		
Plénum	73	5.58%		
Total	1,306	100%	821	100%

Resumen del espacio - 3 Almacén 1

Entradas	
Área (m²)	24
Volumen (m³)	55.76
Área de muro (m²)	24
Área de cubierta (m²)	0
Área de puerta (m²)	2
Área de partición (m²)	0
Área de ventana (m²)	0
Área de claraboya (m²)	0
Carga de iluminación (W)	209
Carga de potencia (W)	78
Número de personas	1
Incremento de calor sensible/persona (W)	73
Incremento de calor latente/persona (W)	59
Flujo de aire de infiltración (m ³ /h)	8.4
Tipo de espacio	Almacén secundario
Resultados calculados	
Valor máximo de carga de refrigeración (W)	899
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Mayo 16:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración	007
(W)	507
Valor máximo de carga latente de refrigeración	-7
(W)	
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración	261.8
(m³/h)	
Valor máximo de carga de calefacción (W)	441
Valor máximo de flujo de aire de calefacción	97.0
(m²/n)	1

	Refrigeración		Calefacción	
Componentes	Cargas (W)	Porcentaje del total	Cargas (W)	Porcentaje del total
Muro	562	62.48%	383	86.74%
Ventana	0	0.00%	0	0.00%
Puerta	0	0.00%	0	0.00%
Cubierta	0	0.00%	0	0.00%
Claraboya	0	0.00%	0	0.00%
Partición	0	0.00%	0	0.00%
Infiltración	10	1.14%	59	13.26%
Iluminación	141	15.65%		
Potencia	66	7.34%		
Personas	22	2.44%		
Plénum	98	10.95%		
Total	899	100%	441	100%

Resumen del espacio - 6 Aseo 2

Entradas	
Área (m²)	4
Volumen (m³)	8.21
Área de muro (m²)	0
Área de cubierta (m²)	0
Área de puerta (m²)	0
Área de partición (m²)	0
Área de ventana (m²)	0
Área de claraboya (m²)	0
Carga de iluminación (W)	35
Carga de potencia (W)	12
Número de personas	0
Incremento de calor sensible/persona (W)	73
Incremento de calor latente/persona (W)	59
Flujo de aire de infiltración (m ³ /h)	0.0
Tipo de espacio	Aseo
Resultados calculados	
Valor máximo de carga de refrigeración (W)	49
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Octubre 16:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración	49
(W)	45
Valor máximo de carga latente de refrigeración	
(W)	
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración	14.1
_ (m³/h)	
Valor máximo de carga de calefacción (W)	0
Valor máximo de flujo de aire de calefacción	0.7
(m³/h)	

	Refrigeración		Calefacción	
Componentes	Cargas (W)	Porcentaje del total	Cargas (W)	Porcentaje del total
Muro	0	0.00%	0	0.00%
Ventana	0	0.00%	0	0.00%
Puerta	0	0.00%	0	0.00%
Cubierta	0	0.00%	0	0.00%
Claraboya	0	0.00%	0	0.00%
Partición	0	0.00%	0	0.00%
Infiltración	0	0.00%	0	0.00%
Iluminación	23	47.30%		
Potencia	10	19.71%		
Personas	0	0.00%		
Plénum	16	32.99%		
Total	49	100%	0	100%

Resumen del espacio - 5 Aseo 1

Entradas	
Área (m²)	5
Volumen (m³)	12.00
Área de muro (m²)	0
Área de cubierta (m ²)	0
Área de puerta (m²)	0
Área de partición (m²)	0
Área de ventana (m²)	0
Área de claraboya (m²)	0
Carga de iluminación (W)	50
Carga de potencia (W)	17
Número de personas	0
Incremento de calor sensible/persona (W)	73
Incremento de calor latente/persona (W)	59
Flujo de aire de infiltración (m ³ /h)	0.0
Tipo de espacio	Aseo
Resultados calculados	
Valor máximo de carga de refrigeración (W)	121
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Octubre 16:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración	121
(W)	121
Valor máximo de carga latente de refrigeración	0
(W)	
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración	34.6
_ (m³/h)	
Valor máximo de carga de calefacción (W)	0
Valor máximo de flujo de aire de calefacción	1.1
(m³/h)	

	Refrigeración		Calefacción	
Componentes	Cargas (W)	Porcentaje del total	Cargas (W)	Porcentaje del total
Muro	0	0.00%	0	0.00%
Ventana	0	0.00%	0	0.00%
Puerta	0	0.00%	0	0.00%
Cubierta	0	0.00%	0	0.00%
Claraboya	0	0.00%	0	0.00%
Partición	0	0.00%	0	0.00%
Infiltración	0	0.00%	0	0.00%
Iluminación	34	27.75%		
Potencia	14	11.56%		
Personas	0	0.00%		
Plénum	74	60.69%		
Total	121	100%	0	100%

Resumen del espacio - 7 Aseo 3

Entradas	
Área (m²)	7
Volumen (m³)	15.24
Área de muro (m²)	0
Área de cubierta (m ²)	0
Área de puerta (m²)	0
Área de partición (m²)	0
Área de ventana (m²)	0
Área de claraboya (m²)	0
Carga de iluminación (W)	64
Carga de potencia (W)	21
Número de personas	0
Incremento de calor sensible/persona (W)	73
Incremento de calor latente/persona (W)	59
Flujo de aire de infiltración (m ³ /h)	0.0
Tipo de espacio	Aseo
Resultados calculados	
Valor máximo de carga de refrigeración (W)	82
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Octubre 16:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración	87
(W)	02
Valor máximo de carga latente de refrigeración	0
(W)	
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración	23.5
_ (m³/h)	
Valor máximo de carga de calefacción (W)	0
Valor máximo de flujo de aire de calefacción	1.4
(m³/h)	

	Refrigeración		Calefacción	
Componentes	Cargas (W)	Porcentaje del total	Cargas (W)	Porcentaje del total
Muro	0	0.00%	0	0.00%
Ventana	0	0.00%	0	0.00%
Puerta	0	0.00%	0	0.00%
Cubierta	0	0.00%	0	0.00%
Claraboya	0	0.00%	0	0.00%
Partición	0	0.00%	0	0.00%
Infiltración	0	0.00%	0	0.00%
Iluminación	43	52.63%		
Potencia	18	21.93%		
Personas	0	0.00%		
Plénum	21	25.44%		
Total	82	100%	0	100%

Resumen del espacio - 15 Aseo 2

Entradas	
Área (m²)	4
Volumen (m³)	8.44
Área de muro (m²)	5
Área de cubierta (m²)	0
Área de puerta (m²)	0
Área de partición (m²)	0
Área de ventana (m²)	0
Área de claraboya (m²)	0
Carga de iluminación (W)	36
Carga de potencia (W)	12
Número de personas	0
Incremento de calor sensible/persona (W)	73
Incremento de calor latente/persona (W)	59
Flujo de aire de infiltración (m ³ /h)	1.7
Tipo de espacio	Aseo
Resultados calculados	
Valor máximo de carga de refrigeración (W)	107
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Mayo 16:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración	110
(W)	
Valor máximo de carga latente de refrigeración	-3
(W)	5
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración	30.4
_ (m³/h)	
Valor máximo de carga de calefacción (W)	87
Valor máximo de flujo de aire de calefacción	19.1
(m³/h)	

	Refrigeración		Calefacción	
Componentes	Cargas (W)	Porcentaje del total	Cargas (W)	Porcentaje del total
Muro	41	38.39%	76	86.71%
Ventana	0	0.00%	0	0.00%
Puerta	0	0.00%	0	0.00%
Cubierta	0	0.00%	0	0.00%
Claraboya	0	0.00%	0	0.00%
Partición	0	0.00%	0	0.00%
Infiltración	2	1.89%	12	13.29%
Iluminación	24	22.77%		
Potencia	10	9.49%		
Personas	0	0.00%		
Plénum	30	27.46%		
Total	107	100%	87	100%

Resumen del espacio - 14 Aseo 1

Entradas	
Área (m²)	5
Volumen (m³)	11.43
Área de muro (m²)	12
Área de cubierta (m ²)	0
Área de puerta (m²)	0
Área de partición (m²)	0
Área de ventana (m²)	2
Área de claraboya (m²)	0
Carga de iluminación (W)	50
Carga de potencia (W)	17
Número de personas	0
Incremento de calor sensible/persona (W)	73
Incremento de calor latente/persona (W)	59
Flujo de aire de infiltración (m ³ /h)	4.2
Tipo de espacio	Aseo
Resultados calculados	
Valor máximo de carga de refrigeración (W)	442
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Octubre 16:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración	443
(W)	
Valor máximo de carga latente de refrigeración	-1
(W)	-
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración	126.6
(m³/h)	
Valor máximo de carga de calefacción (W)	311
Valor máximo de flujo de aire de calefacción	68.3
(m³/h)	

	Refrigeración		Calefacción	
Componentes	Cargas (W)	Porcentaje del total	Cargas (W)	Porcentaje del total
Muro	187	42.32%	160	51.32%
Ventana	174	39.33%	122	39.27%
Puerta	0	0.00%	0	0.00%
Cubierta	0	0.00%	0	0.00%
Claraboya	0	0.00%	0	0.00%
Partición	0	0.00%	0	0.00%
Infiltración	6	1.45%	29	9.42%
lluminación	33	7.49%		
Potencia	14	3.12%		
Personas	0	0.00%		
Plénum	28	6.28%		
Total	442	100%	311	100%

Resumen del espacio - 16 Aseo 3

Entradas	
Área (m²)	7
Volumen (m³)	14.95
Área de muro (m²)	5
Área de cubierta (m²)	0
Área de puerta (m²)	0
Área de partición (m²)	0
Área de ventana (m²)	0
Área de claraboya (m²)	0
Carga de iluminación (W)	64
Carga de potencia (W)	21
Número de personas	0
Incremento de calor sensible/persona (W)	73
Incremento de calor latente/persona (W)	59
Flujo de aire de infiltración (m ³ /h)	1.8
Tipo de espacio	Aseo
Resultados calculados	
Valor máximo de carga de refrigeración (W)	183
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Mayo 16:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración	186
(W)	100
Valor máximo de carga latente de refrigeración	-3
(W)	5
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración	51.8
_ (m³/h)	
Valor máximo de carga de calefacción (W)	98
Valor máximo de flujo de aire de calefacción	21.6
(m³/h)	

	Refrigeración		Calefacción	
Componentes	Cargas (W)	Porcentaje del total	Cargas (W)	Porcentaje del total
Muro	48	26.04%	85	86.93%
Ventana	0	0.00%	0	0.00%
Puerta	0	0.00%	0	0.00%
Cubierta	0	0.00%	0	0.00%
Claraboya	0	0.00%	0	0.00%
Partición	0	0.00%	0	0.00%
Infiltración	2	1.23%	13	13.07%
Iluminación	43	23.66%		
Potencia	18	9.86%		
Personas	0	0.00%		
Plénum	72	39.21%		
Total	183	100%	98	100%

Resumen del espacio - 1 Atención al cliente

Entradas	
Área (m²)	32
Volumen (m³)	73.76
Área de muro (m²)	8
Área de cubierta (m²)	0
Área de puerta (m²)	0
Área de partición (m²)	0
Área de ventana (m²)	0
Área de claraboya (m²)	0
Carga de iluminación (W)	738
Carga de potencia (W)	345
Número de personas	7
Incremento de calor sensible/persona (W)	73
Incremento de calor latente/persona (W)	59
Flujo de aire de infiltración (m ³ /h)	2.6
Tipo de espacio	Atención al cliente en zona de ventas - Comercio (1)
Resultados calculados	
Valor máximo de carga de refrigeración (W)	3,499
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Mayo 15:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración	3 203
(W)	5,205
Valor máximo de carga latente de refrigeración	296
(W)	250
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración	919.6
(m³/h)	51510
Valor máximo de carga de calefacción (W)	3,158
Valor máximo de flujo de aire de calefacción	694.2
(m³/h)	

	Refrigeración		Calefacción	
Componentes	Cargas (W)	Porcentaje del total	Cargas (W)	Porcentaje del total
Muro	1,984	56.70%	3,140	99.42%
Ventana	0	0.00%	0	0.00%
Puerta	0	0.00%	0	0.00%
Cubierta	0	0.00%	0	0.00%
Claraboya	0	0.00%	0	0.00%
Partición	0	0.00%	0	0.00%
Infiltración	3	0.09%	18	0.58%
Iluminación	500	14.30%		
Potencia	292	8.35%		
Personas	647	18.49%		
Plénum	72	2.06%		
Total	3,499	100%	3,158	100%

Resumen del espacio - 12 Sala de reuniones

Entradas	
Área (m²)	58
Volumen (m³)	131.16
Área de muro (m²)	38
Área de cubierta (m²)	0
Área de puerta (m²)	0
Área de partición (m²)	0
Área de ventana (m²)	8
Área de claraboya (m²)	0
Carga de iluminación (W)	814
Carga de potencia (W)	626
Número de personas	6
Incremento de calor sensible/persona (W)	73
Incremento de calor latente/persona (W)	59
Flujo de aire de infiltración (m ³ /h)	13.2
Tipo de espacio	Sala de reuniones/Multiuso 1
Resultados calculados	
Valor máximo de carga de refrigeración (W)	3,256
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Mayo 16:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración	2.055
(W)	2,555
Valor máximo de carga latente de refrigeración	301
(W)	501
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración	835.7
(m³/h)	
Valor máximo de carga de calefacción (W)	920
Valor máximo de flujo de aire de calefacción	327.7
(m³/h)	

	Refrigeración		Calefacción	
Componentes	Cargas (W)	Porcentaje del total	Cargas (W)	Porcentaje del total
Muro	830	25.48%	520	56.54%
Ventana	383	11.78%	308	33.48%
Puerta	0	0.00%	0	0.00%
Cubierta	0	0.00%	0	0.00%
Claraboya	0	0.00%	0	0.00%
Partición	0	0.00%	0	0.00%
Infiltración	16	0.49%	92	9.97%
Iluminación	555	17.04%		
Potencia	534	16.39%		
Personas	705	21.64%		
Plénum	234	7.19%		
Total	3,256	100%	920	100%

Resumen del espacio - 31 Oficinas

Entradas	
Área (m²)	37
Volumen (m³)	83.45
Área de muro (m²)	15
Área de cubierta (m ²)	0
Área de puerta (m²)	6
Área de partición (m²)	0
Área de ventana (m²)	4
Área de claraboya (m²)	0
Carga de iluminación (W)	438
Carga de potencia (W)	598
Número de personas	4
Incremento de calor sensible/persona (W)	73
Incremento de calor latente/persona (W)	59
Flujo de aire de infiltración (m ³ /h)	5.3
Tipo de espacio	Oficina
Resultados calculados	
Valor máximo de carga de refrigeración (W)	2,220
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Octubre 16:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración	2.015
(W)	2,015
Valor máximo de carga latente de refrigeración	205
(W)	205
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración	542.4
_ (m³/h)	
Valor máximo de carga de calefacción (W)	421
Valor máximo de flujo de aire de calefacción	208.5
(m³/h)	

	Refrigeración		Calefacción	
Componentes	Cargas (W)	Porcentaje del total	Cargas (W)	Porcentaje del total
Muro	361	16.25%	204	48.53%
Ventana	6	0.27%	23	5.46%
Puerta	273	12.32%	154	36.67%
Cubierta	4	0.20%	2	0.54%
Claraboya	0	0.00%	0	0.00%
Partición	0	0.00%	0	0.00%
Infiltración	8	0.37%	37	8.80%
Iluminación	306	13.79%		
Potencia	522	23.50%		
Personas	449	20.21%		
Plénum	291	13.09%		
Total	2,220	100%	421	100%

5. INFORME DE CONFLICTOS, NAVISWORKS.

AUTODESK[®] NAVISWORKS[®]

Informe	de coi	nflictos
---------	--------	----------

Toct 1	Tolerancia	Conflictos	Nuevo	Activo	Revisado	Aprobado	Resuelto	Тіро	Estado
iest I	0.050m	13	11	1	0	1	0	Estático	Antiguo

						Elemento 1		Elemento 2		2
Imagen	Grupo de conflictos	Nombre de conflicto	Fecha de detección	Asignado a	ID de elemento	Elemento Nombre	Elemento Tipo	ID de elemento	Elemento Nombre	Elemento Tipo
		Arquetas	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 1398328	Plataforma	Plataformas: Plataforma: 300 mm	ID de elemento: 1440840	50x50 cm	Aparatos sanitarios
\$	Arquetas	Conflicto83	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 500768	Hormigón - Hormigón moldeado in situ	Sólido	ID de elemento: 2119677	50x50 cm	Aparatos sanitarios
	Arquetas	Conflicto37	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 500768	Hormigón - Hormigón moldeado in situ	Sólido	ID de elemento: 855098	50x50 cm	Aparatos sanitarios
•	Arquetas	Conflicto30	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 592416	Hormigón - Hormigón moldeado in situ	Sólido	ID de elemento: 1440840	50x50 cm	Aparatos sanitarios
	Arquetas	Conflicto18	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 1398328	Plataforma	Plataformas: Plataforma: 300 mm	ID de elemento: 2546553	50x50 cm	Aparatos sanitarios
	Arquetas	Conflicto10	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 1398328	Plataforma	Plataformas: Plataforma: 300 mm	ID de elemento: 1440840	50x50 cm	Aparatos sanitarios
	Arquetas	Conflicto16	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 1398328	Plataforma	Plataformas: Plataforma: 300 mm	ID de elemento: 855098	50x50 cm	Aparatos sanitarios
•	Arquetas	Conflicto17	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 1398328	Plataforma	Plataformas: Plataforma: 300 mm	ID de elemento: 2546284	50x50 cm	Aparatos sanitarios
	Arquetas	Conflicto19	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 1398328	Plataforma	Plataformas: Plataforma: 300 mm	ID de elemento: 854897	50x50 cm	Aparatos sanitarios
	Arquetas	Conflicto38	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 500768	Hormigón - Hormigón moldeado in situ	Sólido	ID de elemento: 2546284	50x50 cm	Aparatos sanitarios
	Arquetas	Conflicto39	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 500768	Hormigón - Hormigón moldeado in situ	Sólido	ID de elemento: 2546553	50x50 cm	Aparatos sanitarios
	Arquetas	Conflicto40	2020/5/18		ID de	Hormigón -	Sólido	ID de	50x50 cm	Aparatos

•			12:17	<i>elemento</i> : 500768	Hormigón moldeado in situ		<i>elemento</i> : 854897		sanitarios
		Solera Hormigón	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 592416	Suelos por defecto	Sólido			
	Solera Hormigón	Conflicto125	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 500768	Enlucido - Blanco	Sólido	ID de elemento: 2570088	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: Estándar
	Solera Hormigón	Conflicto123	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 500768	Enlucido - Blanco	Sólido	ID de elemento: 2569900	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: Estándar
	Solera Hormigón	Conflicto105	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 500768	Enlucido - Blanco	Sólido	ID de elemento: 2570294	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: Estándar
	Solera Hormigón	Conflicto60	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 500768	Hormigón - Hormigón moldeado in situ	Sólido	ID de elemento: 2570626	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: Estándar
	Solera Hormigón	Conflicto165	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 592416	Hormigón - Hormigón moldeado in situ	Sólido	ID de elemento: 1428305	Estandar	Aparatos sanitarios
	Solera Hormigón	Conflicto31	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 592416	Suelos por defecto	Sólido			
	Solera Hormigón	Conflicto32	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 592416	Suelos por defecto	Sólido	ID de elemento: 2470044	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	Solera Hormigón	Conflicto137	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 592416	Suelos por defecto	Sólido	ID de elemento: 2472055	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	Solera Hormigón	Conflicto155	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 592416	Hormigón - Hormigón moldeado in situ	Sólido	ID de elemento: 2601718	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
•	Solera Hormigón	Conflicto164	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 592416	Hormigón - Hormigón moldeado in situ	Sólido	ID de elemento: 1428218	Estandar	Aparatos sanitarios
•	Solera Hormigón	Conflicto166	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 592416	Hormigón - Hormigón moldeado in situ	Sólido	ID de elemento: 1031605	Estandar	Aparatos sanitarios
		Plataforma	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 1398328	Plataforma	Plataformas: Plataforma: 300 mm	ID de elemento: 2570088	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: Estándar

Her th	Plataforma	Conflicto46	2020/5/18 12:17	 ID de elemento: 1398328	Plataforma	Plataformas: Plataforma: 300 mm	ID de elemento: 2570088	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: Estándar
	Plataforma	Conflicto52	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 1398328	Plataforma	Plataformas: Plataforma: 300 mm	ID de elemento: 2569900	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: Estándar
1	Plataforma	Conflicto54	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 1398328	Plataforma	Plataformas: Plataforma: 300 mm	ID de elemento: 2570626	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: Estándar
	Plataforma	Conflicto56	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 1398328	Plataforma	Plataformas: Plataforma: 300 mm	ID de elemento: 2574173	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	Plataforma	Conflicto57	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 1398328	Plataforma	Plataformas: Plataforma: 300 mm	ID de elemento: 2119677	50x50 cm	Aparatos sanitarios
	Plataforma	Conflicto58	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 1398328	Plataforma	Plataformas: Plataforma: 300 mm	ID de elemento: 2545435	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	Plataforma	Conflicto59	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 1398328	Plataforma	Plataformas: Plataforma: 300 mm			
	Plataforma	Conflicto61	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 1398328	Plataforma	Plataformas: Plataforma: 300 mm	ID de elemento: 2570294	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: Estándar
	Plataforma	Conflicto63	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 1398328	Plataforma	Plataformas: Plataforma: 300 mm	ID de elemento: 2470044	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	Plataforma	Conflicto99	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 1398328	Plataforma	Plataformas: Plataforma: 300 mm	ID de elemento: 1428133	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	Plataforma	Conflicto106	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 1398328	Plataforma	Plataformas: Plataforma: 300 mm	ID de elemento: 2550968	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
P	Plataforma	Conflicto154	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 1398328	Plataforma	Plataformas: Plataforma: 300 mm	ID de elemento: 2601718	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	Plataforma	Conflicto157	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 1398328	Plataforma	Plataformas: Plataforma: 300 mm	ID de elemento: 2545964	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV

	Plataforma	Conflicto163	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 1398328	Plataforma	Plataformas: Plataforma: 300 mm	ID de elemento: 2598243	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: Estándar
		PB Muros y tabiques	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 455065	Enlucido - Blanco	Sólido	ID de elemento: 1667964	Bandeja de cables con uniones	Bandejas de cables: Bandeja de cables con uniones: Bandeja de cables de escalera
	PB Muros y tabiques	Conflicto127	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 271757	Hormigón enlucido	Sólido	ID de elemento: 1199351	125 A	Equipos eléctricos
	PB Muros y tabiques	Conflicto110	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 271757	Hormigón enlucido	Sólido	ID de elemento: 2279492	Aislamiento de tubería	Aislamientos de tubería: Aislamiento de tubería: Aislamiento exterior
	PB Muros y tabiques	Conflicto96	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 189631	Muro básico	Muros: Muro básico: hormigon 16 cm	ID de elemento: 2098262	Armarios	Línea
	PB Muros y tabiques	Conflicto22	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 272075	Hormigón enlucido	Sólido	ID de elemento: 1574961	Bandeja de cables con uniones	Bandejas de cables: Bandeja de cables con uniones: A través de bandeja de cables
	PB Muros y tabiques	Conflicto69	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 272075	Hormigón enlucido	Sólido	ID de elemento: 1700469	Bandeja de cables con uniones	Bandejas de cables: Bandeja de cables con uniones: Bandeja de cables de escalera
	PB Muros y tabiques	Conflicto68	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 272075	Hormigón enlucido	Sólido	ID de elemento: 1700306	Bandeja de cables con uniones	Bandejas de cables: Bandeja de cables con uniones: Bandeja de cables de escalera
	PB Muros y tabiques	Conflicto62	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 189311	Muro básico	Muros: Muro básico: hormigon 16 cm	ID de elemento: 2657264	45 grados	Uniones de conducto
	PB Muros y tabiques	Conflicto48	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 271757	Hormigón enlucido	Sólido	ID de elemento: 2341280	Conducto redondo	Conductos: Conducto redondo: Grifos
e:///C://Jsers/ing	PB Muros y tabiques et/OneDrive/	Conflicto28	2020/5/18 12:17 Trabaio Fin d	e Máster FCI	ID de elemento: /Archivos d	Hormigón enlucido de programa/V1	Sólido /V2/Test 1_htm	ID de elemento:	Conducto redondo tml	Conductos: Conducto 4/12

				271757			2451615		redondo: Grifos
P. to	'B Muros y abiques	Conflicto25	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 272075	Hormigón enlucido	Sólido	<i>ID de elemento:</i> 1573016	Bandeja de cables con uniones	Bandejas de cables: Bandeja de cables con uniones: A través de bandeja de cables
	PB Muros y abiques	Conflicto20	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 271954	Hormigón enlucido	Sólido	<i>ID de elemento</i> : 1575460	Bandeja de cables con uniones	Bandejas de cables: Bandeja de cables con uniones: A través de bandeja de cables
	°B Muros y abiques	Conflicto7	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 455065	Enlucido - Blanco	Sólido	ID de elemento: 1667964	Bandeja de cables con uniones	Bandejas de cables: Bandeja de cables con uniones: Bandeja de cables de escalera
	PB Muros y abiques	Conflicto35	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 455133	Enlucido - Blanco	Sólido	<i>ID de elemento:</i> 2283337	Bandeja de cables con uniones	Bandejas de cables: Bandeja de cables con uniones: Bandeja de cables de escalera
P ₁ tc	°B Muros y abiques	Conflicto36	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 455133	Enlucido - Blanco	Sólido	<i>ID de elemento</i> : 1698830	Bandeja de cables con uniones	Bandejas de cables: Bandeja de cables con uniones: Bandeja de cables de escalera
Pilto	PB Muros y abiques	Conflicto51	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 455065	Enlucido - Blanco	Sólido	<i>ID de elemento:</i> 2512710	Conducto redondo	Conductos: Conducto redondo: Grifos
	'B Muros y abiques	Conflicto55	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 597063	Enlucido - Blanco	Sólido	ID de elemento: 1572899	Bandeja de cables con uniones	Bandejas de cables: Bandeja de cables con uniones: Bandeja de cables de escalera
Pi to	PB Muros y abiques	Conflicto71	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 1369778	Muro por defecto	Sólido			
	°B Muros y abiques	Conflicto116	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 455133	Enlucido - Blanco	Sólido	<i>ID de elemento:</i> 1685962	Bandeja de cables con uniones	Bandejas de cables: Bandeja de cables con uniones: Bandeja de cables de escalera

PB Muros y tabiques	Conflicto117	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 455065	Enlucido - Blanco	Sólido	ID de elemento: 1685646	Bandeja de cables con uniones	Bandejas de cables: Bandeja de cables con uniones: Bandeja de cables de escalera
PB Muros y tabiques	Conflicto120	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 458646	Muro por defecto	Sólido	ID de elemento: 2470044	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
PB Muros y tabiques	Conflicto150	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 455133	Enlucido - Blanco	Sólido	ID de elemento: 1685878	1	Uniones de bandeja de cables
PB Muros y tabiques	Conflicto158	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 455133	Enlucido - Blanco	Sólido	ID de elemento: 1762803	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: Estándar
	P1 Muros y tabiques 2	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 1340190	Hormigón enlucido	Sólido	ID de elemento: 1573016	Bandeja de cables con uniones	Bandejas de cables: Bandeja de cables con uniones: A través de bandeja de cables
P1 Muros y tabiques 2	Conflicto161	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 189311	Muro básico	Muros: Muro básico: hormigon 16 cm	ID de elemento: 2617921	Aislamiento de tubería	Aislamientos de tubería: Aislamiento de tubería: Aislamiento exterior
P1 Muros y tabiques 2	Conflicto104	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 189311	Muro básico	Muros: Muro básico: hormigon 16 cm	ID de elemento: 1766496	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: Estándar
P1 Muros y tabiques 2	Conflicto82	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 189631	Muro básico	Muros: Muro básico: hormigon 16 cm	ID de elemento: 1932162	Conducto redondo	Conductos: Conducto redondo: Grifos
P1 Muros y tabiques 2	Conflicto81	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 189631	Muro básico	Muros: Muro básico: hormigon 16 cm	ID de elemento: 2653509	Conducto redondo	Conductos: Conducto redondo: Grifos
P1 Muros y tabiques 2	Conflicto78	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 189311	Muro básico	Muros: Muro básico: hormigon 16 cm	ID de elemento: 2731648	45 grados	Uniones de conducto
P1 Muros y tabiques 2	Conflicto15	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 1340190	Hormigón enlucido	Sólido	ID de elemento: 1573016	Bandeja de cables con uniones	Bandejas de cables: Bandeja de cables con uniones: A través de bandeja de cables
P1 Muros y tabiques 2	Conflicto26	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 1340190	Hormigón enlucido	Sólido	ID de elemento: 1693680	Bandeja de cables con uniones	Bandejas de cables: Bandeja de cables con

										uniones: A través de bandeja de cables
	P1 Muros y tabiques 2	Conflicto27	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 610651	Enlucido - Blanco	Sólido	ID de elemento: 2283840	Bandeja de cables con uniones	Bandejas de cables: Bandeja de cables con uniones: A través de bandeja de cables
	P1 Muros y tabiques 2	Conflicto29	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 1340190	Hormigón enlucido	Sólido	ID de elemento: 2395296	Conducto redondo	Conductos: Conducto redondo: Grifos
80	P1 Muros y tabiques 2	Conflicto45	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 1340190	Hormigón enlucido	Sólido	ID de elemento: 2299009	Conducto redondo	Conductos: Conducto redondo: Grifos
	P1 Muros y tabiques 2	Conflicto64	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 244776	Muro básico	Muros: Muro básico: hormigon 16 cm	ID de elemento: 2731467	45 grados	Uniones de conducto
	P1 Muros y tabiques 2	Conflicto66	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 1371009	Muro por defecto	Sólido	ID de elemento: 2205012	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	P1 Muros y tabiques 2	Conflicto80	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 610651	Enlucido - Blanco	Sólido	ID de elemento: 2234435	Aislamiento de tubería	Aislamientos de tubería: Aislamiento de tubería: Aislamiento exterior
	P1 Muros y tabiques 2	Conflicto102	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 610641	Muro por defecto	Sólido	ID de elemento: 2202914	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	P1 Muros y tabiques 2	Conflicto139	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 1371009	Enlucido - Blanco	Sólido	ID de elemento: 2280887	Bandeja de cables con uniones	Bandejas de cables: Bandeja de cables con uniones: Bandeja de cables de escalera
		P1 Forjado	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 476138	Suelo	Suelos: Suelo: acabado madera	ID de elemento: 2205012	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	P1 Forjado	Conflicto134	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 546780	PP20CA W120	Armazón estructural	ID de elemento: 1405420	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	P1 Forjado	Conflicto132	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 546784	PP20CA W120	Armazón estructural	ID de elemento: 1074386	Estandar	Aparatos sanitarios
0:///0.// looro/inc	P1 Forjado	Conflicto130	2020/5/18 12:17	lo Máster EC	ID de elemento: 546786	PP20CA W120	Armazón estructural	ID de elemento: 2517960	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de

19/5/2020

								tubería: PVC - DWV
P1 Forjado	Conflicto129	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 546786	PP20CA W120	Armazón estructural	ID de elemento: 1531513	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
P1 Forjado	Conflicto128	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 546782	PP20CA W120	Armazón estructural	ID de elemento: 1428522	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
P1 Forjado	Conflicto119	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 546784	PP20CA W120	Armazón estructural	ID de elemento: 1074335	Estandar	Aparatos sanitarios
P1 Forjado	Conflicto118	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 546786	PP20CA W120	Armazón estructural	ID de elemento: 1074358	Estandar	Aparatos sanitarios
P1 Forjado	Conflicto65	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 546778	PP20CA W120	Armazón estructural	ID de elemento: 1698524	Bandeja de cables con uniones	Bandejas de cables: Bandeja de cables con uniones: Bandeja de cables de escalera
P1 Forjado	Conflicto41	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 546780	PP20CA W120	Armazón estructural	ID de elemento: 2205012	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
P1 Forjado	Conflicto34	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 476138	Suelo	Suelos: Suelo: acabado madera	ID de elemento: 2205012	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
P1 Forjado	Conflicto121	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 476138	Suelo	Suelos: Suelo: acabado madera	ID de elemento: 2577744	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
P1 Forjado	Conflicto124	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 476138	Suelo	Suelos: Suelo: acabado madera	ID de elemento: 1405420	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
P1 Forjado	Conflicto131	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 476138	Suelo	Suelos: Suelo: acabado madera	ID de elemento: 2471895	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
P1 Forjado	Conflicto140	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 476138	Suelo	Suelos: Suelo: acabado madera	ID de elemento: 1698524	Bandeja de cables con uniones	Bandejas de cables: Bandeja de cables con uniones: Bandeja de cables de escalera
	Compacto decantador	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 1246257	Hormigón - Hormigón	Sólido	ID de elemento: 2270822	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de

19/5/2020

			-		moldeado in situ				tubería: PVC - DWV
Compacto decantador	Conflicto50	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 1246257	Hormigón - Hormigón moldeado in situ	Sólido	ID de elemento: 2270822	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	PB Falso Techo	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 626143	Techo compuesto	Techos: Techo compuesto: Falso techo 2 de placa de yeso laminado	ID de elemento: 1571305	Aislamiento de tubería	Aislamientos de tubería: Aislamiento de tubería: Aislamiento exterior
PB Falso Techo	Conflicto72	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 626143	Techo compuesto	Techos: Techo compuesto: Falso techo 2 de placa de yeso laminado	ID de elemento: 1571305	Aislamiento de tubería	Aislamientos de tubería: Aislamiento de tubería: Aislamiento exterior
PB Falso Techo	Conflicto87	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 626143	Techo compuesto	Techos: Techo compuesto: Falso techo 2 de placa de yeso laminado	ID de elemento: 2230572	Aislamiento de tubería	Aislamientos de tubería: Aislamiento de tubería: Aislamiento exterior
PB Falso Techo	Conflicto91	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 626143	Techo compuesto	Techos: Techo compuesto: Falso techo 2 de placa de yeso laminado	ID de elemento: 2470044	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
PB Falso Techo	Conflicto100	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 626143	Techo compuesto	Techos: Techo compuesto: Falso techo 2 de placa de yeso laminado	ID de elemento: 2231992	Aislamiento de tubería	Aislamientos de tubería: Aislamiento de tubería: Aislamiento exterior
PB Falso Techo	Conflicto103	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 626143	Techo compuesto	Techos: Techo compuesto: Falso techo 2 de placa de yeso laminado	ID de elemento: 2276496	Aislamiento de tubería	Aislamientos de tubería: Aislamiento de tubería: Aislamiento exterior
PB Falso Techo	Conflicto142	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 627618	Techo compuesto	Techos: Techo compuesto: Falso techo 2 de placa de yeso laminado 3	ID de elemento: 1699837	Bandeja de cables con uniones	Bandejas de cables: Bandeja de cables con uniones: Bandeja de cables de escalera
PB Falso Techo	Conflicto144	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 627618	Techo compuesto	Techos: Techo compuesto: Falso techo 2 de placa de yeso laminado 3	ID de elemento: 1698524	Bandeja de cables con uniones	Bandejas de cables: Bandeja de cables con uniones: Bandeja de cables de escalera
	P1 Falso techo	2020/5/18 12:17		ID de elemento:	Techo compuesto	Techos: Techo	ID de elemento:	Aislamiento de tubería	Aislamientos de tubería:

19/5/2020

				844700		compuesto: Falso techo 2 de placa de yeso laminado	1442672		Aislamiento de tubería: Aislamiento exterior
P1 Falso techo	Conflicto75	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 844700	Techo compuesto	Techos: Techo compuesto: Falso techo 2 de placa de yeso laminado	ID de elemento: 1442672	Aislamiento de tubería	Aislamientos de tubería: Aislamiento de tubería: Aislamiento exterior
P1 Falso techo	Conflicto84	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 844700	Techo compuesto	Techos: Techo compuesto: Falso techo 2 de placa de yeso laminado	ID de elemento: 1442681	Aislamiento de tubería	Aislamientos de tubería: Aislamiento de tubería: Aislamiento exterior
P1 Falso techo	Conflicto86	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 844700	Techo compuesto	Techos: Techo compuesto: Falso techo 2 de placa de yeso laminado	ID de elemento: 1442673	Aislamiento de tubería	Aislamientos de tubería: Aislamiento de tubería: Aislamiento exterior
P1 Falso techo	Conflicto88	2020/5/18 12:17		<i>ID de elemento:</i> 844700	Techo compuesto	Techos: Techo compuesto: Falso techo 2 de placa de yeso laminado	ID de elemento: 2202914	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
P1 Falso techo	Conflicto92	2020/5/18 12:17		<i>ID de elemento:</i> 844700	Techo compuesto	Techos: Techo compuesto: Falso techo 2 de placa de yeso laminado	<i>ID de elemento:</i> 2277951	Aislamiento de tubería	Aislamientos de tubería: Aislamiento de tubería: Aislamiento exterior
P1 Falso techo	Conflicto148	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 844700	Techo compuesto	Techos: Techo compuesto: Falso techo 2 de placa de yeso laminado	ID de elemento: 1693613	Bandeja de cables con uniones	Bandejas de cables: Bandeja de cables con uniones: Bandeja de cables de escalera
P1 Falso techo	Conflicto162	2020/5/18 12:17		<i>ID de elemento:</i> 844700	Techo compuesto	Techos: Techo compuesto: Falso techo 2 de placa de yeso laminado	<i>ID de elemento</i> : 2278001	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: Estándar
	Ascensor	2020/5/18 12:17	Fabricante Ascensor	ID de elemento: 592416	Suelos por defecto	Sólido	ID de elemento: 1354609	2500 Front	Equipos especializados
Ascensor	Conflicto3	2020/5/18 12:17	Fabricante Ascensor	ID de elemento: 592416	Suelos por defecto	Sólido	ID de elemento: 1354609	2500 Front	Equipos especializados
Ascensor	Conflicto4	2020/5/18 12:17	Fabricante Ascensor	ID de elemento: 1398328	Plataforma	Plataformas: Plataforma: 300 mm	ID de elemento: 1354609	2500 Front	Equipos especializados

	Ascensor	Conflicto79	2020/5/18 12:17	Fabricante Ascensor	ID de elemento: 882261	Hormigón enlucido	Sólido	ID de elemento: 1354609	2500 Front	Equipos especializados
	Ascensor	Conflicto107	2020/5/18 12:17	Fabricante Ascensor	ID de elemento: 175217	IPE-Vigas	Armazón estructural: IPE-Vigas: IPE240	ID de elemento: 1354609	2500 Front	Equipos especializados
	Ascensor	Conflicto77	2020/5/18 12:17	Fabricante Ascensor	ID de elemento: 181220	Hormigón- Viga rectangular	Armazón estructural: Hormigón- Viga rectangular: 400 x 400 mm 2	<i>ID de elemento</i> : 1354609	2500 Front	Equipos especializados
		Estructura	2020/5/18 12:17	Estructurista	ID de elemento: 336283	seccion hueca rectangular	Armazón estructural	ID de elemento: 2540596	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: Estándar
X	Estructura	Conflicto153	2020/5/18 12:17	Estructurista	ID de elemento: 176023	IPE-Vigas	Armazón estructural: IPE-Vigas: IPE330	ID de elemento: 1694078	Bandeja de cables con uniones	Bandejas de cables: Bandeja de cables con uniones: A través de bandeja de cables
	Estructura	Conflicto152	2020/5/18 12:17	Estructurista	ID de elemento: 176641	IPE-Vigas	Armazón estructural: IPE-Vigas: IPE330	<i>ID de elemento</i> : 1694035	Bandeja de cables con uniones	Bandejas de cables: Bandeja de cables con uniones: A través de bandeja de cables
	Estructura	Conflicto93	2020/5/18 12:17	Estructurista	ID de elemento: 181220	Hormigón- Viga rectangular	Armazón estructural: Hormigón- Viga rectangular: 400 x 400 mm 2		1	
	Estructura	Conflicto89	2020/5/18 12:17	Estructurista	ID de elemento: 336283	seccion hueca rectangular	Armazón estructural	ID de elemento: 2540596	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: Estándar
	Estructura	Conflicto94	2020/5/18 12:17	Estructurista	ID de elemento: 336283	seccion hueca rectangular	Armazón estructural	ID de elemento: 2547715	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: Estándar
	Estructura	Conflicto95	2020/5/18 12:17	Estructurista	ID de elemento: 337294	seccion hueca rectangular	Armazón estructural	ID de elemento: 2540552	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: Estándar
	Estructura	Conflicto97	2020/5/18 12:17	Estructurista	ID de elemento: 337294	seccion hueca rectangular	Armazón estructural	ID de elemento: 2570523	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: Estándar
		Mobiliario	2020/5/18 12:17		ID de elemento: 1364151	MOBILIARIO - Estantería - IKEA BILLY	Mobiliario	ID de elemento: 1685962	Bandeja de cables con uniones	Bandejas de cables: Bandeja de cables con uniones:

								Bandeja de cables de escalera
Mobiliario	Conflicto159	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 703350	Cerrado - 1500 x 660 mm	Mobiliario	ID de elemento: 1692463	Bandeja de cables con uniones	Bandejas de cables: Bandeja de cables con uniones: Bandeja de cables de escalera
Mobiliario	Conflicto113	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 1367553	00_Acristalado	Paneles de muro cortina	<i>ID de elemento</i> : 1693240	Bandeja de cables con uniones	Bandejas de cables: Bandeja de cables con uniones: Bandeja de cables de escalera
Mobiliario	Conflicto112	2020/5/18 12:17	ID de elemento: 1364151	MOBILIARIO - Estantería - IKEA BILLY	Mobiliario	ID de elemento: 1685962	Bandeja de cables con uniones	Bandejas de cables: Bandeja de cables con uniones: Bandeja de cables de escalera

DOCUMENTO Nº3: PLANOS
















- Aguas residuales

Ľ u ETSI UNIVERSIDAD DE SEVILLA



UNIDADES DE DESAGÜE



<u>Nº DE PLANO:</u> 07

Esquema de caudales saneamiento



ETSI

UNIVERSIDAD DE SEVILLA

- La red de ACS irá aislada por medio de coquillas de espuma de caucho sintético, espesores mínimos de 25 cm.

AXONOMETRÍA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA BIM PARA EL CÁLCULO Y DISEÑO DE INSTALACIONES DE UNA NAVE INDUSTRIAL ESCALA: 1:100 Nº DE PLANO: 08 Abastecimiento AFS ACS







PLANTA PRIMERA









LEYENDA DE CLIMATIZACIÓN

Unidad exterior condensadora

Unidad interior evaporadora

Equipos de ventilación tipo cassette R32. Unidades con capacidad de refrgeración de 2.5 kW y 5 kW.







PLANTA BAJA



PLANTA PRIMERA

CAUDAL DE VENTILACIÓN





ESCALA: 1:100

<u>Nº DE PLANO:</u> 13

Esquema de caudales ventilación





Protección Contra Incendios

















Almacén













<u>Nº DE PLANO:</u> 20

Imágenes arquitectura



Baño





Ventilador lineal

Grupo de presión





APLIC	APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA BI INSTALACIONES DE UI		
AUTOR: Fernando (Gómez Lucena	nez Lucena	
TUTOR: Emilio Romero Rueda			
FECHA: Diciembre 2019		9	
u S	ETSI UNIVERSI	DAD DE SEVILLA	

Instalaciones sobre Aseo



Saneamiento enterrado

M PARA EL CÁLCULO Y DISEÑO DE NA NAVE INDUSTRIAL

<u>A:</u> -

<u>Nº DE PLANO:</u> 21

Imágenes instalaciones