UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE INSTALACIONES DE FLUIDOS EN RESIDENCIA UNIVERSITARIA. COMPARATIVA DE MÉTODOS DE CÁLCULO EN SECTOR TERCIARIO.

TRABAJO FIN DE GRADO

Diciembre-2025

AUTORA: María Cantos Murcia

DIRECTORES: Javier Ruiz Ramírez

Javier Molina González

ÍNDICE

1.INTRODUCCIÓN AL PROYECTO.....17
1.1.INTRODUCCIÓN..... 17
1.2.ANTECEDENTES Y OBJETIVOS.....18
1.2.1.LIMITACIONES Y CONTRADICCIONES TÉCNICAS EN EL DB HS3, HS4 y HS5..... 20
1.2.1.1.CALIDAD DEL AIRE INTERIOR (DB HS3)..... 20
1.2.1.1.1.CAUDALES GENÉRICOS FRENTE A CARGAS CONTAMINANTES REALES.....21
1.2.1.1.1.FORMULACIONES TEÓRICAS POCO APLICABLES EN MÉTODOS DE CÁLCULO DEL RITE.....21
1.2.1.2.SUMINISTRO DE AGUA (DB HS4)..... 23
1.2.1.2.1.FALTA DE CONCRECIÓN DE MÉTODOS DE CÁLCULO DE CAUDAL SIMULTÁNEO..... 23
1.2.1.2.2. CONTRADICCIÓN EN RELACIÓN DE CAUDALES, DIÁMETROS MÍNIMOS Y VELOCIDADES.....27
1.2.1.2.3. LIMITACIÓN EN EL CÁLCULO Y NÚMERO DE BOMBAS.. 27
1.2.1.2.4. DESCONOCIMIENTO DEL VOLÚMEN MÍNIMO DE AGUA EN EL CÁLCULO DE VOLUMEN DEL DEPÓSITO DE PRESIÓN..... 28
1.2.1.2.5.ANÁLISIS GLOBAL..... 29
1.2.1.3.EVACUACIÓN DE AGUAS (DB HS5)..... 30
1.2.1.3.1.UNIDADES DE DESAGÜE COMO MÉTODO DE DIMENSIONADO DE TUBERÍAS.....30
1.2.1.3.2.CRITERIOS EXIGIDOS POR LA NORMATIVA DIFÍCILMENTE CUANTIFICABLES SIN EL USO DE FÓRMULAS.....31
1.3.OBJETIVOS DEL PROYECTO..... 34
2.METODOLOGÍA.....37
2.1. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO OBJETO DE ESTUDIO.....37
2.2. ECUACIONES DE CÁLCULO.....40
2.2.1. ECUACIÓN DE CONSERVACIÓN DE LA MASA.....40
2.2.2. ECUACIÓN DE LA CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA MECÁNICA..... 42
2.2.3. ECUACIÓN DE DARCY-WEISBACH..... 43
2.2.4. CARACTERIZACIÓN..... 48
2.2.4.1.FLUJO INCOMPRESIBLE A PRESIÓN..... 48
2.2.4.1.1.HIDRÁULICA..... 48
2.2.4.1.1.VENTILACIÓN.....50
2.2.4.2.FLUJO INCOMPRESIBLE EN LÁMINA LIBRE.....51
2.3. MÉTODOS DE CÁLCULO..... 54

2.3.1. CÁLCULO DE CAUDALES..... 54
2.3.1.1. MÉTODO RACIONAL SIMPLIFICADO..... 56
2.3.1.2. MÉTODO UNE 149201:2017.....57
2.3.2. CÁLCULO DE DIÁMETROS..... 59
2.3.2.1. INSTALACIONES A PRESIÓN (FONTANERÍA Y VENTILACIÓN)..... 59
2.3.2.2. INSTALACIONES EN LÁMINA LIBRE (SANEAMIENTO).....61
TUBERÍAS HORIZONTALES.....61
TUBERÍAS VERTICALES.....66
2.3.3. CÁLCULO DE PRESIONES.....66
2.3.4. DIMENSIONADO MEDIANTE SOFTWARE INFORMÁTICO.....67
3. DISEÑO Y DIMENSIONADO DE LA RED DE FONTANERÍA.....69
3.1. CONFIGURACIÓN DE RED..... 69
3.2. TRAZADO DE LA RED..... 69
3.3. MATERIALES.....72
3.4. CRITERIOS DE DISEÑO.....73
3.5. CÁLCULO DE CAUDALES.....74
3.6. CÁLCULO DE DIÁMETROS.....79
3.7.CÁLCULO DE PRESIONES..... 82
3.8. SELECCIÓN DE EQUIPOS..... 86
3.8.1.CONTADOR.....86
3.8.2.SISTEMA DE SOBREELEVACIÓN..... 87
3.8.2.1.DEPÓSITO AUXILIAR.....87
3.8.2.2.SISTEMA DE BOMBEO.....88
3.8.2.3.DEPÓSITO DE PRESIÓN O CALDERÍN.....90
3.9. SOBREPRESIÓN Y ALIMENTACIÓN DIRECTA CON PRESIÓN DE RED.....92
3.10.DISEÑO CON LA HERRAMIENTA CYPE.....94
3.10.1.CONFIGURACIÓN PREVIA..... 94
3.10.1.RESULTADOS..... 100
3.11.COMPARACIÓN DE MÉTODOS.....101
4. DISEÑO Y DIMENSIONADO DE LA RED DE SANEAMIENTO..... 107
4.1.CONFIGURACIÓN DE RED..... 107
4.1.1. AGUAS RESIDUALES.....109
4.1.1.1. CIERRES HIDRÁULICOS..... 109
4.1.1.2.REDES DE PEQUEÑA EVACUACIÓN..... 110
4.1.1.3. BAJANTES..... 110
4.1.1.4. COLECTORES..... 111

4.1.1.5.ELEMENTOS DE CONEXIÓN..... 111
4.1.2. AGUAS PLUVIALES..... 112
4.1.3. ACOMETIDA..... 112
4.1.4. VENTILACIÓN..... 113
4.1.5. SISTEMA DE BOMBEO Y ELEVACIÓN..... 113
4.2.MATERIALES..... 114
4.3.CRITERIOS DE DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO..... 115
4.3.1.CÁLCULO DE CAUDALES..... 115
4.3.1.1.AGUAS RESIDUALES.....115
4.3.1.2.AGUAS PLUVIALES.....118
4.3.2. DIMENSIONADO DE LAS TUBERÍAS Y CÁLCULO DE LOS DIÁMETROS.....120
4.3.2.1.TUBERÍAS HORIZONTALES..... 120
4.3.2.1.1.RED DE PEQUEÑA EVACUACIÓN DE AGUA RESIDUAL..... 121
4.3.2.1.2.COLECTORES DE AGUA RESIDUAL..... 130
4.3.2.1.3.RED DE PLUVIALES..... 131
4.3.2.2.TUBERÍAS VERTICALES..... 131
4.3.2.DIÁMETROS MÍNIMOS..... 133
4.3.3.DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE BOMBEO Y ELEVACIÓN.134
4.3.3.1.CÁLCULO DE LA BOMBA DE ELEVACIÓN..... 134
4.3.3.2.DIMENSIONADO DEL DEPÓSITO DE RECEPCIÓN.....136
4.4.DISEÑO CON LA HERRAMIENTA CYPE.....137
4.4.1.CONFIGURACIÓN PREVIA..... 137
4.4.2.RESULTADOS..... 144
4.5.COMPARACIÓN DE MÉTODOS..... 145
4.5.1.COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODO POR TABLAS (UD) Y EL MÉTODO A TRAVÉS DE FÓRMULAS.....146
4.5.2.COMPARACIÓN ENTRE UN EDIFICIO DE VIVIENDAS Y UN EDIFICIO DE HOTEL EN EL MÉTODO RACIONAL SIMPLIFICADO..150
4.5.3.COMPARACIÓN ENTRE EL MÉTODO RACIONAL SIMPLIFICADO Y EL MÉTODO ESTABLECIDO POR LA NORMA UNE 149201:2017..... 155
4.5.4.COMPARATIVA ENTRE EL MÉTODO RACIONAL SIMPLIFICADO, NORMA UNE EN 12056 Y HARMON.....160
5.DISEÑO Y DIMENSIONADO DE LA RED DE VENTILACIÓN..... 166
5.1.ÁMBITO DE APLICACIÓN..... 166
5.2.CONFIGURACIÓN DE RED..... 167

5.2.1.EDIFICIO PRINCIPAL....169
5.2.2.GARAJE....170
5.2.3.COCINA....171
5.3.TRATAMIENTO DE LA VENTILACIÓN....172
5.4.MATERIALES....172
5.5.FILTRACIÓN DEL AIRE EXTERIOR....176
5.6.CRITERIOS DE DISEÑO Y DIMENSIONADO DE LA PLANTA BAJA Y PRIMERA....177
5.6.1.CÁLCULO DE CAUDALES....177
5.6.1.1.INSTALACIÓN DE LA PLANTA BAJA Y PRIMERA....177
5.6.1.1.INSTALACIÓN DEL GARAJE....181
5.6.1.3.EXTRACCIÓN ESPECÍFICA EN LAS COCINAS....182
5.6.2.DIMENSIONADO DE LAS ABERTURAS DE VENTILACIÓN....182
5.6.3.DIMENSIONADO DE LOS CONDUCTOS....184
5.6.4.CÁLCULO DE PRESIONES....185
5.6.5.CÁLCULO DE EQUIPOS....186
5.6.5.1.RECUPERADOR DE CALOR DE LA INSTALACIÓN PRINCIPAL....187
5.6.5.2.VENTILADOR DE LA RED DE ADMISIÓN DEL GARAJE. 190
5.6.5.3.VENTILADOR DE LA RED DE EXTRACCIÓN DEL GARAJE.. 191
5.6.5.5.VENTILADOR 2 DE LA RED DE EXTRACCIÓN DE LA COCINA....194
5.7.DISEÑO CON LA HERRAMIENTA CYPE....195
5.7.1.CONFIGURACIÓN PREVIA....195
5.7.2.RESULTADOS....199
5.8.COMPARACIÓN DE MÉTODOS....204
6.CONCLUSIONES....213
6.1.INSTALACIÓN DE FONTANERÍA....214
6.2.INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO....215
6.3.INSTALACIÓN DE VENTILACIÓN....216
6.4.ANÁLISIS GLOBAL....217
7.BIBLIOGRAFÍA....218
PLANOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Método empírico para el cálculo del Caudal Simultáneo……24
Ilustración 2: Método probabilístico de Hunter para la obtención de caudales simultáneos……...…25
Ilustración 3: Cálculo de las bombas del DB HS 4……...28
Ilustración 4: Plano del garaje de la residencia de estudiantes…….37
Ilustración 5: Plano de la planta baja de la residencia de estudiantes…….38
Ilustración 6: Plano de la planta primera de la residencia de estudiantes…...39
Ilustración 7: Plano de la cubierta de la residencia de estudiantes……..39
Ilustración 8: Definición de la ecuación de conservación de la energía mecánica……..41
Ilustración 9: Definición de un tramo para la ecuación de conservación de la energía…….....…...42
Ilustración 10: Comparativa de un flujo laminar con un flujo turbulento……. 45
Ilustración 11: Diagrama de Moody……...……46
Ilustración 12: Definición de un tramo en una instalación de ventilación…...50
Ilustración 13: Tramo recto de tubería con pendiente……52
Ilustración 14: Área transversal de una tubería vertical en la instalación de saneamiento……53
Ilustración 15: Representación gráfica del factor α del método racional simplificado según la tipología de edificio……..……...…..…57
Ilustración 16: Expresiones para obtener el caudal simultáneo según el tipo de edificación……..…….....57
Ilustración 17: Curvas de Thormann-Franke……..……..…64
Ilustración 18: Trazado de la red de fontanería en la planta baja……..…70
Ilustración 19: Trazado de la red de fontanería en el garaje……....70
Ilustración 20: Trazado de la red de fontanería en la primera planta……...71
Ilustración 21: Especificaciones técnicas del fabricante de la tubería aquatherm green pipe serie 5 / SDR 11……..73

Ilustración 22: Caudal instantáneo mínimo requerido por el HS4 para una instalación de fontanería……74
Ilustración 23: Diámetros mínimos de derivaciones a los aparatos según el HS4……82
Ilustración 24: Diámetros mínimos de alimentación según el HS4……82
Ilustración 25: Contador Gama Máraton World R100 ……..…86
Ilustración 26: Datos técnicos del contador Gama Máraton World R100…....86
Ilustración 27: Menú de opciones generales de cypeplumbing water systems ……....94
Ilustración 28: Opciones de cálculo de cypeplumbing water systems……..95
Ilustración 29: Comprobaciones generales de cypeplumbing water systems.96
Ilustración 30: Opciones de dimensionamiento de cypeplumbing water systems ……....97
Ilustración 31: Menú de selección de materiales y equipos de cypeplumbing ……..……..97
Ilustración 32: Catálogo de tuberías de cypeplumbing water systems……....98
Ilustración 33: Menú de opciones de dimensionamiento y comprobaciones a realizar de cypeplumbing……..…98
Ilustración 34: Características de cada tipo de tubería en cypeplumbing water systems……..…….99
Ilustración 35: Selección del método de simultaneidad en cypeplumbing water systems……..……99
Ilustración 36: Representación gráfica del caudal simultáneo de dos métodos de simultaneidad para dos casuísticas en la instalación de fontanería……..104
Ilustración 37: Representación gráfica del diámetro interior comercial de dos métodos de simultaneidad para dos casuísticas en la instalación de fontanería ……105
Ilustración 38: Representación gráfica de la pendiente hidráulica de dos métodos de simultaneidad para dos casuísticas en la instalación de fontanería ……...……..106

Ilustración 39: Trazado de la red de saneamiento en la cubierta……..107
Ilustración 40: Trazado de la red de saneamiento en la primera planta……108
Ilustración 41: Trazado de la red de saneamiento en la planta baja ..……..108
Ilustración 42: Trazado de la red de saneamiento en el garaje…….……109
Ilustración 43: Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas…….…..118
Ilustración 44: Intensidad pluviométrica…….……119
Ilustración 45: Red de pequeña evacuación de la habitación 1 y 2……..122
Ilustración 46: Red de pequeña evacuación de la habitación 3……123
Ilustración 47: Red de pequeña evacuación del fregadero de la habitación 4 ……...124
Ilustración 48: Red de pequeña evacuación del baño de la habitación 4 y el fregadero de la 5……...…...124
Ilustración 49: Red de pequeña evacuación de la habitación 5 y 6…..……..125
Ilustración 50: Red de pequeña evacuación del baño de la habitación 7 y del fregadero de la 6…….....126
Ilustración 51: Red de pequeña evacuación del baño de la habitación 8 y 9, y del fregadero de la 7…….……...127
Ilustración 52: Red de pequeña evacuación del baño 1 de la planta baja…128
Ilustración 53: Red de pequeña evacuación del baño 2 de la planta baja....128
Ilustración 54: Red de pequeña evacuación de la cocina de la planta baja..129
Ilustración 55: Diámetros mínimos exigidos en la red de evacuación……....133
Ilustración 56: Menú de opciones generales de cypeplumbing sanitary systems …..……..……138
Ilustración 57: Opciones de cálculo de cypeplumbing sanitary systems…...139
Ilustración 58: Catálogo de tuberías de cypeplumbing sanitary systems…..140
Ilustración 59: Aparatos disponibles en la instalación de saneamiento en cypeplumbing sanitary systems……..……140
Ilustración 60: Características de los aparatos en la instalación de saneamiento en cypeplumbing sanitary systems…….……141

Ilustración 61: Criterios de diseño de los tipos de tuberías en la instalación de saneamiento en cypeplumbing sanitary systems……..……142
Ilustración 62: Accesorios utilizados en la instalación de saneamiento en cypeplumbing sanitary systems……..…143
Ilustración 63: Intensidad pluviométrica en cypeplumbing sanitary systems.143
Ilustración 64: Representación gráfica del diámetro comercial mediante método por fórmulas y por tablas en cypeplumbing sanitary systems…….148
Ilustración 65: Representación gráfica del caudal simultáneo mediante el método racional simplificado para las dos tipologías de edificación en cypeplumbing sanitary systems ……....152
Ilustración 66: Representación gráfica del diámetro comercial mediante el método racional simplificado para las dos tipologías de edificación en cypeplumbing sanitary systems……..153
Ilustración 67: Representación gráfica del nivel de llenado mediante el método racional simplificado para las dos tipologías de edificación en cypeplumbing sanitary systems……153
Ilustración 68: Representación gráfica de la velocidad mediante el método racional simplificado para las dos tipologías de edificación en cype plumbing sanitary systems……154
Ilustración 69: Representación gráfica del caudal simultáneo mediante el método racional simplificado y el método UNE en cypeplumbing sanitary systems……157
Ilustración 70: Representación gráfica del diámetro comercial mediante el método racional simplificado y el método UNE en cypeplumbing sanitary systems……157
Ilustración 71: Representación gráfica del caudal de llenado mediante el método racional simplificado y el método UNE en cypeplumbing sanitary systems……158
Ilustración 72: Representación gráfica de la velocidad mediante el método racional simplificado y el método UNE en cypeplumbing sanitary systems…159

Ilustración 73: Representación gráfica del caudal simultáneo mediante los tres métodos en cypeplumbing sanitary systems……..…162
Ilustración 74: Representación gráfica del diámetro comercial mediante los tres métodos en cypeplumbing sanitary systems……..……..…163
Ilustración 75: Representación gráfica del nivel de llenado mediante los tres métodos en cype plumbing sanitary systems……..…..164
Ilustración 76: Representación gráfica de la velocidad mediante los tres métodos en cypeplumbing sanitary systems……....165
Ilustración 77: Trazado de la red de ventilación en la cubierta……..……167
Ilustración 78: Trazado de la red de ventilación en la primera planta……....168
Ilustración 79: Trazado de la red de ventilación en el garaje……..……168
Ilustración 80: Trazado de la red de ventilación en la planta baja……..…169
Ilustración 81: Conducto Climaver Neto K24424……..…..173
Ilustración 82: Rejilla X-GRILLE Basic del fabricante Trox……..…....174
Ilustración 83: Boca modelo KNT-RML-100 del fabricante Orkli……..…...174
Ilustración 84: Boca redonda del modelo Venecia con TVA del fabricante Zehnder ……..…174
Ilustración 85: Rejilla de intemperie modelo WG del fabricante Trox……175
Ilustración 86: Criterios para el dimensionamiento de los conductos en cypehvac ……..…196
Ilustración 87: Selección del conducto utilizado en cypehvac……....196
Ilustración 88: Selección de las bocas de impulsión y extracción de las habitaciones en cypehvac……...……197
Ilustración 89: Selección de las bocas de impulsión y extracción de la planta baja en cypehvac…….……....197
Ilustración 90: Selección de las rejillas de interior en cypehvac……....198
Ilustración 91: Selección de las rejillas de intemperie en cypehvac……..198
Ilustración 92: Criterios del dimensionado de los conductos en cypehvac para la comparativa……..……..……..…..205

Ilustración 93: Representación gráfica de la comparativa del diámetro equivalente para la instalación de ventilación ……..…..209
Ilustración 94: Representación gráfica de la comparativa de la velocidad para la instalación de ventilación……..…..…211
Ilustración 95: Representación gráfica de la comparativa del pendiente hidráulica para la instalación de ventilación…….……...…211

Biblioteca
UNIVERSITAS Miguel Hernández

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Definición de la cota de cada planta del edificio…..……..40
Tabla 2: Aparatos contenidos en la instalación de fontanería……..75
Tabla 3: Caudales mínimos de cada aparato de la instalación de fontanería según el HS4…….…...…76
Tabla 4: Resumen de los caudales simultáneos del tramo más desfavorable de la instalación de fontanería……..……..78
Tabla 5: Resumen de los diámetros comerciales escogidos en el tramo más desfavorable de la red de fontanería……80
Tabla 6: Diámetros comerciales y sus dimensiones del tipo de tubería escogidos para la instalación de fontanería……..……....81
Tabla 7: Porcentaje de longitud equivalente según el tipo de tubería…...…….84
Tabla 8: Resultados en hoja de cálculo del tramo más desfavorable para la instalación de fontanería a través del método racional simplificado……..85
Tabla 9: Punto de trabajo de la bomba de la instalación de fontanería…..……89
Tabla 10: Resultados de cypeplumbing para la instalación a través del método racional simplificado…….…….……100
Tabla 11: Resultados de cypeplumbing en las cuatro casuísticas de la instalación de fontanería……...…….…..103
Tabla 12: Diámetros comerciales de las tuberías para la instalación de saneamiento……...114
Tabla 13: Caudales para cada tipo de aparatos en un sistema de evacuación de aguas……..115
Tabla 14: Caudales para cada tipo de aparatos en la instalación de saneamiento……...……116
Tabla 15: Resumen del cálculo de los caudales simultáneos de las bajantes de la red de aguas residuales……...……117
Tabla 16: Caudales transportados por cada bajante en la red de agua pluvial…..……119
Tabla 17: Número de sumideros en función de la superficie de cubierta…....120

Tabla 18: Resumen de los cálculos de la red de pequeña evacuación de la habitación 1 y 2……..…122
Tabla 19: Resumen de los cálculos de la red de pequeña evacuación de la habitación 3……...……..…123
Tabla 20: Resumen de los cálculos de la red de pequeña evacuación del fregadero de la habitación 4…….……124
Tabla 21: Resumen de los cálculos de la red de pequeña evacuación del baño de la habitación 4 y el fregadero de la 5……124
Tabla 22: Resumen de los cálculos de la red de pequeña evacuación de la habitación 5 y 6……..…125
Tabla 23: Resumen de los cálculos de la red de pequeña evacuación del baño de la habitación 7 y del fregadero de la 6……..126
Tabla 24: Resumen de los cálculos de la red de pequeña evacuación del baño de la habitación 8 y 9, y del fregadero de la 7……...…127
Tabla 25: Resumen de los cálculos de la red de pequeña evacuación del baño 1 de la planta baja……...……...…128
Tabla 26: Resumen de los cálculos de la red de pequeña evacuación del baño 2 de la planta baja……..…...……129
Tabla 27: Resumen de los cálculos de la red de pequeña evacuación de la cocina de la planta baja……...……129
Tabla 28: Resumen de los cálculos de los colectores de la red de agua residual……..……..……130
Tabla 29: Resumen de los cálculos de la red de pequeña evacuación y de los colectores de la red de agua pluvial……..……131
Tabla 30: Resumen de los cálculos de las bajantes en la red de evacuación de aguas residuales……132
Tabla 31: Resumen de los cálculos de las bajantes en la red de evacuación de aguas pluviales ……..……132
Tabla 32: Resumen de los cálculos de la bomba de elevación de la instalación de saneamiento……..……...……135

Tabla 33: Resultados de cypeplumbing sanitary systems con el método racional simplificado……..……144
Tabla 34: Resultados de cypeplumbing sanitary systems con el método por fórmula y por tablas……...……147
Tabla 35: Resultados de cypeplumbing sanitary systems con el método racional simplificado para las dos tipologías de edificios……150
Tabla 36: Resultados de cypeplumbing sanitary systems con el método racional simplificado y el método UNE……...……155
Tabla 37: Resultados con los tres métodos de cypeplumbing sanitary systems…..……..……160
Tabla 38: Clase mínima de filtración en función de la clasificación del aire exterior e interior……176
Tabla 39: Clasificación de los caudales según la calidad del aire interior en el método A……178
Tabla 40: Resumen de los caudales asignados a cada punto de extracción e impulsión en la red de ventilación mediante el método A……..……179
Tabla 41: Clasificación de los caudales según la calidad del aire interior en el método D ……180
Tabla 42: Resumen de los caudales asignados a cada punto de extracción e impulsión en la red de ventilación mediante el método D……..……180
Tabla 43: Caudales de ventilación mínimos en locales no habitables…...…..181
Tabla 44: Resumen de los caudales asignados a cada punto de extracción e impulsión en la red de ventilación del garaje ……..……..…181
Tabla 45: Área efectiva según el tipo de abertura……...183
Tabla 46: Resumen de las aberturas efectivas en la red de principal del edificio……..……...……184
Tabla 47: Resumen de las aberturas efectivas en el vestíbulo……184
Tabla 48: Resumen de las aberturas efectivas en el garaje……..184
Tabla 49: Resumen del tramo más desfavorable de la red de impulsión en el edificio principal de la instalación de ventilación……..……188

Tabla 50: Resumen del tramo más desfavorable de la red de extracción en el edificio principal de la instalación de ventilación……..……..189
Tabla 51: Necesidades de la red de admisión y extracción de la red del edificio principal……...……190
Tabla 52: Punto de diseño del recuperador de calor……..……190
Tabla 53: Resumen del tramo más desfavorable de la red de impulsión en el garaje de la instalación de ventilación……..……191
Tabla 54: Necesidades de las red de admisión del garaje……..…191
Tabla 55: Resumen del tramo más desfavorable de la red de extracción en el garaje de la instalación de ventilación……..……..…192
Tabla 56: Necesidades de las red de extracción del garaje……..…192
Tabla 57: Resumen del tramo más desfavorable de la red de extracción 1 de la cocina……..……193
Tabla 58: Necesidades de las red de extracción 1 de la cocina……...……193
Tabla 59: Resumen del tramo más desfavorable de la red de extracción 2 de la cocina……..……194
Tabla 60: Necesidades de las red de extracción 2 de la cocina……...195
Tabla 61: Resumen del tramo más desfavorable de la instalación de ventilación ……..…199
Tabla 62: Resumen de los accesorios más desfavorables de la instalación de ventilación……... ..……201
Tabla 63: Comparativa de las necesidades de los equipos en el cálculo mediante excel y cype……..……204
Tabla 64: Comparativa del tramo recto más desfavorable de la instalación de ventilación para ambos criterios……..205
Tabla 65: Comparativa de los accesorios de la instalación de ventilación para ambos criterios……..……207

Biblioteca
UNIVERSITAS Miguel Hernández

1.INTRODUCCIÓN AL PROYECTO

1.1.INTRODUCCIÓN

El presente Trabajo Fin de Grado se centra en el diseño y dimensionado de las instalaciones de fontanería, evacuación de aguas y ventilación de un edificio de uso residencial destinado a estudiantes universitarios. El proyecto se plantea como un caso práctico en el que se aborda de manera integral la configuración de las redes de abastecimiento, saneamiento y ventilación, considerando las particularidades de este tipo de edificaciones no residenciales.

Para llevar a cabo el trabajo se ha partido de la definición arquitectónica y funcional del edificio, analizando la distribución de sus espacios, el número y la tipología de los aparatos sanitarios y las condiciones de suministro disponibles. A partir de estos datos se han aplicado diferentes métodos de cálculo para la determinación de caudales, diámetros y presiones, tanto mediante el uso de herramientas informáticas especializadas (cype) como a través de procedimientos manuales basados en fórmulas y criterios técnicos.

Asimismo, se realiza un análisis comparativo de los métodos normativos y alternativos de dimensionado, mostrando las diferencias en los resultados obtenidos y valorando su adecuación a las necesidades de una residencia de estudiantes.

Con ello, se ofrece una visión global del proceso de diseño, a la vez que se evidencian las implicaciones que conlleva la elección de un método de cálculo u otro, sentando las bases para el análisis crítico y los objetivos que se desarrollan en los apartados siguientes.

1.2.ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

El Documento Básico HS «Salubridad» del CTE se publicó originalmente en 2006 (Real Decreto 314/2006, BOE 28/03/2006) y estableció las exigencias básicas en salubridad para edificios, incluidas las secciones HS 3 (ventilación – calidad del aire interior), HS 4 (suministro de agua) y HS 5 (evacuación de aguas). Desde entonces, el texto de estas secciones apenas ha sufrido cambios sustanciales. En particular:

- DB HS3 (Calidad del aire interior) y Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE): El Documento Básico HS "Salubridad" del Código Técnico de la Edificación (CTE) se publicó originalmente en 2006 (Real Decreto 314/2006) e incluyó las secciones HS3 (ventilación), HS4 (suministro de agua) y HS5 (evacuación de aguas), estableciendo las bases del marco actual de instalaciones en edificación.

  Paralelamente, el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), aprobado por el Real Decreto 1027/2007, vino a complementar ese marco regulando las instalaciones térmicas (calefacción, refrigeración y ventilación) en edificios de uso no residencial o con sistemas centralizados.

  Desde su entrada en vigor, ni el RITE ni el HS3 han experimentado revisiones sustanciales en los criterios de ventilación, más allá de pequeñas actualizaciones de referencias normativas y la inclusión de nuevas definiciones. En el caso del HS3, la reforma de 2017 redujo notablemente los caudales mínimos exigidos, pero el contenido técnico esencial sigue siendo el mismo.

Por su parte, el RITE mantiene desde 2007 la misma estructura y los mismos métodos de cálculo de caudales de aire exterior, sin incorporar avances técnicos o consideraciones sobre control de calidad del aire interior más allá del CO_2 como indicador indirecto.

En conjunto, el marco reglamentario vigente en materia de ventilación y salubridad se mantiene prácticamente inalterado desde su publicación original. Esta falta de evolución normativa ha provocado que persistan ambigüedades y contradicciones.

- DB HS4 (Suministro de agua): Desde su publicación original en 2006, no ha recibido actualizaciones de calado en su contenido técnico. Las únicas modificaciones han sido menores, principalmente la actualización de referencias a normas UNE (p. ej. tuberías, ensayos) en 2017 y 2019 sin cambios en los criterios de diseño o métodos de cálculo básicos. En otras palabras, los procedimientos y tablas de HS4 permanecen esencialmente igual que en 2006, sin incorporar las evoluciones normativas posteriores (por ejemplo, la publicación de la norma UNE 149201:2017 para cálculo de caudales en instalaciones interiores de agua).

- DB HS5 (Evacuación de aguas): De modo similar, se mantiene prácticamente con el mismo contenido técnico desde 2006. No se han introducido cambios significativos en los criterios de dimensionado de tuberías de saneamiento o ventilación, más allá de la actualización puntual de referencias a normas de materiales en 2019. La principal novedad en el ámbito de salubridad del CTE fue la incorporación de la sección HS6 (radón) en 2019, pero esto no afectó al texto de HS5. Por tanto, las disposiciones de HS5 vigentes hoy son esencialmente las mismas que las establecidas en la primera versión del CTE (con

correcciones menores en 2007–2009 y referencias actualizadas en 2019).

En resumen, el marco normativo actual en ventilación, fontanería y saneamiento (HS3, RITE, HS4, HS5) es continuista respecto al originalmente publicado, sin revisiones de fondo en sus métodos de cálculo desde la entrada en vigor inicial o, en el caso de HS3, desde la actualización de 2017. Esto resulta relevante, pues como veremos a continuación, muchas limitaciones y contradicciones técnicas presentes en la normativa original persisten en la normativa vigente, motivando la necesidad de un análisis crítico y la búsqueda de métodos de cálculo alternativos (justificación del presente TFG).

1.2.1.LIMITACIONES Y CONTRADICCIONES TÉCNICAS EN EL DB HS3, HS4 y HS5

A continuación, se desarrolla una crítica técnica de los Documentos Básicos HS3, HS4 y HS5, exponiendo sus principales limitaciones, errores y contradicciones internas. Se incluyen ejemplos concretos de requisitos conflictivos o de difícil cumplimiento, ambigüedades en los métodos de cálculo y criterios confusos de redacción. Esta crítica se fundamenta en la normativa misma (CTE, antiguas NTE, normas UNE) y en la literatura técnica/académica aportada, con el objetivo de evidenciar las deficiencias normativas actuales que contextualizan y justifican los objetivos de este TFG.

1.2.1.1.CALIDAD DEL AIRE INTERIOR (DB HS3)

En el ámbito español, la normativa de ventilación en edificios no residenciales se articula principalmente a través del Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) (especialmente su Instrucción Técnica IT 1.1.4 sobre calidad del aire interior) y del Documento Básico HS3 del Código Técnico de la Edificación (CTE). Ambos establecen criterios de diseño de la ventilación, pero presentan limitaciones y falta de coherencia al

aplicarlos a casos reales complejos. A continuación, se describen algunos de estos problemas normativos, evidenciando la necesidad de una revisión más acorde con las condiciones reales de ventilación en edificios de uso no residencial.

1.2.1.1.1.CAUDALES GENÉRICOS FRENTE A CARGAS CONTAMINANTES REALES.

El RITE fija caudales mínimos de aire exterior de forma genérica, sin distinguir suficientemente la carga contaminante de cada recinto. Por ejemplo, para los locales de servicio (espacios no habitables como aseos, cuartos de basuras, cuartos técnicos, etc.), el RITE exige una extracción mínima de 2 dm^3/s por m^2 de superficie.

Este valor uniforme se aplica por igual a un cuarto de máquinas que a un almacén de residuos, pese a que la naturaleza y magnitud de sus contaminantes difieren notablemente. En la práctica, un cuarto de basuras con fuerte emisión de olores o un recinto técnico con posible emisión de gases/vapores podrían requerir renovaciones de aire muy superiores a las de un aseo convencional; sin embargo, la normativa no ofrece caudales específicos ajustados a esas mayores cargas contaminantes. Este enfoque uniforme simplifica el cálculo, pero evidencia una limitación del RITE: se centra en criterios genéricos de superficie, obviando la contaminación real de cada local.

1.2.1.1.1.FORMULACIONES TEÓRICAS POCO APLICABLES EN MÉTODOS DE CÁLCULO DEL RITE.

El RITE plantea cinco métodos alternativos para calcular el caudal mínimo de aire exterior necesario en un local (IT 1.1.4.2.3). Dichos métodos abarcan: caudal por persona (método indirecto), calidad de aire percibido en el local, concentración de contaminantes (en particular CO_2, como indicador de bioefluentes humanos), caudal por unidad de superficie (para locales sin

ocupación permanente) y método de dilución de contaminantes específicos en el aire. En teoría, el proyectista dispone de múltiples vías de cálculo; no obstante, en la práctica solo se emplean habitualmente dos: el método por caudal de aire por persona y por unidad de superficie. Los otros tres, de carácter más teórico, casi no se aplican por ser inoperativos en condiciones reales de proyecto.

Por un lado, el método de la calidad percibida (decipol) requiere cuantificar la emisión de olf de las personas y materiales, y fijar un nivel de decipols aceptable (según categoría IDA) (datos y conceptos tomados de la investigación, pero no desarrollados en la normativa de forma utilizable por el proyectista medio).

Ni el RITE ni el CTE proporcionan valores de olf para distintas ocupaciones, por lo que el diseñador carece de referencias para aplicar este método más allá de lo académico.

De forma análoga, el método por concentración de contaminantes presenta problemas de aplicación: el RITE únicamente especifica niveles guía de CO_2 para cada categoría de calidad (por ejemplo, 800 ppm para IDA 3) pero no ofrece un procedimiento directo para dimensionar el caudal a partir de esa concentración objetivo. En ausencia de una formulación explícita, dicho método acaba redundando en el de caudal por persona (que implícitamente asegura esos niveles de CO_2 en condiciones estándar). Si se pretendiera aplicar a otros contaminantes (por ejemplo, COVs en un laboratorio), surgiría la falta de referencias normativas sobre concentraciones máximas admisibles de tales sustancias en locales ocupados, así como la dificultad de estimar sus tasas de emisión.

Por último, el método de dilución de contaminantes específicos remite a complejas formulaciones de la norma UNE-EN 13779, implicando un cálculo detallado de balances de masa para cada contaminante conocido. Este enfoque resulta inabordable en la mayoría de proyectos de edificación, donde no se dispone de datos precisos de emisión para cada sustancia ni de software especializado para resolver iterativamente dichas fórmulas.

En consecuencia, el abanico de cinco métodos teóricamente disponibles se reduce de facto a los dos métodos indirectos simplificados (por ocupación o por superficie), que son los únicos respaldados por datos claros en las tablas del RITE. Los restantes permanecen como curiosidades técnicas de escasa transferencia a la práctica proyectual, evidenciando una desconexión entre la teoría normativa y su aplicabilidad real.

1.2.1.2.SUMINISTRO DE AGUA (DB HS4)

A continuación, se describen las limitaciones y contradicciones del DB HS4 en relación a instalaciones de fontanería.

1.2.1.2.1.FALTA DE CONCRECIÓN DE MÉTODOS DE CÁLCULO DE CAUDAL SIMULTÁNEO

Un aspecto fundamental que introduce el DB HS 4 es que el proyectista dispone de un cierto grado de libertad para la elección del método de cálculo a aplicar en el dimensionado de las instalaciones de fontanería. Tal y como se recoge en el apartado 4.2.1 del DB HS4, el Código Técnico de la Edificación establece que "*El dimensionado de los tramos se hará de acuerdo al establecimiento de los coeficientes de simultaneidad de cada tramo de acuerdo con un criterio adecuado".*

En este sentido, en la práctica profesional y docente se emplean distintos métodos, cada uno con fundamentos y aplicaciones diferenciadas. Algunos de estos son:

- Métodos empíricos. Estos métodos establecen, con base en el criterio de un grupo de personas especializadas en el diseño de sistemas hidráulicos, valores de "Probables Demandas Simultáneas", correspondientes a diversas cargas potenciales (*Ilustración 1*).

MUEBLES SANITARIOS	DESCARGA (l.p.m)
Baño privado	18.93
Baño público	30.28
Lavadero	15.14
Lavamanos	7.57
Ducha	7.57
Regadera de 4"	15.14
Regadera de 6"	30.28
Válvulas de fluxómetro*	57.00
* Caudal supuesto	

GASTO TOTAL (l/m)	DEMANDA PROBABLE (l/m)	GASTO TOTAL (l/m)	DEMANDA PROBABLE (l/m)
Hasta 12	100% del máximo posible	318.0	147.6
53.0	49.2	405.0	159.0
60.6	54.9	465.6	170.3
68.1	60.6	537.5	181.7
75.7	66.2	617.0	196.8
87.1	71.9	711.7	212.0
98.4	77.6	817.6	230.9
113.6	85.2	938.8	246.1
132.5	90.8	1082.8	268.8
151.4	98.4	1245.4	291.5
174.1	106.0	1430.9	321.8
200.6	113.6	1646.6	359.6
230.9	121.1	1892.7	393.7
268.8	128.7	Más de 1892.7	20% del máximo posible
306.6	140.1		

Ilustración 1: Método empírico para el cálculo del Caudal Simultáneo

Este método consiste en asignar una serie de caudales a distintos aparatos o estancias en base a una experiencia, y con la sumatoria de todos ellos establece un caudal probable de demanda de la instalación. Este método es bastante anticuado, en la realidad de los proyectos actuales prácticamente se encuentra en desuso, pero el código técnico no prohíbe su utilización.

- Métodos semiempíricos. Estos métodos se basan en parte de experiencia, pero ya están ligados a los caudales mínimos o instalados que se asignan a los distintos consumos de la instalación. Consiste, a groso modo, en sacar el caudal instalado de cada tramo (sumatorio de todos los caudales aguas abajo del mismo) y multiplicar este caudal por un coeficiente de simultaneidad, el cual viene definido por un factor según tipo de edificio. Dentro de estos métodos están:

- Método racional. Este método establece un cálculo del coeficiente de simultaneidad entre las unidades de consumo y el número total de cuartos húmedos totales. Para ello debería existir en la edificación locales húmedos con una similitud en cuanto a las unidades de consumo de cada uno.

- Método racional simplificado. Este método se comporta igual que el método racional, pero únicamente tiene en cuenta el cálculo del valor del coeficiente de simultaneidad, lo cual es más permisivo para distintos tipos de locales húmedos.

- Norma UNE 149201:2017. Es un método donde el caudal simultáneo se obtiene de manera potencial. Este caudal depende del tipo de edificio y del caudal a suministrar.

- Métodos probabilísticos. Estos métodos se basan en la probabilidad de uso de aparatos sanitarios simultáneamente. Este método es válido sobre todo para grandes bloques de viviendas (*Ilustración 2*).

UNIDADES DE DESCARGA, SALIDAS, CAUDALES Y PRESIONES DE APARATOS SANITARIOS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS — FACULTAD DE ARQUITECTURA

Preparado por Arq. E. VINICIO GONZÁLEZ B.

APARATO	TOMAS POR APARATO	USO PRIVADO		USO PUBLICO		PRESION RECOMENDADA		PRESION MINIMA
		UNIDADES HUNTER	CAUDAL Lit./seg.	UNIDADES HUNTER	CAUDAL Lit./seg.	M.C.A.	Kg/cm2	M.C.A.
BAÑERA O TINA	2	3	0.19	4	0.22	10.00	1.00	2.00
BEBEDERO	1	0.5	0.03	1	0.06	3.50	0.35	2.00
BIDET	2	2	0.13	3	0.19	5.00	0.50	2.80
DUCHA	2	2	0.13	3	0.19	10.00	1.00	2.00
INODORO CON FLUXOMETRO	1	6	0.32	10	0.50	10.00	1.00	7.70
INODORO CON TANQUE	1	3	0.19	5	0.25	7.00	0.70	2.80
LAVADERO DE SERVICIO	1	3	0.19	4	0.22	5.00	0.50	2.00
LAVADORA DE PLATOS	2	1	0.06	3	0.19	7.00	0.70	2.80
LAVADORA DE ROPA	2	3	0.19	5	0.25	7.00	0.70	2.80
LAVAMANOS	2	1	0.06	2	0.13	5.00	0.50	2.00
LAVATRASTOS	2	2	0.13	4	0.22	5.00	0.50	2.00
ORINAL CON FLUXOMETRO	1	6	0.32	10	0.50	10.00	1.00	7.70
ORINAL CON LLAVE	1	1	0.06	3	0.19	5.00	0.50	2.00
PILA	1	3	0.19	5	0.25	5.00	0.50	2.00
GRIFO para Manguera de 15 mts.	1	3	0.19	6	0.33	22.00	2.20	17.00

Ilustración 2: Método probabilístico de Hunter para la obtención de caudales simultáneos

Si bien esta libertad de elección de métodos puede interpretarse como una ventaja al ofrecer margen de maniobra al técnico, en realidad constituye una debilidad importante de la normativa. La elección de cualquier método conduce a resultados muy dispares en función del procedimiento adoptado: un mismo edificio puede ser calculado con caudales de diseño muy distintos, generando redes sobredimensionadas en unos casos o, lo que es más grave, instalaciones infradimensionadas incapaces de garantizar las presiones mínimas de servicio exigidas en los puntos de consumo.

Además, existen métodos cuya aplicación resulta inadecuada o incluso incoherente en determinadas tipologías de edificios. El método racional clásico, por ejemplo, requiere unidades de consumo homogéneas y bien definidas, lo que lo hace aplicable a edificios residenciales pero inservible en centros educativos o polideportivos, por ejemplo, donde la variedad de aparatos y patrones de uso es muy amplia. Sin embargo, la normativa no restringe su utilización en estos casos, dejando la responsabilidad del criterio exclusivamente en manos del proyectista.

En consecuencia, puede concluirse que la ausencia de directrices claras por parte del DB HS 4 genera una situación de inseguridad técnica y falta de homogeneidad en el diseño de las instalaciones de fontanería. La posibilidad de aplicar cualquier método sin atender a la tipología del edificio abre la puerta a diseños incoherentes, con repercusiones directas tanto en la eficiencia hidráulica como en la salubridad y confort de los usuarios. Resulta, por tanto, necesario cuestionar esta flexibilidad normativa y promover una actualización que vincule cada tipología edificatoria con los métodos de cálculo más apropiados, garantizando así una base homogénea y fiable en el dimensionado de las redes de fontanería.

1.2.1.2.2. CONTRADICCIÓN EN RELACIÓN DE CAUDALES, DIÁMETROS MÍNIMOS Y VELOCIDADES

Otro aspecto conflictivo es la relación entre los caudales mínimos, los diámetros y las velocidades en tuberías. El HS4 fija recomendaciones de velocidad de diseño: se sugiere elegir diámetros de modo que la velocidad del agua quede entre 0,5 m/s y 2,0 m/s en tuberías metálicas (y hasta 3,5 m/s en plásticas). Este rango busca evitar tanto velocidades demasiado bajas (que favorecen sedimentaciones y estancamiento) como excesivas (que provocan ruido, erosión y golpe de ariete). Sin embargo, cumplir siempre este criterio resulta problemático, especialmente cuando los caudales de cálculo son pequeños. Por ejemplo, para un único lavabo con caudal mínimo ~0,10 l/s, aún empleando el diámetro mínimo comercial (digamos 13–15 mm interiores), la velocidad puede quedar por debajo de 0,5 m/s, contraviniendo la recomendación de HS4. Es común que, al dimensionar redes reales donde muchos tramos alimentan pocos aparatos, las velocidades resulten inferiores a 0,5 m/s en régimen normal (incluso <0,3 m/s), implicando riesgo de estancamiento y tiempos de tirado mayores (agua que tarda en llegar caliente, etc.).

1.2.1.2.3. LIMITACIÓN EN EL CÁLCULO Y NÚMERO DE BOMBAS

El DB HS 4 indica que el dimensionado de los grupos de bombeo debe realizarse a partir del caudal de cálculo y de las presiones de arranque y parada (o consigna en equipos de presión variable), y fija además un número de bombas en función del caudal total del grupo.

El problema aparece cuando el comentario del HS4 introduce dos ideas que, leídas conjuntamente, resultan contradictorias (*Ilustración 3*):

- Por un lado, la propia norma y la práctica calculada distinguen entre bombas operativas y “sin contar la de reserva”, lo que sugiere que los

umbrales de 2/3/4 bombas se refieren a bombas en servicio, dejando la reserva como una decisión aparte.

- Por otro lado, el comentario suele expresarse de forma que el lector puede interpretar que el número final "mínimo dos para ≤10 l/s, tres para ≤30 l/s, etc." ya incluye la reserva, lo que llevaría a soluciones distintas.

1 El cálculo de las bombas se hará en función del caudal y de las presiones de arranque y parada de la/s bomba/s (mínima y máxima respectivamente), siempre que no se instalen bombas de caudal variable. En este segundo caso la presión será función del caudal solicitado en cada momento y siempre constante.

2 El número de bombas a instalar en el caso de un grupo de tipo convencional, excluyendo las de reserva, se determinará en función del caudal total del grupo. Se dispondrán dos bombas para caudales de hasta 10 dm^3/s, tres para caudales de hasta 30 dm^3/s y 4 para más de 30 dm^3/s.

> **Número de bombas**
> Una vez calculado el número de bombas necesarias en función del caudal, se incluyen las bombas de reserva, de forma que el número final de bombas sea como mínimo dos para caudales de hasta 10 dm^3/s, tres para caudales de hasta 30 dm^3/s y 4 para más de 30 dm^3/s.

3 El caudal de las bombas será el máximo simultáneo de la instalación o caudal punta y vendrá fijado por el uso y necesidades de la instalación.

4 La presión mínima o de arranque (Pb) será el resultado de sumar la altura geométrica de aspiración (Ha), la altura geométrica (Hg), la pérdida de carga del circuito (Pc) y la presión residual en el grifo, llave o fluxor (Pr).

Ilustración 3: Cálculo de las bombas del DB HS 4

Esta ambigüedad no es menor: dependiendo de cómo se entienda, un mismo edificio podría proyectarse con dos bombas sin reserva, o con una bomba de funcionamiento y una en reserva, con implicaciones directas en continuidad de servicio, coste, consumo energético y también en el cálculo del calderín, donde algunas metodologías (UNE 100155) solicitan explícitamente el número de bombas instaladas "sin contar la de reserva".

1.2.1.2.4. DESCONOCIMIENTO DEL VOLÚMEN MÍNIMO DE AGUA EN EL CÁLCULO DE VOLUMEN DEL DEPÓSITO DE PRESIÓN

Respecto al cálculo del depósito de presión, indicado en el Apartado 4.5.2.3. del DB HS4, indica la siguiente ecuación para calcular el volumen del depósito:

$$V_n = P_b \cdot V_a / P_a$$

Donde V_a es el volumen mínimo de agua que se exige aportar entre la presión de arranque (mínima) y la presión de parada (máxima), P_b es la presión absoluta mínima y P_a la presión absoluta máxima.

El problema de este cálculo es que el volumen mínimo de agua no está definido. La falta de una definición precisa provoca que distintos proyectistas puedan asignar valores diferentes a V_a, generando resultados de cálculo dispares e incluso contradictorios. Así, el mismo sistema podría dimensionarse con depósitos muy pequeños, que ocasionarían un exceso de arranques y un desgaste prematuro de bombas, o con depósitos desproporcionadamente grandes, lo cual implicaría un sobrecoste económico y de espacio sin una justificación técnica clara.

Es por ello que en los proyectos de redes de fontanería se hace uso de otras metodologías como la Norma UNE 100155:2004. Esta norma calcula el volumen del depósito en función del número máximo de arranques por hora, el número de bombas del servicio, presiones de parada y arranque y el caudal de diseño obtenido para toda la instalación.

1.2.1.2.5.ANÁLISIS GLOBAL

En síntesis, las principales críticas técnicas al HS4 se centran en:

- Falta de un método de cálculo explícito. La normativa no guía suficientemente el dimensionado, dejando huecos que deben llenarse con experiencia o normas no obligatorias.

- Posibles contradicciones internas entre recomendaciones (velocidades) y exigencias (presiones mínimas) que requieren compromiso y no están resueltas por el texto.
- Limitaciones y dudas sobre el cálculo de grupos de elevación, lo que hace recurrir a los proyectistas al uso de otras normas.

1.2.1.3.EVACUACIÓN DE AGUAS (DB HS5)

1.2.1.3.1.UNIDADES DE DESAGÜE COMO MÉTODO DE DIMENSIONADO DE TUBERÍAS

El DB HS 5 asigna a cada aparato sanitario un número de unidades de desagüe (UD) diferenciado por uso privado y uso público, y a partir de esa suma tabular se dimensionan derivaciones y colectores. Esta diferenciación pretende introducir, de forma implícita, un criterio de simultaneidad de descargas (más severa en uso público que en privado). Sin embargo, el esquema resulta excesivamente grosero para la casuística real de los edificios no residenciales:

- Bajo esta lógica, un taller o planta industrial ligera podría acabar asimilándose a unas oficinas solo por compartir el rótulo de “uso público”, cuando los patrones de descarga (duración, caudales punta, intermitencia, vertidos continuos/semi-continuos) no tienen nada que ver. Esta homogeneización conduce a errores sistemáticos: sobredimensionado en oficinas y, en sentido opuesto, posible infradimensionado en ciertos procesos industriales con descargas concentradas o equipos con ciclos rápidos.

- En el mismo apartado, el DB HS 5 establece que derivaciones individuales con longitud > 1,5 m deben verificarse mediante fórmulas (pendiente, velocidad, grado de llenado). Si para esos tramos el propio código exige cálculo hidráulico detallado, la pregunta evidente es: ¿por qué no aplicar ese mismo rigor a todas las derivaciones y colectores? La

hidráulica de la autolimpieza (velocidades, esfuerzos cortantes, régimen parcialmente lleno) no cambia por tener 1,4 m o 1,6 m; lo que cambia es el riesgo de error si se prescinde del cálculo. El umbral de 1,5 m es arbitrario desde el punto de vista físico y favorece soluciones dispares ante situaciones muy parecidas.

- Para aparatos no listados en la tabla principal, la norma remite a otra tabla que asigna UD únicamente por diámetro de desagüe. Este criterio ignora por completo el caudal real que evacua el equipo (descarga instantánea o caudal continuo), la velocidad resultante en la conducción (clave para autolimpieza y evitar sedimentación), el grado de llenado y la pendiente disponible, y la rugosidad y el material del conducto.

El tratamiento tabular de las UD en el DB-HS 5 resulta demasiado impreciso para dimensionar con fiabilidad redes de saneamiento en edificios no residenciales. La simultaneidad “encubierta” por uso público/privado no es trasladable a tipologías tan distintas como oficinas, cocinas o pequeños procesos industriales. En consecuencia, no debería emplearse como método único de diseño. La verificación mediante fórmulas (velocidad, pendiente, grado de llenado) debería ser la regla general, no la excepción.

1.2.1.3.2.CRITERIOS EXIGIDOS POR LA NORMATIVA DIFÍCILMENTE CUANTIFICABLES SIN EL USO DE FÓRMULAS

El DB HS 5 “Evacuación de aguas” establece una serie de condiciones hidráulicas que deben cumplirse en el dimensionado de las redes de saneamiento. Entre ellas destacan las relativas al grado de llenado y a la velocidad mínima de autolimpieza:

- Bajantes de aguas residuales: se exige que el nivel de llenado no supere 2/3 del diámetro interior de la tubería. Esta condición busca mantener un flujo en régimen de lámina libre y garantizar la ventilación de la red, evitando fenómenos de sobrepresión o succión indeseada.

- Colectores horizontales de aguas residuales: deben diseñarse de forma que trabajen normalmente a media sección (50 % del diámetro) y nunca superar los 3/4 de llenado. Esto permite mantener un equilibrio entre capacidad de transporte y ventilación adecuada de la conducción.

Con estas exigencias del DBHS5, resulta poco convincente el uso del método que ellos proponen ya que, por lo expuesto anteriormente, no se sabe muy bien el origen o las bases científicas de este método.

El método tabular que permite el DB HS 5 presenta limitaciones evidentes frente a estas exigencias:

- Ambigüedad en la definición del diámetro resultante. El método tabular del DB HS5 asigna directamente un “diámetro mínimo” para cada tramo, pero la normativa no especifica si dicho valor corresponde al diámetro nominal del tubo o al diámetro interior útil. Esta falta de precisión puede generar confusión en el proceso de diseño, ya que distintos materiales presentan espesores y diámetros interiores diferentes para una misma denominación comercial. En consecuencia, el proyectista puede seleccionar un tubo que cumpla el diámetro nominal indicado en la tabla pero que no garantice la sección hidráulica real necesaria, lo que reduce la fiabilidad del método frente a un dimensionado basado en cálculos hidráulicos explícitos.

- No asegura los grados de llenado normativos. Al basarse únicamente en la asignación de unidades de desagüe, el método no considera la geometría de la tubería ni calcula el radio hidráulico, por lo que no es posible comprobar de manera fiable si los colectores trabajan al 50 % o si las bajantes se limitan a 2/3 de llenado.

- No verifica la velocidad de arrastre. Al no calcular la velocidad en función de la pendiente, la rugosidad y la sección hidráulica, no puede demostrarse el cumplimiento de la velocidad mínima de 0,6 m/s, que es indispensable para mantener la autolimpieza y evitar la acumulación de sólidos.

- Limitación del ajuste mediante coeficientes. En el caso de las pluviales, el DB HS5 no recalcula los caudales ni los parámetros hidráulicos en función de la intensidad de lluvia, sino que simplemente indica que los valores del método tabular deben corregirse multiplicándolos o dividiéndolos por un coeficiente según la zona pluviométrica. Este enfoque presenta una limitación evidente: el comportamiento real de la instalación no se modifica proporcionalmente, y reducirlo a un factor numérico hace que el resultado final dependa por completo de tablas genéricas. Esto puede llevar a diámetros poco representativos de la lluvia real del emplazamiento, ya que el método no permite ajustar con precisión tramos concretos ni analizar situaciones críticas, quedando muy por detrás de un cálculo hidráulico en términos de fiabilidad y detalle.

- Incoherencia metodológica. La propia norma reconoce que, para derivaciones individuales de longitud superior a 1,5 m, es necesario recurrir a fórmulas hidráulicas, lo que pone en evidencia que el método tabular no es suficiente ni internamente coherente para garantizar el cumplimiento de las condiciones básicas de funcionamiento.

Si bien el DB HS 5 fija de manera clara los valores normativos de grado de llenado y de velocidad mínima, el método tabular que propone no ofrece mecanismos para comprobar que dichas condiciones se cumplen realmente. Al no integrar las variables hidráulicas esenciales (pendiente, rugosidad, radio hidráulico, caudal real), el resultado del dimensionado puede apartarse de las condiciones de diseño que la propia normativa establece.

1.3.OBJETIVOS DEL PROYECTO

El presente Trabajo Fin de Grado se plantea con el propósito de dar respuesta a una problemática real que afecta de manera directa al diseño de instalaciones de fluidos en edificios del sector no residencial. La normativa actualmente en vigor, recogida en los Documentos Básicos HS del Código Técnico de la Edificación (CTE), constituye el marco de referencia obligatorio para proyectistas e ingenierías. No obstante, tal y como se ha expuesto en los antecedentes, estos documentos presentan carencias significativas en lo relativo a los procedimientos de cálculo hidráulico y de ventilación. Dichas limitaciones se traducen en incertidumbre técnica, criterios de difícil interpretación y, en algunos casos, en resultados poco coherentes con la realidad del uso al que se destinan los edificios.

En este contexto, la finalidad principal del proyecto es realizar una comparativa sistemática de los distintos métodos de cálculo aplicables al dimensionado de redes de fontanería, evacuación de aguas y ventilación en edificios no residenciales, tomando como referencia una residencia de estudiantes. Este análisis busca poner de manifiesto en qué medida las diferentes metodologías (normas UNE, métodos racionales, enfoques tabulares y fórmulas hidráulicas) conducen a soluciones divergentes y cuáles de ellas resultan más ajustadas a las necesidades reales de este tipo de instalaciones.

El trabajo se orienta, por tanto, a establecer un marco de análisis crítico que permita:

- Evaluar la coherencia técnica de los métodos reconocidos en la normativa y en documentos de apoyo, identificando sus limitaciones frente a las condiciones de diseño exigidas (caudales simultáneos, velocidades mínimas de arrastre, grados de llenado, etc.).

- Analizar la aplicabilidad de los métodos en tipologías no residenciales, donde la concentración de usos en periodos concretos se asemeja sustancialmente a los patrones de consumo en viviendas. Una residencia de estudiantes, con la elevada simultaneidad de uso en franjas horarias específicas.
- Comparar los resultados obtenidos al aplicar distintas metodologías de cálculo sobre un mismo caso práctico, mostrando cómo las decisiones normativas o metodológicas pueden dar lugar a redes sobredimensionadas (con mayores costes y pérdidas energéticas) o, por el contrario, a instalaciones con riesgo de insuficiencia hidráulica y problemas de salubridad.
- Proponer criterios de diseño más racionales y fundamentados que ayuden a los profesionales a elegir la técnica de cálculo más adecuada según el uso del edificio, reduciendo la dependencia de interpretaciones subjetivas.

De esta manera, el proyecto no se limita a reproducir los procedimientos normativos, sino que busca contribuir a un debate técnico sobre la vigencia y la eficacia de los documentos reglamentarios, destacando la importancia de armonizar los requisitos legales con los conocimientos hidráulicos consolidados y con la realidad del sector de la edificación no residencial.

En última instancia, el objetivo es ofrecer una base comparativa que pueda servir de apoyo a futuros proyectistas y técnicos, facilitando la toma de decisiones más informadas y justificadas. Con ello se persigue no solo garantizar el cumplimiento de las exigencias mínimas establecidas en el CTE, sino también optimizar las instalaciones desde un punto de vista funcional, económico y de sostenibilidad.

En conclusión, el trabajo pretende demostrar que la evaluación crítica de los métodos de cálculo es una herramienta imprescindible para superar las limitaciones y contradicciones que arrastra la normativa vigente. El análisis comparativo realizado permitirá valorar la adecuación de cada método en situaciones reales, y contribuirá a la mejora futura de los criterios normativos aplicables al diseño de instalaciones hidráulicas y de ventilación en el ámbito terciario.

Biblioteca
UNIVERSITAS Miguel Hernández

2.METODOLOGÍA

2.1. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO OBJETO DE ESTUDIO

El edificio objeto de estudio corresponde a una residencia de estudiantes, para la cual se aborda el dimensionado y cálculo de las instalaciones de fontanería, evacuación y ventilación. El inmueble se ubica en la ciudad de Albacete, situada en el sureste de la provincia de Castilla-La Mancha.

El complejo residencial está constituido por cuatro plantas (garaje, planta baja, primera planta y cubierta), ofreciendo a los residentes los servicios y espacios necesarios para su estancia.

En el garaje se disponen de 6 plazas de aparcamiento para vehículos, una lavandería y varios cuartos de instalaciones. El acceso al garaje se realiza tanto mediante un elevador de vehículos conectado a la vía pública, como a través de las escaleras y el ascensor, que lo comunican con el resto de plantas del edificio (*Ilustración 4*).

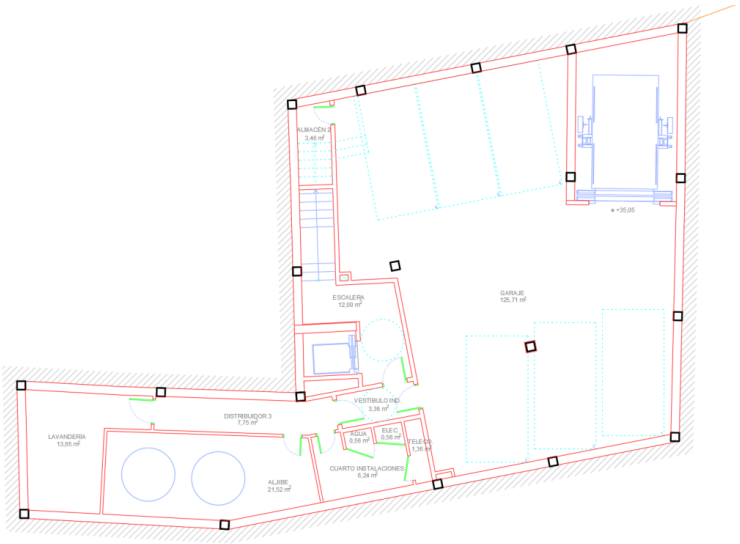


Ilustración 4: Plano del garaje de la residencia de estudiantes

La planta baja integra tanto la zona de administración como las zonas comunes destinadas a los estudiantes (*Ilustración 5*). La zona administrativa consta de una sala y un despacho de gestión, mientras que las áreas comunes se componen de una cocina con despensa y un salón-comedor que incorpora espacios diferenciados para el descanso, el juego y zona de comidas. En esta planta se localiza asimismo el acceso peatonal principal desde la vía pública. Para dar servicio a los usuarios, la planta cuenta con dos baños de uso común, cada uno equipado con inodoro y lavabo.

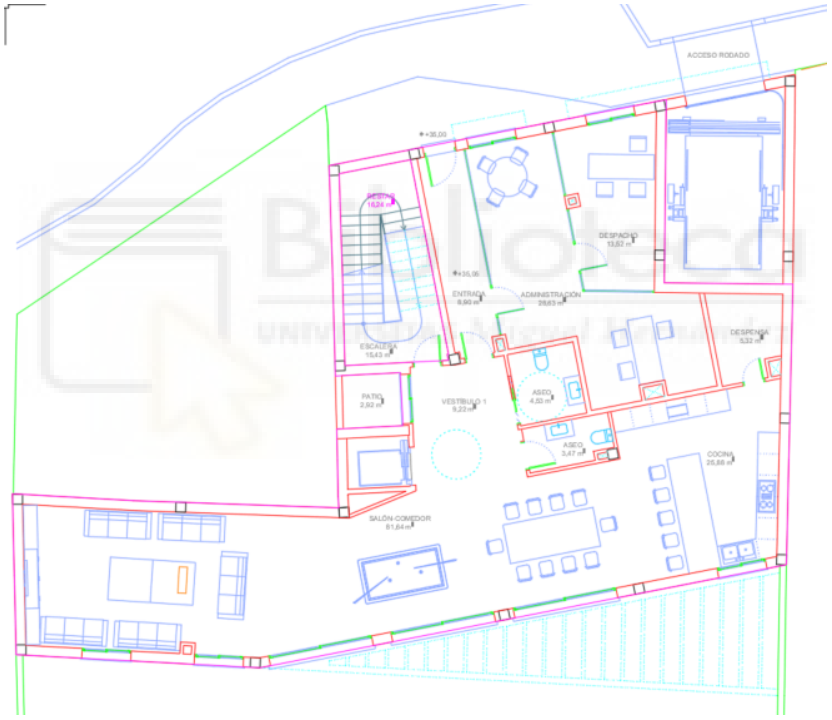


Ilustración 5: Plano de la planta baja de la residencia de estudiantes

La primera planta se destina íntegramente a las habitaciones de los estudiantes, disponiendo de un total de nueve (*Ilustración 6*). Cada habitación está equipada con un baño completo (ducha, lavabo e inodoro), una pequeña cocina con fregadero y una zona de descanso (cama y mesa con dos sillas), garantizando la autonomía y el confort de los residentes.

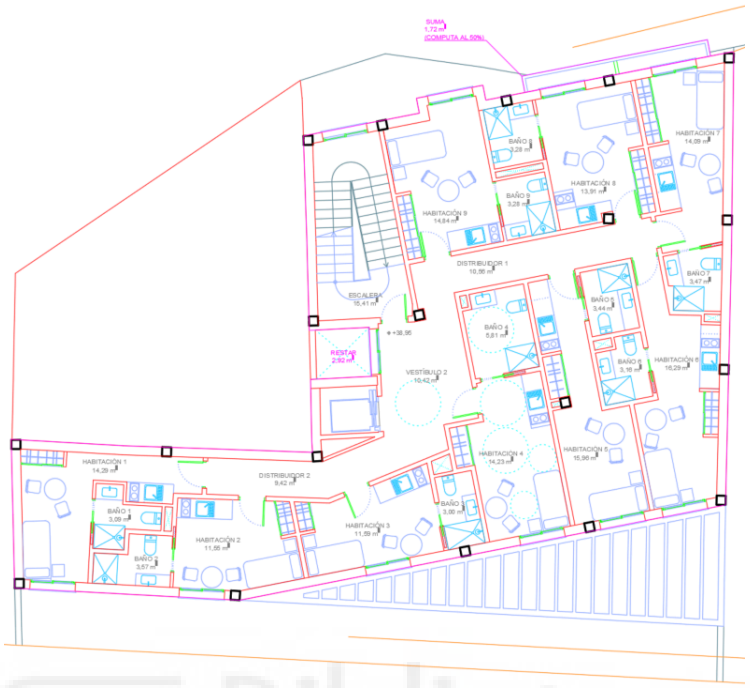


Ilustración 6: Plano de la planta primera de la residencia de estudiantes

Adicionalmente, el complejo dispone de una cubierta transitable (*Ilustración 7*), cuyo acceso se realiza exclusivamente mediante las escaleras interiores del edificio.

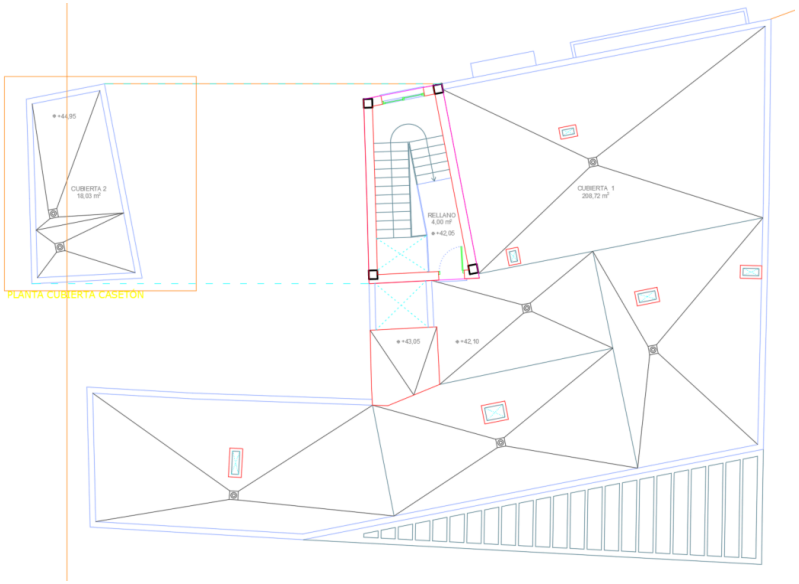


Ilustración 7: Plano de la cubierta de la residencia de estudiantes

En caso de requerirse un mayor nivel de detalle en relación con la distribución y el dimensionado espacial del inmueble, deberá consultarse los planos del anexo de la presente memoria.

Por último, cabe señalar que la altura total entre plantas del edificio es de 3 metros (tal y como se detalla en la *Tabla 1*), de los cuales 2,40 metros corresponden a la altura libre útil y 0,60 metros se destinan al falso techo. Este espacio técnico albergará el trazado de las tres instalaciones objeto del presente estudio (fontanería, evacuación y ventilación), permitiendo una adecuada distribución de los conductos y tuberías, así como el acceso para labores de mantenimiento y registro.

	Referencia	Cota inicial (m)
1	Cubierta	6.000
2	Planta 1	3.000
3	Planta baja	0.000
4	Sótano	-3.000

Tabla 1: Definición de la cota de cada planta del edificio

2.2. ECUACIONES DE CÁLCULO

Para alcanzar el objeto del presente proyecto, resulta imprescindible realizar el cálculo y dimensionado de las instalaciones de fontanería, saneamiento y ventilación. Para ello, es necesario emplear las ecuaciones descritas en el presente apartado, las cuales constituyen la base metodológica.

2.2.1. ECUACIÓN DE CONSERVACIÓN DE LA MASA

La ecuación de conservación de la masa establece que, en un sistema cerrado, la masa de un fluido que circula a través del mismo se mantiene constante en todo momento. En consecuencia, el flujo másico que ingresa por una sección del sistema es igual al que sale por la otra, garantizando así el principio de continuidad.

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2$$

Dado que el flujo másico se define como el producto de la densidad del fluido y el caudal:

$$\rho_1 \cdot Q_1 = \rho_2 \cdot Q_2$$

$$\rho_1 \cdot A_1 \cdot v_1 = \rho_2 \cdot A_2 \cdot v_2$$

En el caso del flujo incompresible, las propiedades del fluido permanecen invariables, manteniéndose constante su densidad a lo largo del sistema. Bajo esta condición, el caudal en el conducto también se conserva, y se establece una relación entre la velocidad del fluido y el área de la sección transversal en dos puntos distintos del conducto (*Ilustración 8*), de manera que el producto de ambas magnitudes permanece constante.

$$Q = A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$

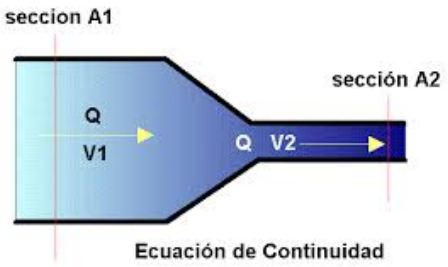


Ilustración 8: Definición de la ecuación de la conservación de la energía mecánica

Asimismo, estas expresiones resultan aplicables a cualquier tipo de fluido, independientemente de que el régimen de circulación sea laminar o turbulento, y pueden emplearse en todo tipo de conductos, con independencia de su geometría o disposición.

2.2.2. ECUACIÓN DE LA CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA MECÁNICA

La ley de conservación de la energía establece que la energía no puede crearse ni destruirse, sino únicamente transformarse de una forma a otra. En consecuencia, la cantidad total de energía de un sistema permanece constante, salvo que se produzca un aporte o una extracción de energía desde el exterior.

Por lo tanto, la ecuación de la energía mecánica establece que la variación de la energía mecánica total (energía cinética, potencial y gravitatoria) en un volumen de control puede modificarse debido a la potencia aportada por un elemento mecánico o a las pérdidas por rozamiento (expresadas mediante el coeficiente de disipación viscosa).

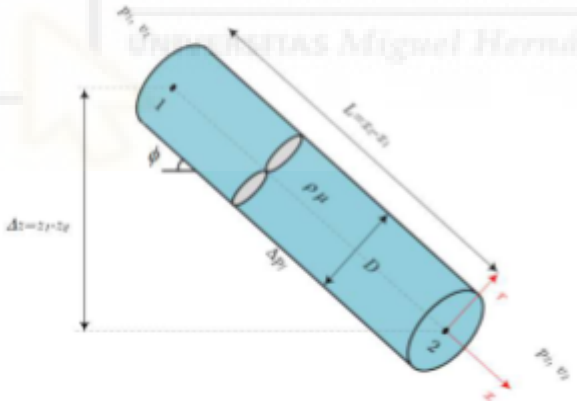


Ilustración 9: Definición de un tramo para la ecuación de conservación de la energía

La siguiente expresión recoge la ecuación de conservación de la energía para flujos incompresibles en el interior de la conducción (densidad constante) aplicada al volumen de control mostrado en la *Ilustración 9*, cuyo tramo mantiene constante su sección transversal. Asimismo, esta formulación de la conservación de la energía es válida para cualquier régimen de flujo, tanto laminar como turbulento, dado que no se ha introducido ninguna distinción específica al respecto.

$$\dot{m} \cdot \left(\frac{P}{\rho} + \frac{1}{2} \cdot v^2 + g \cdot z\right)_1^2 = -\dot{W} - \phi_v$$

La simplificación de la ecuación de conservación de la energía se puede llevar a cabo mediante la definición del flujo másico ($\dot{m}$) y la definición de la potencia suministrada o demandada por un elemento mecánico ($\dot{W}$):

$$\dot{m} = \rho \cdot Q$$
$$\dot{W} = \rho g H Q = \dot{m} g H$$

Quedando la ecuación de la conservación de la energía mecánica como:

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{1}{2} \cdot v_1^2 + g \cdot z_1 \pm gH - \frac{\Delta p_f}{\rho} = \frac{P_2}{\rho} + \frac{1}{2} \cdot v_2^2 + g \cdot z_2$$

Si dicha expresión se divide entre el término gravitatorio, la ecuación pasa a expresarse en metros (metros columna de agua o aire):

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 \pm H - \frac{\Delta p_f}{\rho g} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2$$

De manera que la relación existente entre el coeficiente de disipación viscosa y el flujo másico define la pérdida por fricción:

$$\frac{\phi_v}{\dot{m}} = \frac{\Delta p_f}{\rho g} \quad \Rightarrow \quad h_f = \frac{\Delta p_f}{\rho g}$$

2.2.3. ECUACIÓN DE DARCY-WEISBACH

Las pérdidas de carga por fricción se determinan mediante la fórmula de Darcy-Weisbach, la cual permite determinar la energía que se pierde cuando un fluido discurre a una determinada velocidad por el interior de una conducción de unas determinadas características. Dicha expresión resulta aplicable a cualquier régimen de flujo incompresible, tanto en conducciones a presión como en régimen de lámina libre, y resulta válida para cualquier tipología de sección transversal. Asimismo, la pérdida de carga obtenida puede expresarse indistintamente en pascales o en metros, según las necesidades del cálculo hidráulico.

$$\Delta p_f = \frac{\tau_\omega}{\frac{A}{p_m}} L = \lambda \frac{L}{4\frac{A}{p_m}} \rho \frac{v^2}{2} = \lambda \frac{L}{D_h} \rho \frac{v^2}{2} \; [Pa]$$

$$h_f = \frac{\Delta p_f}{\rho g} = \lambda \frac{L}{D_h} \frac{v^2}{2g} \; [m]$$

Aparece en la ecuación de Darcy-Weisbach un parámetro fundamental denominado diámetro hidráulico (D_h), el cual se emplea como magnitud característica para representar la geometría de la sección transversal del conducto. Éste se define como el diámetro equivalente de un conducto circular que, para una misma velocidad del fluido y sección de paso A, generará la misma pérdida de carga lineal que el conducto no circular en cuestión.

$$D_h = 4\frac{A}{p_m}$$

En el caso particular de los conductos con sección circular, el diámetro hidráulico coincide con el diámetro del conducto.

$$D_h = 4\frac{A}{p_m} = 4\frac{\pi D^2/4}{\pi D} = D$$

En el caso particular de los conductos con sección rectangular, el diámetro hidráulico queda:

$$D_h = 4\frac{A}{p_m} = 4\frac{bh}{2(b+h)} = \frac{2bh}{b+h}$$

De este modo, el empleo del diámetro hidráulico permite extender la aplicabilidad de la ecuación de Darcy-Weisbach al cálculo de pérdidas en conductos de secciones de diferentes geometrías.

La fórmula de Darcy-Weisbach depende directamente del factor de fricción de Darcy (λ), el cual representa el esfuerzo cortante adimensional ejercido por el fluido sobre las paredes de la conducción.

$$\lambda = \frac{8\tau_{\omega}}{\rho v^2}$$

El cálculo del factor de fricción de Darcy puede realizarse mediante el uso del diagrama de Moody o a partir de las correlaciones derivadas de dicho diagrama. Para su determinación, es indispensable establecer previamente el régimen de flujo dentro de la tubería, el cual puede clasificarse como laminar o turbulento (*Ilustración 10*).

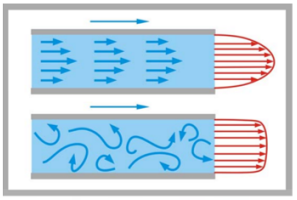


Ilustración 10: Comparativa de un flujo laminar con un flujo turbulento

En el caso de un flujo laminar, el esfuerzo cortante en el interior del conducto está determinado por el diámetro hidráulico de la tubería, la viscosidad, la densidad y la velocidad del fluido. En consecuencia, el factor de fricción de Darcy resulta ser función directa del número de Reynolds, el cual es definido a partir de estas variables.

$$\tau_{\omega} = \tau_{\omega}(D_h, \mu, \rho, v)$$

$$Re = \frac{\rho v D_h}{\mu}$$

$$\lambda = \frac{64}{Re} = \frac{64\mu}{\rho v D_h}$$

Por otro lado, cuando el flujo se encuentra en régimen turbulento, el esfuerzo cortante no solo depende de las propiedades del fluido y de las dimensiones geométricas del conducto, sino también de la rugosidad de la superficie interna del conducto. En este escenario, el factor de fricción de Darcy se establece en función tanto del número de Reynolds como de la rugosidad relativa de la tubería.

$$\tau_{\omega} = \tau_{\omega}(D_h, \mu, \rho, v, \varepsilon)$$

$$\lambda = \lambda\left(\frac{\rho v D_h}{\mu}, \frac{\varepsilon}{D_h}\right) = \lambda\left(Re, \frac{\varepsilon}{D_h}\right)$$

El diagrama de Moody (*Ilustración 11*) se encuentra dividido en cinco regiones: zona laminar, zona crítica, zona de transición, zona hidráulicamente rugosa y zona hidráulicamente lisa. En las presentes instalaciones, el flujo presenta carácter turbulento y, de acuerdo con el diagrama de Moody, se localiza en la zona de transición. Para ello, el cálculo del factor de fricción puede determinarse, entre otros métodos, mediante las correlaciones de Colebrook-White, Swamee-Jain y Haaland.

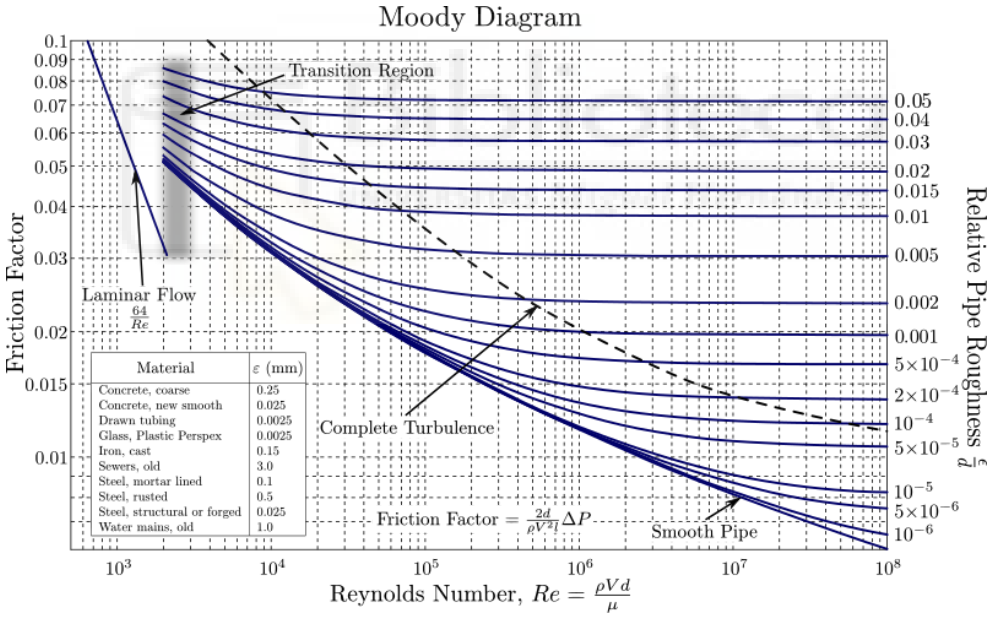


Ilustración 11: Diagrama de Moody

Considerando las ventajas que ofrece la ecuación de Swamee-Jain, principalmente su carácter explícito, que permite obtener resultados de forma directa sin necesidad de recurrir a procesos iterativos, así como el bajo margen de error asociado, se ha optado por emplear dicha expresión para el cálculo de la instalación. No obstante, cabe señalar que la validez de dicha expresión se encuentra restringida a valores del número de Reynolds comprendidos en el

rango de $4000 \leq Re \leq 10^8$, en el cual se encuentran los valores asociados a las presentes instalaciones.

$$\lambda = \frac{0{,}25}{\left[\log_{10}\left(\frac{\frac{\varepsilon}{D}}{3{,}71} + \frac{5{,}74}{\mathrm{Re}^{0{,}9}}\right)\right]^2}$$

El criterio de diseño habitualmente empleado en las instalaciones de transporte de fluidos se establece a partir de la representación de la pérdida de energía por unidad de longitud de conducción. A este parámetro se le denomina pendiente hidráulica (j).

$$j = \frac{\Delta p_f}{L} = \frac{\lambda}{D_h}\rho\frac{v^2}{2} = \frac{\lambda}{D_h}\rho\frac{Q^2}{2A^2}\ [Pa/m] \quad \Leftrightarrow \quad j = \frac{h_f}{L} = \frac{\lambda}{D_h}\frac{v^2}{2g} = \frac{\lambda}{D_h}\frac{Q^2}{2A^2 g}\ [mca/m]$$

La ecuación de Darcy-Weisbach permite calcular las pérdidas primarias de carga, asociadas exclusivamente a la fricción del fluido con las paredes del conducto. Sin embargo, durante el transporte de fluidos en una instalación también se generan pérdidas adicionales en los distintos accesorios presentes en la red, tales como válvulas, codos, contracciones, expansiones, bifurcaciones, entre otros. Estas pérdidas se denominan pérdidas menores o secundarias. Para su cuantificación, se introduce un coeficiente adimensional (K), cuyo valor depende de la geometría y características de cada accesorio, y que habitualmente se obtiene a partir de tablas, ábacos o información suministrada por el fabricante.

$$\Delta p_m = K\rho\frac{v^2}{2}\ [Pa] \qquad \Leftrightarrow \qquad h_m = K\frac{v^2}{2g}$$

En consecuencia, las pérdidas totales de carga en una conducción corresponden a la suma de las pérdidas primarias por fricción y las pérdidas menores asociadas a los accesorios de la instalación.

$$h_T = h_f + h_m = \sum_i\left(\lambda_i\frac{L_i}{D_i}\frac{v_i^2}{2g} + \sum_j K_j\frac{v_i^2}{2g}\right)$$

2.2.4. CARACTERIZACIÓN

2.2.4.1.FLUJO INCOMPRESIBLE A PRESIÓN

Un flujo incompresible a presión se caracteriza porque la densidad del fluido permanece constante durante todo su movimiento, sin experimentar variaciones. Asimismo, el fluido circula completamente confinado en el interior de una conducción cerrada, de modo que la energía del sistema está dominada por la presión existente en el interior de dicha conducción.

2.2.4.1.1.HIDRÁULICA

Un sistema hidráulico se compone de una red de conductos por los que circula el agua. Habitualmente, estas tuberías presentan sección circular, dado que esta geometría ofrece un mejor comportamiento frente a esfuerzos generados por la presión interna, reduciendo significativamente el riesgo de deformación.

Las presiones en este tipo de instalaciones se expresan habitualmente en metros de columna de agua (mca). Asimismo, en el caso particular de los sistemas hidráulicos, es posible aplicar determinadas simplificaciones tanto a la ecuación de conservación de la energía como a las ecuaciones de pérdidas:

- Término cinético

  En este tipo de instalación, los valores de presión y energía potencial presentan una magnitud significativamente superior a la de la energía cinética. Esto se debe a que el término asociado a la velocidad al cuadrado reduce de forma notable la aportación de la energía cinética en comparación con el resto de términos del balance energético.

$$\frac{P_1}{\rho g} + z_1 \gg \frac{v^2}{2g} \quad \Rightarrow \quad \frac{v^2}{2g} \approx 0$$

Por este motivo, se considera dicho término despreciable a efectos de simplificación en los cálculos, sin que ello afecte de manera relevante a la precisión de los resultados obtenidos.

$$\frac{P_1}{\rho g} + z_1 + H - h_T = \frac{P_2}{\rho g} + z_2$$

- Diámetro hidráulico

Dado que las tuberías de agua son de sección circular, el diámetro hidráulico coincide con el diámetro interior de la tubería.

$$D_h = \frac{4A}{P_m} \quad \Rightarrow \quad D_h = D$$

Teniendo en cuenta lo anterior y considerando que la unidad empleada para expresar las presiones es el metro de columna de agua (mca), las ecuaciones de pérdida de presión se expresan de la siguiente manera:

$$h_f = \frac{\Delta p_f}{\rho g} = \lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = \lambda \frac{L}{D} \frac{8Q^2}{\pi^2 g D^4} \; [mca]$$

$$j = \frac{h_f}{L} = \frac{\lambda}{D} \frac{v^2}{2g} = \frac{\lambda}{D} \frac{8Q^2}{\pi^2 g D^4} \; [mca/m]$$

$$h_m = K \frac{v^2}{2g}$$

$$h_T = \left(\lambda \frac{L}{D} + \sum K \right) \frac{8Q^2}{\pi^2 g D^4}$$

2.2.4.1.1.VENTILACIÓN

En la instalación de ventilación se aplican determinadas particularidades que deben ser consideradas, las cuales afectan tanto en la ecuación de conservación de la energía como a la formulación de las pérdidas de carga:

- La unidad de medida utilizada para expresar las presiones es el pascal (Pa)
- Término cinético no despreciable y adicción del término térmico.

En los sistemas de ventilación, el término cinético adquiere una relevancia significativa y, por tanto, no puede ser despreciado en el balance energético. Asimismo, en la ecuación de conservación de la energía aparece un término adicional de carácter térmico, asociado a las variaciones de densidad producidas por los cambios de temperatura del fluido, los cuales pueden generar movimiento inducido del aire.

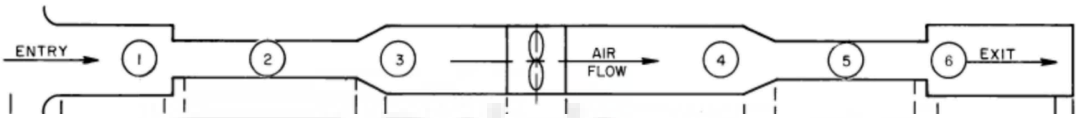


Ilustración 12: Definición de un tramo en una instalación de ventilación

Por este motivo, se presenta la ecuación de conservación de la energía aplicada al volumen de control representado en la *Ilustración 12*, en dicha ecuación se incorporan tanto los efectos cinéticos como los efectos térmicos característicos del funcionamiento de los sistemas de ventilación. Asimismo, se adopta el pascal (Pa) como unidad de medida de las presiones.

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{1}{2}v_1^2 + gz_1 - \frac{\Delta p_{T_{16}}}{\rho} + \frac{\Delta p_v}{\rho} = \frac{p_6}{\rho} + \frac{1}{2}v_6^2 + gz_6$$

$$\Delta p_v = (p_6 - p_1) + \frac{1}{2}\rho(v_6^2 - v_1^2) + g(\rho - \rho_a)(z_6 - z_1) + \Delta p_{T_{16}}$$

- Diámetro hidráulico

Los conductos de ventilación pueden presentar tanto sección circular como no circular, por lo que resulta necesario determinar el diámetro hidráulico.

$$D_h = \frac{4A}{P_m}$$

Para el caso de un conducto rectangular, el diámetro hidráulico queda:

$$D_h = 4\frac{A}{p_m} = 4\frac{bh}{2(b+h)} = \frac{2bh}{b+h}$$

Asimismo, todas las ecuaciones empleadas para el cálculo de las pérdidas de presión dependen directamente del diámetro hidráulico:

$$\Delta p_f = \lambda\frac{L}{4\frac{A}{p_m}}\rho\frac{v^2}{2} = \lambda\frac{L}{D_h}\rho\frac{v^2}{2}\ [Pa]$$

$$\Delta p_m = K\rho\frac{v^2}{2}\ [Pa]$$

$$\Delta p_{T_i} = \sum_i^n\left(\Delta p_{f_i} + \sum_j^k \Delta p_{m_{ij}}\right)$$

Biblioteca UNIVERSITAS Miguel Hernández

2.2.4.2.FLUJO INCOMPRESIBLE EN LÁMINA LIBRE

En la instalación de saneamiento, el movimiento del fluido en los conductos se produce por efecto de la gravedad, como consecuencia de la pendiente longitudinal que presentan las tuberías. Es importante señalar que en el interior de estos conductos coexisten dos fluidos: aire y agua. Por ello, en el dimensionamiento se introduce el concepto de grado de llenado, definido como el porcentaje del conducto ocupado por agua respecto a su sección total.

A partir de la aplicación de la ecuación de conservación de la energía en un tramo recto de tubería en pendiente (*Ilustración 13*), y considerando que en dicho tramo la presión en las secciones inicial y final es equivalente, así como la velocidad (sección de paso constante), las únicas pérdidas que deben contemplarse son las asociadas a la fricción.

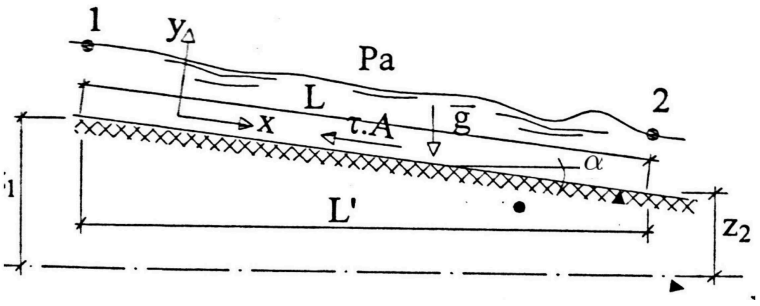


Ilustración 13: Tramo recto de tubería con pendiente

En este caso, la ecuación de la energía se simplifica de manera que las pérdidas por fricción resultan equivalentes a la diferencia de cotas entre los extremos del conducto.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{1}{2g} \cdot v_1^2 + z_1 - h_{f_1} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{1}{2g} \cdot v_2^2 + z_2$$

$$h_{f_1} = z_1 - z_2$$

Si se iguala este planteamiento con la expresión de Darcy-Weisbach para pérdidas primarias, se obtiene la expresión de la velocidad del fluido mediante la ecuación de Chézy, en la que intervienen la pendiente del conducto (s) y la forma del canal, ésta última representada por el radio hidráulico ($r_h = \frac{A}{P}$).

$$h_f = \lambda \frac{L}{D_h} \frac{v^2}{2g} \quad \Rightarrow \quad z_1 - z_2 = \lambda \frac{L}{D_h} \frac{v^2}{2g} = \lambda \frac{L}{4r_h} \frac{v^2}{2g} \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}} \sqrt{r_h s}$$

No obstante, el uso directo de la ecuación de Chézy requiere de un proceso iterativo. Para simplificar los cálculos, se recurre a la formulación de Manning, la cual aproxima el coeficiente de Chézy en función de la raíz sexta del tamaño característico del canal.

$$\sqrt{\frac{8g}{\lambda}} \approx \frac{r_h^{1/6}}{n}$$

Al sustituir dicha relación en la ecuación de Chézy, se obtiene la ecuación de Manning, que permite calcular de manera directa el caudal o la velocidad del flujo en función del coeficiente de rugosidad de Manning (n), el radio hidráulico (r_h) y la pendiente (s).

$$v = \frac{1}{n} r_h^{2/3} s^{1/2} \qquad Q = \frac{A}{n} r_h^{2/3} s^{1/2}$$

El coeficiente de Manning (n) se encuentra definido en función de la rugosidad, la geometría y el tipo de material constitutivo del conducto.

La ecuación de Manning resulta adecuada para el cálculo de tuberías dispuestas en posición horizontal con pendiente definida. No obstante, en el caso de conductos verticales, en los cuales la pendiente es infinita, el comportamiento del flujo presenta particularidades. En estas condiciones, el agua circula adherida a las paredes interiores del conducto, dejando libre la parte central para el paso del aire (Ilustración 14), lo que genera un régimen de flujo distinto al considerado en la formulación de Manning.

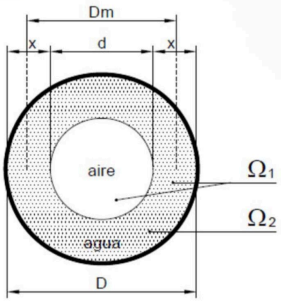


Ilustración 14: Área transversal de una tubería vertical en la instalación de saneamiento

Para este tipo de situaciones, se emplea la ecuación de Dawson-Hunter, la cual permite establecer una relación entre el caudal de agua (Q), la fracción de sección ocupada por el agua respecto a la sección total del conducto (r) y el diámetro del conducto (D).

$$Q\ (l/s) = 3,15 \cdot 10^{-4} \cdot r^{5/3} \cdot [D(mm)]^{8/3}$$

2.3. MÉTODOS DE CÁLCULO

El dimensionado de las tres instalaciones (fontanería, saneamiento y ventilación) incluidas en el presente proyecto sigue una misma estructura metodológica. En primer lugar, se determina el caudal correspondiente a cada tramo. A partir de este valor, se procede al cálculo del diámetro de los conductos. Finalmente, mediante el análisis de las presiones y de las pérdidas de carga asociadas a cada tramo, se establece el dimensionado de los equipos necesarios para garantizar el correcto funcionamiento de las instalaciones.

Posteriormente, se ha llevado a cabo el diseño de la instalación mediante el software cype. Para cada una de las instalaciones objeto del proyecto, se ha empleado el módulo específico de cype correspondiente, garantizando así un desarrollo coherente con las particularidades técnicas y normativas de cada sistema.

2.3.1. CÁLCULO DE CAUDALES

Para la realización del cálculo del caudal, resulta imprescindible consultar la normativa aplicable en cada caso, con el fin de determinar el valor del caudal correspondiente según el tipo de aparato o elemento instalado:

- Instalación de fontanería: *Documento Básico HS 4 "Suministro de Agua"* del *Código Técnico de la Edificación* (CTE).
- Instalación de saneamiento: *Documento Básico HS 5 "Evacuación de Aguas"* del CTE
- Instalación de ventilación: *Documento Básico HS 3 "Calidad del aire interior"* del CTE y del *Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios* (RITE)

En el caso de las instalaciones de fontanería y saneamiento, resulta indispensable calcular la simultaneidad de los caudales, dado que no existe un suministro ni una evacuación continua de agua. En condiciones reales, no se requerirá el funcionamiento simultáneo de todos los aparatos, por lo que el dimensionado de las tuberías debe realizarse a partir de un caudal simultáneo, el cual proporciona un valor probabilístico del caudal esperado. Este caudal simultáneo puede obtenerse mediante distintos métodos de cálculo.

En el presente proyecto, los métodos empleados para el cálculo del caudal simultáneo para la instalación de fontanería son el método racional simplificado y el método UNE 149201:2017. Para la instalación de saneamiento de aguas residuales, el cálculo de la simultaneidad se ha realizado mediante el método racional simplificado, el método UNE-EN 12056 y el método de Harmon.

Por el contrario, en la instalación de ventilación se garantiza un suministro y extracción continuos de aire, por lo que no es necesario determinar un caudal simultáneo, dado que en todo momento se impulsa o extrae la totalidad del caudal previsto en el diseño.

En el caso de las aguas pluviales de la instalación de saneamiento, el cálculo del caudal de diseño viene determinado por la intensidad pluviométrica correspondiente a la zona en la que se ubica el edificio. Por ello, se aplica el método establecido en el *Código Técnico de la Edificación*, el cual permite definir el caudal de aportación en función de las precipitaciones previstas y garantizar la correcta capacidad de evacuación del sistema, tal y como se define en el apartado 4.3.1.2. "*Aguas pluviales*".

2.3.1.1. MÉTODO RACIONAL SIMPLIFICADO

El método racional simplificado puede emplearse tanto en las instalaciones de fontanería como en las de saneamiento. Este método se caracteriza por determinar el caudal simultáneo a partir de la suma de los caudales instalados en el tramo objeto de análisis (Q_{INST}), que posteriormente se ponderan mediante un coeficiente de simultaneidad (k_a), cuyo valor depende del número de aparatos conectados (x) en ese tramo. De este modo, se obtiene un caudal representativo del funcionamiento real de la instalación, ajustado a la probabilidad de uso simultáneo de los distintos aparatos.

$$Q_p = k_a Q_{INST}$$

$$k_a = \frac{1}{\sqrt{x-1}} + 0,035\alpha(1 + log(log(x)))$$

**Para aquellos tramos en los que solamente se suministre agua a uno o dos aparatos, la simultaneidad no se aplica.*

Siendo

- Q_p = caudal simultáneo (diseño)
- k_a = coeficiente de simultaneidad
- Q_{INST} = caudal instalado (la suma del caudal mínimo de cada aparato al que suministra ese tramo)
- x = número de aparatos conectados
- α = factor en función de la tipología del edificio

El factor α viene definido por el tipo de edificio que se está dimensionando, tal y como se muestra en la *Ilustración 15*.

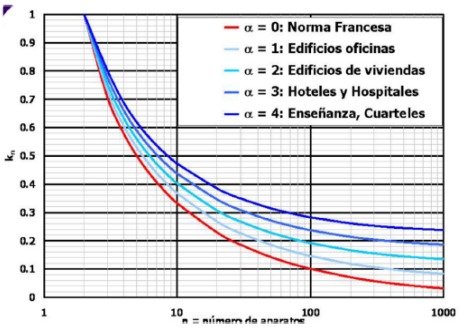


Ilustración 15: Representación gráfica del factor α del método racional simplificado según la tipología de edificio

2.3.1.2. MÉTODO UNE 149201:2017

La norma UNE 149201:2017 establece un procedimiento para la determinación del caudal simultáneo de cálculo en instalaciones de fontanería, fundamentado en la aplicación de expresiones de carácter exponencial.

Tipo de Edificación	$Q_t > 20$ l/s	$Q_t \leq 20$ l/s		
		Si todo $Q_{min} < 0{,}5$ l/s	Si algún $Q_{min} \geq 0{,}5$ l/s	
			$Q_t \leq 1$ l/s	$Q_t > 1$ l/s
Edificios de viviendas	$Q_c = 1{,}7 \times (Q_t)^{0{,}21} - 0{,}7$	$Q_c = 0{,}682 \times (Q_t)^{0{,}45} - 0{,}14$	$Q_c = Q_t$	$Q_c = 1{,}7 \times (Q_t)^{0{,}21} - 0{,}7$
Edificios de oficinas, estaciones, aeropuertos	$Q_c = 0{,}4 \times (Q_t)^{0{,}54} + 0{,}48$			
Edificios de hoteles, discotecas, museos	$Q_c = 1{,}08 \times (Q_t)^{0{,}5} - 1{,}83$	$Q_c = 0{,}698 \times (Q_t)^{0{,}5} - 0{,}12$	$Q_c = Q_t$	$Q_c = (Q_t)^{0{,}366}$
Edificios de centros comerciales	$Q_c = 4{,}3 \times (Q_t)^{0{,}27} - 6{,}65$			
Edificios de hospitales	$Q_c = 0{,}25 \times (Q_t)^{0{,}65} + 1{,}25$			

Tipo de Edificación	$Q_t > 20$ l/s	$Q_t \leq 20$ l/s	
		$Q_t \leq 1{,}5$ l/s	$Q_t > 1{,}5$ l/s
Edificios de escuelas, polideportivos	$Q_c = -22{,}5 \times (Q_t)^{-0{,}5} + 11{,}5$	$Q_c = Q_t$	$Q_c = 4{,}4 \times (Q_t)^{0{,}27} - 3{,}41$

Donde:
Q_t es el caudal total instalado (suma de los caudales mínimos de cada aparato Q_{min} según la tabla 2.1 del DB HS4)
Qc es el caudal simultáneo o de cálculo

Ilustración 16: Expresiones para obtener el caudal simultáneo según el tipo de edificación

La *Ilustración 16* recoge el tipo de fórmula que debe emplearse en función del tipo de edificación, caudal total o caudal mínimo unitario correspondiente a los distintos aparatos considerados. Asimismo, se establece que la fórmula seleccionada depende directamente del caudal total transportado por el tramo, entendido como la suma de los caudales aportados por todos los aparatos conectados al mismo.

2.3.1.3. MÉTODO UNE EN 12056

Este método constituye una alternativa propuesta por el software cype para la estimación de los caudales simultáneos en la red de saneamiento, a través del sumatorio de las Unidades de Desagüe (UD) definidas por el *Código Técnico de la Edificación* (CTE), en función del volumen de agua asociado a los distintos aparatos a evacuar.

$$Q = K\sqrt{\Sigma UD}$$

siendo

- K = coeficiente de simultaneidad de uso
- Q = caudal simultáneo
- UD = unidades de desagüe

El coeficiente de simultaneidad (K) depende de la utilización de los aparatos sanitarios:

- K = 0,5 para una utilización irregular (viviendas, pensiones, oficinas)
- K = 0,7 para una utilización frecuente (hospitales, escuelas, restaurantes, hoteles)
- K = 1 para una utilización intensiva (servicios y/o duchas públicas)
- K = 1,2 para una utilización especial (laboratorios)

2.3.1.4. MÉTODO DE HARMON

Asimismo, el programa cype también contempla una alternativa adicional para la estimación del caudal simultáneo, la cual se fundamenta en la aplicación del método de Harmon a través de una ecuación exponencial.

$$Q_c = 7,3497 \cdot Q_a^{0,5352}$$

2.3.2. CÁLCULO DE DIÁMETROS

2.3.2.1. INSTALACIONES A PRESIÓN (FONTANERÍA Y VENTILACIÓN)

FONTANERÍA

Para el cálculo de los diámetros, resulta imprescindible acotar un criterio de diseño constante, basado en el parámetro de velocidad o pendiente hidráulica, de manera que pueda seleccionarse el diámetro comercial que cumpla las condiciones establecidas.

Como se ha comentado anteriormente, en hidráulica la sección transversal de las tuberías son circulares, por lo que, el diámetro hidráulico coincide con el diámetro de la tubería. Sabiendo dicha información, se obtiene la velocidad mediante la ecuación de continuidad:

$$Q = v \cdot A = v \cdot \frac{\pi D^2}{4} \quad \Rightarrow \quad v = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

En el apartado 2.2.4.1. "*Flujo incompresible a presión*" se han expuesto las simplificaciones específicas aplicables a las instalaciones de fontanería (apartado 2.2.4.1.1. "*Hidráulica*"). Con la expresión de la pendiente hidráulica, es posible determinar el diámetro necesario de las conducciones que cumpla el criterio de diseño establecido.

$$j = \frac{h_f}{L} = \frac{\lambda}{D}\frac{v^2}{2g} = \frac{\lambda}{D}\frac{8Q^2}{\pi^2 g D^4} \; [mca/m]$$

VENTILACIÓN

En lo que respecta a la ventilación, existen diversos métodos de cálculo para la determinación del diámetro en edificaciones no residenciales, basados en mantener constante alguno de los parámetros del diseño. Entre ellos destacan el método de velocidad constante, el método de rozamiento

constante y el método de recuperación estática, cada uno de los cuales permite dimensionar la red en función del criterio predominante en el diseño.

- MÉTODO DE VELOCIDAD CONSTANTE

Este método permite dimensionar los conductos a partir de la definición de la velocidad como criterio de diseño. En el caso de conductos de sección rectangular, se incorpora el concepto del diámetro hidráulico, tal y como se ha desarrollado en el apartado 2.2.3. "*Ecuación de Darcy-Weisbach*".

$$D_h = \frac{4A}{P_m}$$

$$\lambda = \lambda\left(\frac{\rho v D_h}{\mu}, \frac{\varepsilon}{D_h}\right) = \lambda\left(Re, \frac{\varepsilon}{D_h}\right)$$

$$j = \frac{\Delta p_f}{L} = \frac{\lambda}{D_h}\rho\frac{v^2}{2}\ [Pa/m]$$

- MÉTODO DE ROZAMIENTO CONSTANTE

Este método permite dimensionar los conductos a partir del caudal, definiendo como criterio de diseño la pendiente hidráulica. Asimismo, en el caso de conductos de sección rectangular, se incorpora el concepto de diámetro equivalente, entendido como aquel diámetro de un conducto circular que generaría la misma pérdida de carga lineal que el conducto rectangular para un mismo caudal.

$$D_{eq} = 1,3\frac{(b \cdot h)^{0,625}}{(b+h)^{0,25}}$$

De este modo, la ecuación de Darcy Weisbach viene definida mediante el diámetro equivalente:

$$\lambda = \lambda\left(\frac{4Q\rho}{\pi D_{eq}\mu}, \frac{\varepsilon}{D_{eq}}\right) = \lambda\left(Re, \frac{\varepsilon}{D_{eq}}\right)$$

$$\Delta p_f = \lambda \frac{L}{D_{eq}} \rho \frac{8Q^2}{\pi^2 D_{eq}^4} = \frac{8\lambda L \rho Q^2}{\pi^2 D_{eq}^5} \; [Pa]$$

$$j\,[Pa/m] = \frac{\Delta p_f}{L} = \frac{\lambda}{D_{eq}^5} \rho \frac{8Q^2}{\pi^2}$$

- MÉTODO DE RECUPERACIÓN ESTÁTICA

  En este método se persigue obtener una presión estática constante en la entrada de cada una de las derivaciones de la red, con el fin de definir de manera precisa el caudal que circula por cada una de ellas. Dado que el cálculo se basa en las velocidades del flujo, resulta necesario emplear el valor del diámetro hidráulico en aquellos conductos cuya sección no sea circular.

$$\frac{1}{2}\rho\left(v_1^2 - v_2^2\right) - \lambda \frac{L_2}{D_{h_2}} \rho \frac{v_2^2}{2} = 0$$

$$\lambda = \lambda\left(\frac{\rho v D_h}{\mu}, \frac{\varepsilon}{D_h}\right) = \lambda\left(Re, \frac{\varepsilon}{D_h}\right)$$

$$D_h = \frac{4A}{P_m}$$

2.3.2.2. INSTALACIONES EN LÁMINA LIBRE (SANEAMIENTO)

TUBERÍAS HORIZONTALES

Para el dimensionado de las tuberías horizontales se emplea la ecuación de Manning, conforme a los criterios establecidos para el cálculo hidráulico de conducciones a lámina libre (desarrollada en el apartado 2.2.4.2. “Flujo incompresible en lámina libre”)

$$Q = \frac{1}{n} s^{1/2} R_h^{2/3} A$$

Siendo:

- Q: Caudal (m^3/s)
- n: Coeficiente de manning
- A: Área de tubería ocupada por el fluido (m^2)
- R_h: Radio hidráulico (m)
- s: pendiente (m/m)

Definiéndose el radio hidráulico como la relación entre el área mojada y el perímetro mojado de la sección considerada, este parámetro resulta fundamental para la caracterización del comportamiento hidráulico del flujo en conducciones parcialmente llenas o completamente llenas:

$$R_h = \frac{A}{P_m}$$

Para conductos de sección circular completamente llenos, se tiene un área de llenado y un radio hidráulico:

$$R_{h,0} = \frac{D}{4}$$

$$A_0 = \frac{\pi D^2}{4}$$

Quedando el caudal de llenado (Q_0):

$$Q_0 = \frac{1}{n} s^{1/2} \frac{\pi D^{8/3}}{4^{5/3}}$$

De dicha expresión es posible despejar el diámetro:

$$D(m) = \left[4^{5/3} Q_0 \frac{n}{\pi \sqrt{s}}\right]^{3/8}$$

Mediante la aplicación de la ecuación de continuidad, se obtiene la velocidad de llenado (v_0):

$$v_0 = \frac{Q_0}{A_0} = \frac{4Q_0(m^3/s)}{\pi D_{int}^2(m)}$$

Las ecuaciones expuestas han sido planteadas para el caso de un conducto completamente lleno (h/D = 1), situación en la que resulta sencillo obtener tanto el área mojada como el perímetro mojado, dado que coinciden respectivamente con el área y el perímetro de la propia sección del conducto. Sin embargo, los criterios de dimensionado se establecen habitualmente para grados de llenado inferiores, normalmente comprendidos entre el 50% y el 80%, lo que dificulta la determinación directa de dichos parámetros al no ser un cálculo inmediato.

Para dar respuesta a esta necesidad, se emplean las curvas de Thormann–Franke (*Ilustración 17*), en las cuales se representa, por un lado, el grado de llenado y la relación entre el caudal de diseño y el caudal de llenado (Q/Q_0), y por otro lado, el grado de llenado y la relación entre la velocidad de diseño y la velocidad de llenado (v/v_0). De este modo, es posible obtener el caudal y la velocidad correspondientes a un grado de llenado determinado a partir de los valores que tendría la conducción en flujo a sección completa, evitando así la realización de cálculos complejos y tediosos.

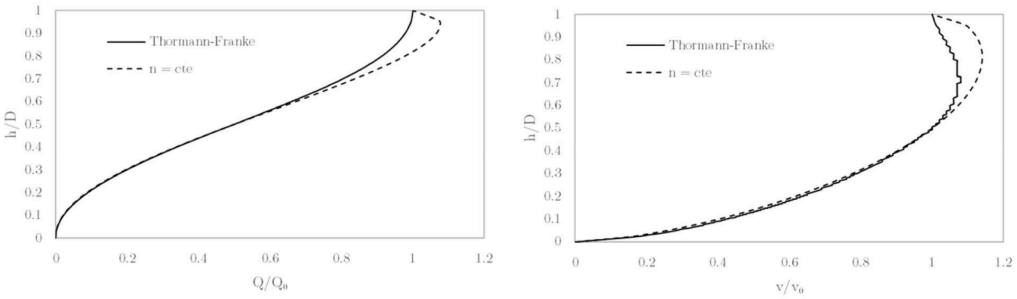


Ilustración 17: Curvas de Thormann-Franke

Asimismo, estas curvas han sido traspasadas a tablas numéricas, lo que facilita aún más el proceso de cálculo y permite su aplicación directa en el dimensionado de redes de saneamiento.

De manera que conociendo la relación Q/Q_0 (a través del grado de llenado y mediante las curvas Thormann–Franke) y el valor del caudal de diseño, resulta posible determinar de manera directa el correspondiente caudal de llenado. A partir de este valor, se establece el diámetro mínimo necesario para garantizar el transporte adecuado del caudal previsto en la instalación.

$$Q_0 = \frac{1}{n} s^{1/2} \frac{\pi D^{8/3}}{4^{5/3}} \qquad \Rightarrow \qquad D(m) = \left[4^{5/3} Q_0 \frac{n}{\pi \sqrt{s}}\right]^{3/8}$$

Para cada tramo se seleccionará el diámetro comercial más próximo, resultando suficiente para garantizar el transporte seguro del caudal correspondiente.

Dado que en la mayoría de los casos, se ha seleccionado un diámetro comercial superior al diámetro de diseño, los parámetros hidráulicos previamente calculados se verán modificados. Por ello, se procederá al cálculo real de todos los parámetros, comenzando por el nuevo valor de Q_0 y v_0, a partir del diámetro interior del conducto comercial seleccionado.

$$Q_0(m^3/s) = \frac{1}{n} s^{1/2} \frac{\pi D_{int}^{8/3}(m)}{4^{5/3}}$$

$$v_0 = \frac{Q_0}{A_0} = \frac{4Q_0(m^3/s)}{\pi D_{int}^2(m)}$$

Con estos valores es posible el cálculo de la relación Q/Q_0, y, a través de las tablas de Thormann-Franke, permite saber el grado de llenado real de la tubería (h/D) y la relación entre la velocidad de diseño y la velocidad de llenado (v/v_0). Conociendo ésta última relación (v/v_0) y el valor de v_0, es posible determinar la velocidad real de circulación (v).

No obstante, es posible particularizar la fórmula de Manning para un grado de llenado específico, de manera que la obtención del diámetro necesario resulte más directa.

Para el caso de un grado de llenado de 50%:

Si $\frac{y}{D} = 0,5 \quad \rightarrow \quad \frac{Q}{Q_0} = 0,5 \quad \rightarrow \quad Q_0 = 2 \cdot Q_{diseño} \quad \rightarrow$

$$\rightarrow \quad 2 \cdot Q_{diseño} = \frac{1}{n} s^{1/2} \frac{\pi D^{8/3}}{4^{5/3}} \quad \rightarrow \quad D(m) = \left[\frac{6,417 \cdot n \cdot Q_{diseño}}{\sqrt{s}}\right]^{3/8}$$

Para el caso de un grado de llenado de 80%:

Si $\frac{y}{D} = 0,8 \quad \rightarrow \quad \frac{Q}{Q_0} = 0,913 \quad \rightarrow \quad Q_0 = 1,095 \cdot Q_{diseño} \quad \rightarrow$

$$\rightarrow \quad 1,095 \cdot Q_{diseño} = \frac{1}{n} s^{1/2} \frac{\pi D^{8/3}}{4^{5/3}} \quad \rightarrow \quad D(m) = \left[\frac{3,514 \cdot n \cdot Q_{diseño}}{\sqrt{s}}\right]^{3/8}$$

TUBERÍAS VERTICALES

Para el cálculo de los conductos verticales se emplea la ecuación de Dawson-Hunter, la cual establece la relación entre el caudal de agua (Q), el diámetro del conducto (D) y la relación entre la sección ocupada por el agua y la sección total del conducto (r). Dicha expresión ha sido desarrollada en el 2.2.4.2. "Flujo incompresible en lámina libre"

$$Q\ (l/s) = 3,15 \cdot 10^{-4} \cdot r^{5/3} \cdot [D(mm)]^{8/3}$$

$$D(mm) = \left[\frac{1}{3,15 \cdot 10^{-4} \cdot r^{5/3}}\right]^{3/8} [Q(l/s)]^{3/8}$$

Para cada tramo se seleccionará el diámetro comercial más próximo, resultando suficiente para garantizar el transporte seguro del caudal correspondiente.

Dado que el diámetro comercial seleccionado resulta superior al diámetro de diseño, el grado de llenado de la tubería será inferior al inicialmente previsto. En consecuencia, se determinará el grado de llenado real correspondiente al diámetro comercial adoptado.

No obstante, es posible particularizar la ecuación para un grado de llenado determinado, de modo que la obtención del valor final resulte más directa y se agilice el proceso de dimensionado.

Si $r = \frac{1}{3} \quad \rightarrow \quad D(mm) = 40,86\ [Q(l/s)]^{3/8}$

2.3.3. CÁLCULO DE PRESIONES

Dado que se ha empleado la expresión de Darcy-Weisbach para determinar el valor de la pendiente hidráulica en el dimensionado de los conductos, resulta sencillo obtener, a partir de dicho parámetro, las pérdidas primarias asociadas a la fricción a lo largo del conducto.

$$j = \frac{hf}{L} \Rightarrow hf = L * j$$

$$j = \frac{\Delta p_f}{L} \Rightarrow \Delta p_f = L * j$$

En cuanto a las pérdidas de carga secundarias (debido a los accesorios) viene definida por la siguiente expresión:

$$h_m = K\frac{v^2}{2g}\ [m]$$

$$\Delta p_m = K\rho\frac{v^2}{2}\ [Pa]$$

Con la determinación del valor de las pérdidas primarias y secundarias, se obtiene la pérdida total asociada a cada tramo de la instalación. Seleccionando específicamente las pérdidas totales correspondiente al tramo más desfavorable, es posible proceder al dimensionado de los equipos mediante las simplificaciones indicadas en el apartado 2.2.4.1 "*Flujos Incompresibles a Presión*" , garantizando que estos sean capaces de vencer las pérdidas de carga máximas presentes en el sistema y asegurar así su adecuado funcionamiento.

$$\frac{P_1}{\rho g} + z_1 + H - h_T = \frac{P_2}{\rho g} + z_2\ [m]$$

$$\Delta p_v = (p_6 - p_1) + \frac{1}{2}\rho(v_6^2 - v_1^2) + g(\rho - \rho_a)(z_6 - z_1) + \Delta p_{T_{16}}\ [Pa]$$

2.3.4. DIMENSIONADO MEDIANTE SOFTWARE INFORMÁTICO

Los diseños y dimensionados realizados en el presente proyecto se han desarrollado adicionalmente utilizando la metodología BIM, para ello se ha empleado el software cype.

Para el caso de las instalaciones de fontanería y saneamiento, se ha utilizado concretamente el módulo destinado al diseño de instalaciones de abastecimiento de agua, captación solar térmica y evacuación de aguas residuales y pluviales, denominado cypeplumbing. Este módulo dispone de dos entornos de trabajo diferenciados: Water Systems, orientado al diseño y cálculo de las instalaciones de suministro de agua, y Sanitary System, destinado al diseño y dimensionado de los sistemas de evacuación de aguas residuales y pluviales.

Para la instalación de ventilación se ha empleado el módulo de cype destinado al diseño de instalaciones de climatización (calefacción, ventilación y aire acondicionado), denominado cypehvac.

No obstante, para cada una de las instalaciones se han detallado en sus correspondientes apartados las configuraciones específicas aplicadas en el software, con el fin de garantizar que los criterios de cálculo y dimensionado utilizados coinciden plenamente con los establecidos en el presente proyecto.

3. DISEÑO Y DIMENSIONADO DE LA RED DE FONTANERÍA

El diseño y dimensionado de la instalación se realizará conforme a los establecido en el Documento Básico HS 4 “Suministro de agua” del Código Técnico de Edificación.

3.1. CONFIGURACIÓN DE RED

El edificio objeto del presente proyecto tiene la finalidad de ofrecer el servicio de hospedaje a los estudiantes universitarios, por esa razón, la residencia tendrá un único propietario que ofrecerá el servicio de alquiler por periodos anuales a los estudiantes. Asimismo, el edificio consta de únicamente dos plantas y el garaje, lo que conlleva, una mayor extensión horizontal que vertical

Dada la justificación anterior sobre la tipología de la edificación y su uso, se opta por una instalación compuesta por un contador único y un grupo único de montantes con una distribución horizontal.

3.2. TRAZADO DE LA RED

La conexión a la red general de distribución de la compañía suministradora se realiza por la zona sur del edificio con la tubería de acometida, la cual contiene una llave de paso (llave de acometida) que se encuentra bajo una arqueta exterior a pie de calle y en terreno municipal, de manera que la compañía suministradora pueda realizar un corte de agua al complejo residencial, tal y como se muestra en la *Ilustración 18.*

Ilustración 18: Trazado de la red de fontanería en la planta baja

La instalación continúa hasta llegar al armario del contador general. Se encuentra situado en la fachada sur del edificio a unos 55 cm del suelo, y está compuesto por una llave general de paso, un filtro tipo Y, el contador general, un racor de prueba, una válvula de retención y la llave de salida (*Ilustración 18*).

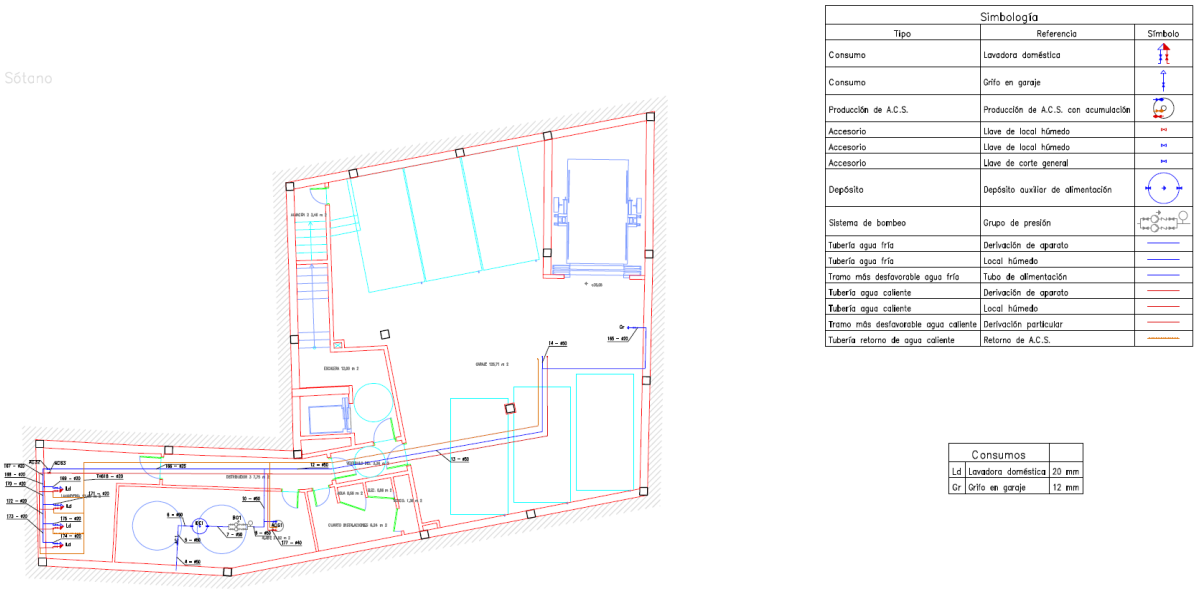


Ilustración 19: Trazado de la red de fontanería en el garaje

En este punto comienza el tubo de alimentación hacia el interior del edificio y hacia el grupo de presión. Éste último se encuentra en el sótano en la zona suroeste de la planta, y se trata de un depósito atmosférico, un grupo de bombeo (compuesto por dos bombas) y un depósito auxiliar presurizado (*Ilustración 19*). No obstante, la instalación contará con un sistema de bypass, de manera que si la presión suministrada por la red de distribución es la suficiente para abastecer la demanda, no se hará uso del grupo de bombeo.

A la salida del grupo de presión, la instalación se dividirá en dos. Por un lado, dará comienzo la distribución de agua fría a los diferentes aparatos de consumo y, por otro lado, dará suministro al productor de agua caliente (ACS), donde se iniciará el suministro del agua caliente a los aparatos de consumo que la requieran (*Ilustración 19*).

La distribución de agua fría y caliente irán de manera paralela en toda la instalación y ambas dispondrán de una llave de paso antes de cada habitación y antes de cada cuarto húmedo, ofreciendo así un suministro independiente para gestionar de manera autónoma cada cuarto húmedo del edificio (*Ilustración 20*).

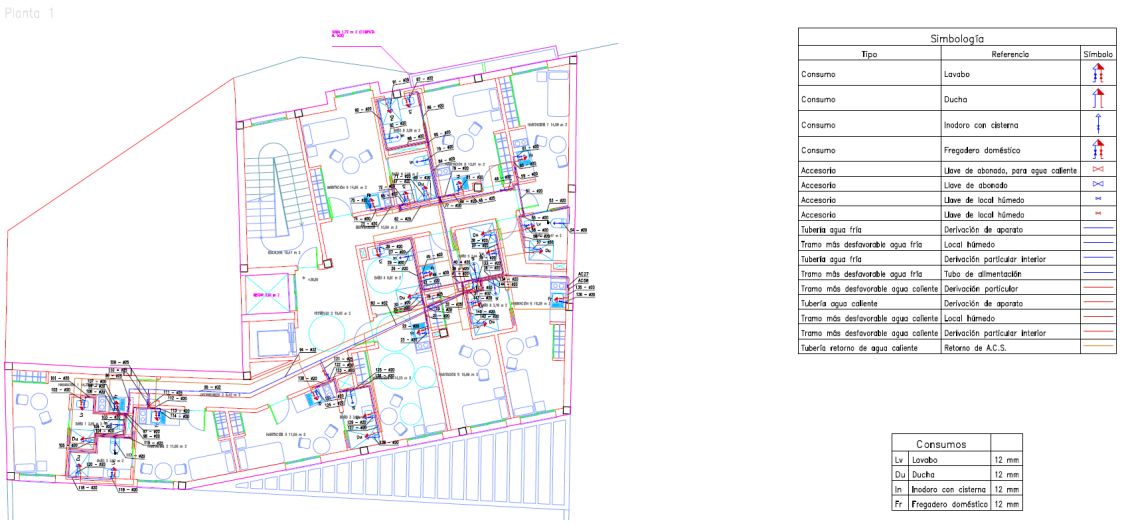


Ilustración 20:Trazado de la red de fontanería en la primera planta

El trazado de la red mostrado en las *Ilustraciones 18, 19 y 20* puede apreciarse con un mayor nivel de detalle en los *Planos 1, 2 y 3*, donde se representa de forma completa la disposición y el desarrollo de la instalación.

La red de agua caliente no es objeto de dimensionado del presente proyecto, no obstante, presenta condiciones más favorables en comparación con la de agua fría. Por tanto, al realizar el cálculo hidráulico de la red de agua fría y aplicar dicho dimensionamiento a la red de agua caliente, se garantiza un funcionamiento adecuado del sistema.

De acuerdo con lo dispuesto en el apartado 2.3 “Ahorro de agua” del DB HS4 del CTE, y considerando que en la presente instalación el trazado conlleva una longitud superior a 15 metros en el ramal de ida hasta el punto de consumo más alejado, se requiere la inclusión de un sistema de retorno que garantice la eficiencia en el uso del agua y el cumplimiento de la normativa vigente.

Tal y como se especifica en el apartado 3.2.1.2.6. "Ascendentes o montantes" del DB HS4 del CTE, las montantes dispondrán de una válvula de vaciado (en la parte inferior), de una válvula de retención y de una llave de corte.

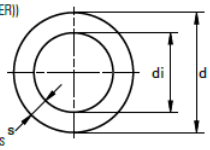
3.3. MATERIALES

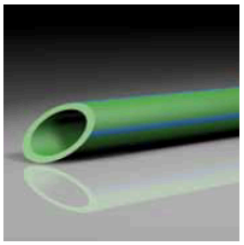
Siguiendo lo establecido en el punto 3 del apartado 2.1.1.”Calidad del agua” del DB HS4 “Suministro de agua” del CTE, se ha optado por el uso de un material de polipropileno, ya que ofrece ventajas como resistencia a la corrosión, buen comportamiento y buena durabilidad.

Se ha escogido el modelo aquatherm green pipe (S) Serie 5 / SDR 11, en la siguiente tabla se encuentran recogidos los diámetros comerciales del fabricante y sus características (*Ilustración 21*).

aquatherm green pipe - SERIE 5 / SDR 11

Estructura de la tubería:	20-355 mm = s (monocapa) 400&450 mm = MF (Multicapa, con refuerzo de fibra (FASER))
Material:	fusiolen PP-R
Serie:	Serie 5 / SDR 11
Normativa:	DIN 8077 / 78, DIN EN ISO 15874, ASTM F 2389, CSA B 137.11
Color:	verde con 4 franjas azul
Forma de suministro:	ø 20-125mm barras de 4 m, * tambien disponible en rollos ø 160-450mm barras de 5,8 m
Ud. de suministro:	en metros
Aplicaciones:	





Serie	Art.-No.	Diámetro d [mm]	Espesor de pared s [mm]	Diámetro interior di [mm]	Capacidad [l/m]	Peso [kg]	DN	ml Paquete [m]	-
5	Soldadura a enchufe								
	10208	20	1,9	16,2	0,206	0,109	15	100	
	10210	25	2,3	20,4	0,327	0,165	20	100	
	10212	32	2,9	26,2	0,539	0,265	25	40	
	10214	40	3,7	32,6	0,834	0,415	32	40	
	10216	50	4,6	40,8	1,307	0,645	40	20	
	10218	63	5,8	51,4	2,074	1,015	50	20	
	10220	75	6,8	61,4	2,959	1,415	65	20	
	10222	90	8,2	73,6	4,252	2,045	80	12	
	10224	110	10,0	90,0	6,359	3,136	-	8	
	10226	125	11,4	102,2	8,199	3,927	100	4	
	10308*	20	1,9	16,2	0,206	0,109	15	100	
	10310*	25	2,3	20,4	0,327	0,158	20	100	
	10312*	32	2,9	26,2	0,539	0,257	25	50	
	Soldadura a tope								
	10230	160	14,6	130,8	13,430	6,416	125	5,8	
	10234	200	18,2	163,6	21,010	9,991	150	5,8	
	10238	250	22,7	204,6	32,861	15,540	200	5,8	
	10242	315	28,6	257,8	52,172	25,700	250	5,8	
	10244	355	32,2	290,6	66,325	31,300	300	5,8	
	10246[1]	400	36,3	327,6	84,290	41,400	300	5,8	
	10248[1]	450	40,9	368,2	106,477	52,400	400	5,8	

[1] estabilizada mediante una mezcla de fibra de vidrio integrada como una capa intermedia en el material fusiolen® PP-R.

Ilustración 21: Especificaciones técnicas del fabricante de la tubería aquatherm green pipe serie 5 / SDR 11

Cuenta con una rugosidad de 0,007 mm y una conductividad térmica de 0,15 W/(mK).

3.4. CRITERIOS DE DISEÑO

Según el apartado 4.2.1 “Dimensionado de los tramos” DB HS4 del CTE, la velocidad de cálculo debe estar comprendida dentro de los siguientes intervalos:

- tuberías metálicas: entre 0,50 m/s y 2,00 m/s
- tuberías termoplásticas y multicapas: entre 0,50 m/s y 3,50 m/s

Como el material seleccionado para dicho proyecto es un termoplástico, el criterio de velocidad que debe cumplir será entre 0,50 y 3,50 m/s. No obstante, se define como criterio de diseño el control de la velocidad del fluido, de modo que se seleccionará aquel diámetro comercial que permita mantenerla lo más próxima posible a 1 m/s, estableciéndose un rango operativo comprendido entre 0,95 m/s y 1,50 m/s.

Asimismo, se emplea el criterio de pendiente hidráulica para el cálculo de los diámetros, adoptando un intervalo de trabajo comprendido entre 30 y 40 mm/m.

3.5. CÁLCULO DE CAUDALES

Los caudales dependen del tipo de aparato instalado y de la cantidad de cada uno de ellos. En el apartado 2.1.3 “Condiciones mínimas de suministro” del DB HS4 del CTE especifica el caudal mínimo necesario a suministrar para cada tipo de aparato (*Ilustración 22*).

Tabla 2.1 Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría [dm³/s]	Caudal instantáneo mínimo de ACS [dm³/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	-

Ilustración 22: Caudal instantáneo mínimo requerido por el HS4 para una instalacion de fontaneria

El presente complejo residencial prevé tener los siguientes aparatos en sus respectivas estancias:

- En el garaje
  - 1 grifo de garaje.
  - 1 lavandería compuesta por 4 lavadoras domésticas.
- En la planta baja
  - 2 baños comunes compuestos cada uno de 1 inodoro con cisterna y 1 lavabo.
  - 1 cocina con 1 fregadero doméstico y 1 lavavajillas.
- En la planta primera
  - 9 habitaciones compuestas por un baño y una cocina cada una, cada baño estará compuesto por 1 inodoro con cisterna, 1 lavabo y 1 ducha, y cada cocina compuesta por 1 fregadero doméstico.

En la *Tabla 2* se detalla un resumen del tipo y número de aparatos instalados.

Garaje	Lavandería	4 Lavadoras doméstica
	Grifo garaje	1 Grifo de garaje
Planta Baja	Cocina	1 Fregadero doméstico + 1 Lavavajillas doméstico
	Cuarto de baño (x2)	1 Inodoro con cisterna + 1 Lavabo
Planta Primera (9 habitaciones)	Cuarto de baño (x9)	1 Inodoro con cisterna + 1 Lavabo + 1 Ducha
	Cocina (x9)	1 Fregadero doméstico

Tabla 2: Aparatos contenidos en la instalacion de fontaneria

En total, se necesita suministrar un caudal que satisfaga la necesidad de 47 aparatos, es decir, 10 fregaderos domésticos, 11 inodoros con cisterna, 11 lavabos, 9 duchas, 1 lavavajillas, 1 grifo de garaje y 4 lavadoras.

La *Tabla 3* muestra los caudales instantáneos mínimos necesarios para cada tipo de aparatos de esta instalación, tal y como se ha mostrado en la *Ilustración 22* proporcionada por el CTE.

Cuarto de baño		Cocina		Garaje	
Aparato	Q (l/s)	Cocina	Q (l/s)	Aparato	Q (l/s)
Lavabo	0,1	Fregadero	0,2	Lavadora	0,2
Ducha	0,2	Lavavajillas	0,15	Grifo Garaje	0,2
Inodoro	0,1				

Tabla 3: Caudales mínimos de cada aparato de la instalación de fontanería según el HS4

Por lo tanto, los caudales para agua fría para cada planta:

$$Q_G = 1 \cdot 0,2\,\frac{l}{s} + 4 \cdot 0,2\,\frac{l}{s} = 1\frac{l}{s}$$

$$Q_{PB} = 2 \cdot (1 \cdot 0,1\,\frac{l}{s} + 1 \cdot 0,1\,\frac{l}{s}) + 1 \cdot 0,2\,\frac{l}{s} + 1 \cdot 0,15\,\frac{l}{s} = 0,75\frac{l}{s}$$

$$Q_{P1} = 9 \cdot (1 \cdot 0,1\,\frac{l}{s} + 1 \cdot 0,2\,\frac{l}{s} + 1 \cdot 0,1\,\frac{l}{s}) + 9 \cdot 0,2\,\frac{l}{s} = 5,4\frac{l}{s}$$

$$Q_T = 1\frac{l}{s} + 0,75\frac{l}{s} + 5,4\frac{l}{s} = 7,15\frac{l}{s}$$

Quedando un caudal mínimo total de 7,15 l/s para suministrar los 47 aparatos.

Para la realización del cálculo de la simultaneidad de caudales, se va a emplear el método racional simplificado, tal y como se ha desarrollado en el apartado 2.3.1.1. “Racional simplificado”.

Dado que para el presente edificio, cada habitación se puede determinar como una pequeña vivienda, se va a realizar los cálculos considerando que es un “Edificio de viviendas”, por lo que:

$$\alpha = 2$$

Podría definirse como “Hoteles y Hospitales”, y considerar el edificio como un hotel, pero dado que el concepto para la estancia en un hotel es corta, mientras que en el complejo residencial se prevé una estancia larga de los estudiantes, se ha decidido calcular el complejo como un “Edificio de viviendas”.

Los resultados obtenidos para el tramo 1 corresponden al conducto encargado de transportar el caudal que abastece a la totalidad del edificio, dado que dicho tramo se extiende desde la acometida general hasta el contador principal:

$$Q_{INST} = 7,15\frac{l}{s}$$

$$k_a = \frac{1}{\sqrt{x-1}} + 0,035\alpha(1 + log(log(x))) =$$
$$= \frac{1}{\sqrt{47-1}} + 0,035 \cdot 2 \cdot (1 + log(log(47))) = 0,233$$

$$Q_p = k_a Q_{INST} = 0,233 \cdot 7,15\frac{l}{s} = 1,666\frac{l}{s}$$

La *Tabla 4* presenta el tramo más desfavorable de la instalación, junto con todas sus características de cálculo. De manera que en dicha tabla también es posible visualizar los valores correspondientes al caudal instalado (Q_{INST}) y al caudal simultáneo (Q_p) para cada uno de los tramos.

					Racional Simplificado (alpha=2)		
Nº Tramo Cype	Descripción	L (m)	z (m)	nº Consumos	Qinst (l/s)	Ka	Qp (l/s)
1	Acom-Cont	6,41	0	47	7,15	0,233	1,666
2	Acom-Cont	0,90	0,55	47	7,15	0,233	1,666
	Contador						1,666
3	Cont - Dep	1,22	-0,75	47	7,15	0,233	1,666
4	Cont - Dep	1,04	0	47	7,15	0,233	1,666
5	Cont - Dep	0,71	0	47	7,15	0,233	1,666
6	Cont - Dep	0,52	0	47	7,15	0,233	1,666
7	Dep - Bomb	0,79	0	47	7,15	0,233	1,666
8	Bomb - ACS	3,21	2,6	47	7,15	0,233	1,666
9	ACS - Lav	0,02	0	47	7,15	0,233	1,666
10	ACS - Lav	1,01	0	47	7,15	0,233	1,666
11	ACS - Lav	1,02	0	47	7,15	0,233	1,666
12	Lav - Gar	2,54	0	43	6,35	0,239	1,519
13	Lav - Gar	10,76	0	43	6,35	0,239	1,519
14	Gar - M	0,46	0	42	6,15	0,241	1,482
15	M1	3	3	42	6,15	0,241	1,482
16	M2	3	3	36	5,4	0,252	1,363
17	M - M	0,20	0	32	4,8	0,262	1,258
93	M - H3	6,98	0	12	1,8	0,374	0,673
94	H3 - H2	3,26	0	8	1,2	0,445	0,534
95	H3 - H2	4,23	0	8	1,2	0,445	0,534
109	H2	0,52	0	4	0,6	0,632	0,379
110	H2	0,14	0	4	0,6	0,632	0,379
111	H2	0,12	0	4	0,6	0,632	0,379
115	In2	2,09	0	3	0,4	0,755	0,302
116	In2	0,43	0	3	0,4	0,755	0,302
118	Du2	4,02	0	2	0,3	1	0,30
120	Du2	2,25	-2,05	1	0,2	1	0,2

Tabla 4: Resumen de los caudales simultáneos del tramo más desfavorable de la instalación de fontanería

3.6. CÁLCULO DE DIÁMETROS

Mediante el método de cálculo expuesto en el apartado 2.3.2. “Cálculo de Diámetros” para fontanería, se ha determinado el diámetro comercial adecuado para cada uno de los tramos. Siguiendo el método de cálculo y el ejemplo del apartado anterior sobre el tramo 1:

$$v = \frac{4\,Q_p}{\pi\,D^2} = \frac{4 \cdot 1{,}666}{\pi \cdot 0{,}0408^2} = 1,27\ m/s$$

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} = \frac{1000 \cdot 1{,}27 \cdot 0{,}0408}{0{,}001} = 52004,73$$

$$\lambda = \frac{0{,}25}{\left[\log_{10}\left(\frac{\frac{\varepsilon}{D}}{3{,}71} + \frac{5{,}74}{\mathrm{Re}^{0{,}9}}\right)\right]^2} \Rightarrow \lambda = 0,021$$

$$j = \frac{\lambda\, 8 Q^2}{D^5 \pi^2 g} = \frac{0{,}021 \cdot 8 \cdot (1{,}666 \cdot 10^{-3})^2}{0{,}0408^5 \pi^2 g} = 0,043 \frac{m}{m}$$

De acuerdo a los criterios comentados en el apartado 3.4. “*Criterios de diseño*”, es importante saber que el criterio de velocidad es de obligado cumplimiento, por ello, se escogerá un diámetro comercial donde se garantice que la velocidad se encuentre dentro del rango, y que la pendiente hidráulica sea un valor lo más cercano a su rango ya comentado.

El análisis de la instalación ha permitido identificar el tramo que presenta las condiciones más desfavorables, quedando reflejado en la *Tabla 5*, donde se se incluyen los parámetros tales como el diámetro comercial seleccionado, la velocidad del fluido, el número de Reynolds, el coeficiente de fricción (λ) y la pendiente hidráulica. Asimismo, los valores correspondientes a la velocidad y a la pendiente hidráulica se encuentran resaltados en color verde cuando

cumplen con el rango de trabajo preestablecido, y en color rojo en caso contrario, facilitando así la identificación visual del cumplimiento de los criterios de diseño.

					Racional Simplificado (alpha=2)								
Nº Tramo Cype	Descripción	L (m)	z (m)	nº Consumos	Qinst (l/s)	Qp (l/s)	Referencia	Dint (mm)	v (m/s)	Re	ε/D	λ	j (mm^-1)
1	Acom-Cont	6,41	0	47	7,15	1,666	Ø50	40,8	1,27	52004,73	0,00017	0,021	0,043
2	Acom-Cont	0,90	0,55	47	7,15	1,666	Ø50	40,8	1,27	52004,73	0,00017	0,021	0,043
	Contador					1,666							
3	Cont - Dep	1,22	-0,75	47	7,15	1,666	Ø50	40,8	1,27	52004,73	0,00017	0,021	0,043
4	Cont - Dep	1,04	0	47	7,15	1,666	Ø50	40,8	1,27	52004,73	0,00017	0,021	0,043
5	Cont - Dep	0,71	0	47	7,15	1,666	Ø50	40,8	1,27	52004,73	0,00017	0,021	0,043
6	Cont - Dep	0,52	0	47	7,15	1,666	Ø50	40,8	1,27	52004,73	0,00017	0,021	0,043
7	Dep - Bomb	0,79	0	47	7,15	1,666	Ø50	40,8	1,27	52004,73	0,00017	0,021	0,043
8	Bomb - ACS	3,21	2,6	47	7,15	1,666	Ø50	40,8	1,27	52004,73	0,00017	0,021	0,043
9	ACS - Lav	0,02	0	47	7,15	1,666	Ø50	40,8	1,27	52004,73	0,00017	0,021	0,043
10	ACS - Lav	1,01	0	47	7,15	1,666	Ø50	40,8	1,27	52004,73	0,00017	0,021	0,043
11	ACS - Lav	1,02	0	47	7,15	1,666	Ø50	40,8	1,27	52004,73	0,00017	0,021	0,043
12	Lav - Gar	2,54	0	43	6,35	1,519	Ø50	40,8	1,16	47404,89	0,00017	0,022	0,037
13	Lav - Gar	10,76	0	43	6,35	1,519	Ø50	40,8	1,16	47404,89	0,00017	0,022	0,037
14	Gar - M	0,46	0	42	6,15	1,482	Ø50	40,8	1,13	46234,18	0,00017	0,022	0,0349
15	M1	3	3	42	6,15	1,482	Ø50	40,8	1,13	46234,18	0,00017	0,022	0,0349
16	M2	3	3	36	5,4	1,363	Ø50	40,8	1,04	42546,74	0,00017	0,022	0,0301
17	M - M	0,20	0	32	4,8	1,258	Ø50	40,8	0,96	39251,11	0,00017	0,023	0,026
93	M - H3	6,98	0	12	1,8	0,673	Ø32	26,2	1,25	32700,40	0,00027	0,024	0,072
94	H3 - H2	3,26	0	8	1,2	0,534	Ø32	26,2	0,99	25942,93	0,00027	0,025	0,048
95	H3 - H2	4,23	0	8	1,2	0,534	Ø32	26,2	0,99	25942,93	0,00027	0,025	0,048
109	H2	0,52	0	4	0,6	0,379	Ø25	20,4	1,16	23664,47	0,00034	0,026	0,086
110	H2	0,14	0	4	0,6	0,379	Ø25	20,4	1,16	23664,47	0,00034	0,026	0,086
111	H2	0,12	0	4	0,6	0,379	Ø25	20,4	1,16	23664,47	0,00034	0,026	0,086
115	In2	2,09	0	3	0,4	0,302	Ø20	16,2	1,46	23723,46	0,00043	0,026	0,1746
116	In2	0,43	0	3	0,4	0,302	Ø20	16,2	1,46	23723,46	0,00043	0,026	0,1746
118	Du2	4,02	0	2	0,3	0,30	Ø20	16,2	1,46	23578,51	0,00043	0,026	0,1727
120	Du2	2,25	-2,05	1	0,2	0,2	Ø20	16,2	0,97	15719,01	0,00043	0,028	0,084

Tabla 5: Resumen de los diámetros comerciales escogidos en el tramo más desfavorable de la red de fontanería

La *Tabla 6* muestra un resumen de los diámetros comerciales del fabricante, el diámetro interior, el espesor y la rugosidad del material.

Aquatherm green pipe (Serie 5 / SDR 11)				
Referencia	Dext (mm)	Espesor (mm)	Dint (mm)	Rugosidad (mm)
Ø20	20	1,9	16,2	0,007
Ø25	25	2,3	20,4	
Ø32	32	2,9	26,2	
Ø40	40	3,7	32,6	
Ø50	50	4,6	40,8	
Ø63	63	5,8	51,4	
Ø75	75	6,8	61,4	
Ø90	90	8,2	73,6	
Ø110	110	10	90	
Ø125	125	11,4	102,2	
Ø160	160	14,6	130,8	
Ø200	200	18,2	163,6	
Ø250	250	22,7	204,6	
Ø315	315	28,6	257,8	
Ø355	355	32,2	290,6	
Ø400	400	36,3	327,4	
Ø450	450	40,9	368,2	

Tabla 6: Diámetros comerciales y sus dimensiones del tipo de tubería escogidos para la instalación de fontanería

Es importante recalcar, que los diámetros que se han escogido cumplen con los mínimos establecidos según el tipo de aparato en el apartado 4.3.“Dimensionado de las derivaciones a cuartos húmedos y ramales de enlace” del DB HS4 del CTE (*Ilustración 23 y 24*) .

Tabla 4.2 Diámetros mínimos de derivaciones a los aparatos

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

Ilustración 23: Diámetros mínimos de derivaciones a los aparatos según el HS4

Tabla 4.3 Diámetros mínimos de alimentación

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

Ilustración 24: Diámetros mínimos de alimentación según el HS4

3.7.CÁLCULO DE PRESIONES

Se ha aplicado el procedimiento establecido en el apartado 2.3.3. "Cálculo de Presiones", mediante el cual, empleando la ecuación de Darcy-Weisbach junto con la correspondiente pendiente hidráulica, se han obtenido las pérdidas de carga primarias asociadas al rozamiento en los distintos tramos de la instalación.

$$j = \frac{hf}{L} \Rightarrow hf = L * j$$

No obstante, para el cálculo de las pérdidas de carga secundaria se va a emplear el método de la longitud equivalente, es decir, las pérdidas de carga secundarias computarán un 20% de las primarias, lo equivalente a tener un 20% más de tramo recto.

La *Tabla 8* recoge las pérdidas de carga primarias, secundarias y totales, así como el resto de parámetros de cálculo del tramo más desfavorable.

Se han analizado los recorridos y caudales de toda la instalación, y se ha determinado que el tramo más desfavorable corresponde al que alimenta la habitación 2 de la segunda planta, ya que presenta la mayor pérdida de presión acumulada debido a su mayor longitud del recorrido. El tramo completo desde su inicio en el tramo 9 (salida del depósito presurizado) hasta el tramo 120 (la ducha de la habitación 2 en la segunda planta), tiene una pérdida de presión de 3,82 m.c.a.

Asimismo, se ha llevado a cabo el cálculo de la longitud equivalente, procedimiento que permite estimar la equivalencia de la longitud de tubería recta que produce la misma pérdida de carga que la tubería real con accesorios. Esta longitud se determina mediante el incremento de un porcentaje sobre la longitud real de la tubería, con el fin de reflejar adecuadamente dichas pérdidas en el dimensionado hidráulico. El porcentaje establecido para cada tipo de tubería viene definido en la *Tabla 7* y el resultado para el tramo más desfavorable se encuentra reflejado en la *Tabla 8.*

TIPO DE TUBERÍA	% Longitud
Acometida	20 %
Tubo de alimentación	20 %
Derivación Particular interior	30 %
Local húmedo	30 %
Derivación de aparato	30 %

Tabla 7: Porcentaje de longitud equivalente según el tipo de tubería

Se ha optado por asignar estos valores de manera que la longitud de los tramos correspondientes a la derivación particular interior, al local húmedo y a la derivación del aparato sea un 10 % superior al resto, dado que dichos tramos discurren por zonas con un mayor número de accesorios y elementos singulares, lo que genera pérdidas de carga adicionales que deben ser consideradas en el dimensionamiento de la instalación.

					Tipo de consumos							Racional Simplificado (alpha=2)														
Nº Tramo Cype	Descripción	L (m)	z (m)	nº Consumos	Fregadero	Inodoro	Lavabo	Ducha	Lavavajillas	Grifo en garaje	Lavadora	Qinst (l/s)	Ka	Qp (l/s)	Referencia	Dint (mm)	v (m/s)	Re	ε/D	λ	j (mm^-1)	hf (m)	C (m/(l/s)^2)	hm (m)	ht (m)	Leq (m)
1	Acom-Cont	6,41	0	47	10	11	11	9	1	1	4	7,15	0,233	1,666	Ø50	40,8	1,27	52004,73	0,00017	0,021	0,043	0,277		0,06	0,33	7,69
2	Acom-Cont	0,90	0,55	47	10	11	11	9	1	1	4	7,15	0,233	1,666	Ø50	40,8	1,27	52004,73	0,00017	0,021	0,043	0,039		0,01	0,05	1,08
	Contador													1,666									2,097	5,82	5,82	
3	Cont - Dep	1,22	-0,75	47	10	11	11	9	1	1	4	7,15	0,233	1,666	Ø50	40,8	1,27	52004,73	0,00017	0,021	0,043	0,053		0,01	0,06	1,46
4	Cont - Dep	1,04	0	47	10	11	11	9	1	1	4	7,15	0,233	1,666	Ø50	40,8	1,27	52004,73	0,00017	0,021	0,043	0,045		0,01	0,05	1,25
5	Cont - Dep	0,71	0	47	10	11	11	9	1	1	4	7,15	0,233	1,666	Ø50	40,8	1,27	52004,73	0,00017	0,021	0,043	0,031		0,01	0,04	0,85
6	Cont - Dep	0,52	0	47	10	11	11	9	1	1	4	7,15	0,233	1,666	Ø50	40,8	1,27	52004,73	0,00017	0,021	0,043	0,022		0,004	0,03	0,62
7	Dep - Bomb	0,79	0	47	10	11	11	9	1	1	4	7,15	0,233	1,666	Ø50	40,8	1,27	52004,73	0,00017	0,021	0,043	0,034		0,01	0,04	0,95
8	Bomb - ACS	3,21	2,6	47	10	11	11	9	1	1	4	7,15	0,233	1,666	Ø50	40,8	1,27	52004,73	0,00017	0,021	0,043	0,138		0,03	0,17	3,85
9	ACS - Lav	0,02	0	47	10	11	11	9	1	1	4	7,15	0,233	1,666	Ø50	40,8	1,27	52004,73	0,00017	0,021	0,043	0,001		0,0002	0,001	0,02
10	ACS - Lav	1,01	0	47	10	11	11	9	1	1	4	7,15	0,233	1,666	Ø50	40,8	1,27	52004,73	0,00017	0,021	0,043	0,044		0,01	0,05	1,21
11	ACS - Lav	1,02	0	47	10	11	11	9	1	1	4	7,15	0,233	1,666	Ø50	40,8	1,27	52004,73	0,00017	0,021	0,043	0,044		0,01	0,05	1,22
12	Lav - Gar	2,54	0	43	10	11	11	9	1	1	0	6,35	0,239	1,519	Ø50	40,8	1,16	47404,89	0,00017	0,022	0,037	0,093		0,02	0,11	3,05
13	Lav - Gar	10,76	0	43	10	11	11	9	1	1	0	6,35	0,239	1,519	Ø50	40,8	1,16	47404,89	0,00017	0,022	0,037	0,393		0,08	0,47	12,91
14	Gar - M	0,46	0	42	10	11	11	9	1	0	0	6,15	0,241	1,482	Ø50	40,8	1,13	46234,18	0,00017	0,022	0,0349	0,016		0,003	0,02	0,55
15	M1	3	3	42	10	11	11	9	1	0	0	6,15	0,241	1,482	Ø50	40,8	1,13	46234,18	0,00017	0,022	0,0349	0,105		0,02	0,13	3,60
16	M2	3	3	36	9	9	9	9	0	0	0	5,4	0,252	1,363	Ø50	40,8	1,04	42546,74	0,00017	0,022	0,0301	0,090		0,02	0,11	3,60
17	M - M	0,20	0	32	8	8	8	8	0	0	0	4,8	0,262	1,258	Ø50	40,8	0,96	39251,11	0,00017	0,023	0,026	0,005		0,001	0,01	0,24
93	M - H3	6,98	0	12	3	3	3	3	0	0	0	1,8	0,374	0,673	Ø32	26,2	1,25	32700,40	0,00027	0,024	0,072	0,502		0,10	0,60	8,38
94	H3 - H2	3,26	0	8	2	2	2	2	0	0	0	1,2	0,445	0,534	Ø32	26,2	0,99	25942,93	0,00027	0,025	0,048	0,155		0,03	0,19	3,91
95	H3 - H2	4,23	0	8	2	2	2	2	0	0	0	1,2	0,445	0,534	Ø32	26,2	0,99	25942,93	0,00027	0,025	0,048	0,201		0,04	0,24	5,08
109	H2	0,52	0	4	1	1	1	1	0	0	0	0,6	0,632	0,379	Ø25	20,4	1,16	23664,47	0,00034	0,026	0,086	0,045		0,01	0,05	0,62
110	H2	0,14	0	4	1	1	1	1	0	0	0	0,6	0,632	0,379	Ø25	20,4	1,16	23664,47	0,00034	0,026	0,086	0,012		0,002	0,01	0,18
111	H2	0,12	0	4	1	1	1	1	0	0	0	0,6	0,632	0,379	Ø25	20,4	1,16	23664,47	0,00034	0,026	0,086	0,010		0,002	0,01	0,16
115	In2	2,09	0	3	0	1	1	1	0	0	0	0,4	0,755	0,302	Ø20	16,2	1,46	23723,46	0,00043	0,026	0,1746	0,365		0,07	0,44	2,72
116	In2	0,43	0	3	0	1	1	1	0	0	0	0,4	0,755	0,302	Ø20	16,2	1,46	23723,46	0,00043	0,026	0,1746	0,075		0,02	0,09	0,56
118	Du2	4,02	0	2	0	0	1	1	0	0	0	0,3	1	0,30	Ø20	16,2	1,46	23578,51	0,00043	0,026	0,1727	0,694		0,14	0,83	5,23
120	Du2	2,25	-2,05	1	0	0	0	1	0	0	0	0,2	1	0,2	Ø20	16,2	0,97	15719,01	0,00043	0,028	0,084	0,189		0,04	0,23	2,70

Tabla 8: Resultados en hoja de cálculo de los tramos más desfavorables para la instalación de fontanería a través del método racional simplificado

3.8. SELECCIÓN DE EQUIPOS

3.8.1.CONTADOR

Para seleccionar el contador, se ha optado por el contador Gama Máraton World R100 (*Ilustración 25)*. En la *Ilustración 26* se puede apreciar los diferentes tamaños comerciales que ofrece el fabricante.

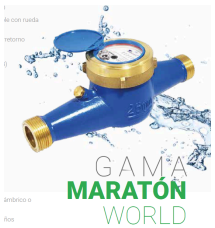


Ilustración 25: Contador Gama Máraton World R100

DATOS **TÉCNICOS**

Diámetro nominal	DN	mm	20	25	32	40	50
Caudal Permanencia	Q_3	m³/h	4	6.3	10	16	25
Caudal de Sobrecarga	Q_4	m³/h	5.0	7.88	12.5	20	31,23
Caudal de transición	Q_2	dm³/h	0.04	0.063	0.100	0.160	0.250
Caudal mínimo	Q_1	dm³/h	0.025	0.0393	0.062	0.100	0.156
Clase de Temperatura		ºC	T30/50				
Clases de sensibilidad de perfil de flujo	-	-	U0,D0				
Lectura máxima		m³	99.999			999.999	
División mínima de lectura		m³	0.00005				
Presión máxima	Pmax	MAP (Bar)	16				
Pérdida de presión máxima	ΔP	Δ P (Bar)	0,63				
Error en el rango: Q2 ≤ Q ≤ Q4	ε	%	±2 para temperaturas del agua ≤30ºC ±3 para temperatura del agua > 30ºC				
Error en el rango: Q1 ≤ Q ≤ Q2	ε	%	±5				

Ilustración 26: Datos técnicos del contador Gama Máraton World R100

El caudal de diseño (Q_p) para la acometida es 1,666 l/s (equivalente a 5,99 m^3/h). Dado que para seleccionar el contador, el caudal de diseño debe ser lo más cercano al caudal nominal (Q_3), se ha escogido el contador DN 25, cuyas especificaciones muestran que el caudal nominal es de 6,3 m^3/h (equivalente a 1,75 l/s).

Las pérdidas de carga de este modelo son 0,63 bar (6,422 m) para el caudal permanente ($Q_3 = 6,3\, m^3/h = 1,75\, l/s$). Con este valor se puede determinar la constante C del contador:

$$h_m = CQ^2 \quad \Rightarrow \quad C = \frac{h_m}{Q^2} = \frac{6{,}422}{1{,}75^2} = 2,097 \frac{m}{l/s^2}$$

Por lo tanto, con este valor, ya es posible calcular las pérdidas en el contador para el caudal de diseño ($Q_p = 1,666\, l/s$):

$$h_m = CQ^2 = 2,097 \cdot 1,666^2 = 5,82\, m$$

Las pérdidas en el contador son 5,82 m.

3.8.2.SISTEMA DE SOBREELEVACIÓN

El sistema de presión escogido cuenta con un depósito auxiliar, un sistema de bombeo y un depósito presurizado.

3.8.2.1.DEPÓSITO AUXILIAR

El depósito auxiliar viene definido por el DB HS4 del CTE en el apartado 4.5.2.1. “Cálculo del depósito auxiliar de alimentación”, donde queda definido el volumen del depósito en función del tiempo previsto de utilización.

$$V = Q \cdot t \cdot 60$$

Siendo V el volumen del depósito en litros, Q el caudal máximo simultáneo en l/s y t el tiempo estimado en minutos (entre 15 y 20).

Siendo el caudal máximo instantáneo 1,666 l/s y asumiendo que el tiempo estimado de funcionamiento es el máximo permitido (20 min), el volumen del depósito es:

$$V = Q \cdot t \cdot 60 = 1,666 \cdot 20 \cdot 60 = 1999,2\ l$$

Obteniendo como resultado la necesidad de un depósito con una capacidad comercial de aproximadamente 2000 l.

3.8.2.2.SISTEMA DE BOMBEO

El apartado 4.5.2.2. “Cálculo de las bombas” del DB HS4 del CTE, se establece que el número de bombas a instalar (sin contar la bomba de reserva) se determina en función del caudal total, estableciendo la siguiente disposición:

- 2 bombas para caudales por debajo de 10 l/s
- 3 bombas para caudales entre 10 y 30 l/s
- 4 bombas para caudales a partir de 30 l/s

Para la presente instalación, sabiendo que el caudal instantáneo de la instalación (1,666 l/s) se encuentra por debajo de los 10 l/s, se va a emplear un sistema de dos bombas conectadas en paralelo y con funcionamiento alterno.

Es indispensable cumplir la presión mínima exigida en el apartado 2.1.3 “Condiciones mínimas de suministro” del DB HS4 del CTE, en la que expone que la presión mínima de suministro (Pr) es de 100 kPa para grifos comunes y 150 kPa para fluxores y calentadores, y una presión máxima de 500 kPa. Siendo conocedor de esta información, se va a calcular la presión necesaria que debe suministrar el grupo de presión para que en el punto más desfavorable de la instalación la presión sea superior a la mínima requerida.

Tal y como define el apartado 4.5.2.2 previamente mencionado, la presión mínima o de arranque (Pb) será el resultado de la altura geométrica de aspiración (Ha), la altura geométrica (Hg), la pérdida de carga del circuito (ht) y la presión residual en el grifo (Pr). Esta expresión es el resultado y simplificación de la ecuación de la conservación de la energía mecánica.

$$P_b = P_r + H_a + H_g + h_T$$

Al ser la altura geométrica de aspiración despreciable, la expresión queda:

$$P_b = P_r + H_g + h_T$$

Tras analizar los recorridos y caudales de toda la instalación, se determina que el tramo más desfavorable corresponde al que alimenta la habitación 2 de la segunda planta. Para calcular la presión necesaria en este punto, se considera, en primer lugar, la presión mínima en el grifo establecida por el CTE y ya mencionada anteriormente, fijada en aproximadamente 10 mca (100 kPa). Asimismo, la altura geométrica asciende a 6,55 metros, correspondiente a la distancia vertical entre la salida del depósito y el punto de consumo (ducha de la habitación 2). A esta diferencia de altura se suma la pérdida de carga acumulada en el circuito, comprendida entre la salida del depósito presurizado (tramo 9) y el punto de consumo (tramo 120), cuyo valor es de 3,82 metros. Por lo tanto, la presión necesaria en el punto más desfavorable resulta de la suma de los tres términos mencionados:

$$P_b = P_r + H_g + h_T = 10 + 6,55 + 3,82 = 20,37\ mca$$

Tras lo previamente comentado, se debe seleccionar una bomba con el punto de trabajo indicado en la *Tabla 9*.

Punto de trabajo	
Hm (m)	20,37
Caudal (l/s)	1,666

Tabla 9: Punto de trabajo de la bomba de la instalación de fontanería

3.8.2.3.DEPÓSITO DE PRESIÓN O CALDERÍN

Se ha optado por instalar un depósito de presión en la instalación, debido a que gracias a este dispositivo se puede garantizar un suministro de agua continuo y equilibrado, sobre todo en aquellos casos en los que varios puntos de consumo se encuentren en funcionamiento simultáneamente. Este aparato se encarga de mantener constante la presión del agua, de manera que cuando la presión en su interior cae por debajo de un valor mínimo preestablecido, el sistema de bombeo se activa y proporciona la presión requerida hasta alcanzar el valor máximo, provocando la desactivación del sistema de bombeo. Permitiendo así el uso intermitente de las bombas, consiguiendo alargar su vida útil y reducir el consumo de energía.

El valor mínimo del umbral preestablecido o presión de arranque viene determinada por la presión mínima necesaria en el punto más desfavorable de la instalación, en este caso, son 20,37 mca (P_b ó H_m de la bomba). En cambio, el valor máximo o la presión de parada suele ser una diferencia de presión de 20-30 m con respecto a la presión de arranque, la cual se ha escogido para la presente instalación una diferencia de 20 m. Por lo tanto, la presión de arranque es 20,37 m y la presión de parada es de 40,37 m.

En el apartado 4.5.2.3 “Cálculo del depósito de presión” del DB HS4 del CTE, proporciona la siguiente expresión para el cálculo del presente depósito:

$$Vn = Pb\, x\, Va\, / Pa$$

Siendo Vn el volumen útil del dispositivo de membrana, P_b la presión absoluta mínima, V_a el volumen mínimo de agua y P_a la presión absoluta máxima.

Dado que este método se basa en la ley de los gases ideales y se ha considerado que no es apropiado para seleccionar el dispositivo en la presente instalación de fontanería, se va utilizar el método especificado en la norma UNE 100155:2004, cuya expresión viene dada por:

$$V = K\frac{60\,Q_b(p_p+10{,}33)}{4\,\Delta p\,Nc\,Nb}$$

Siendo

- V = el volumen total del depósito en litros
- K = el coeficiente de seguridad (1,25 para depósitos de membrana y mayor que 2 para otros tipos de materiales)
- Qb = el caudal de la bomba en litros por minuto
- Pp = la presión manométrica de parada en metros
- Δp = la diferencia entre las presiones de parada y arranque, en metros
- Nc = el número máximo de arranques permitidos por hora
- Nb = la cantidad de bombas instaladas, excluyendo la bomba de arranque.

Sabiendo que el depósito seleccionado es de membrana, el caudal de la bomba es 1,666 l/s (99,98 l/min), la presión manométrica de parada es 40,37, la diferencia de presión es 20 m, el número de máximo de arranques permitidos por hora es de 20 y la cantidad de bombas instaladas son 2.

$$V = K\frac{60\,Q_b(p_p+10{,}33)}{4\,\Delta p\,Nc\,Nb} = 1{,}25\frac{60\cdot 99{,}98\cdot(40{,}37+10{,}33)}{4\cdot 20\cdot 20\cdot 2} = 118{,}8\,L$$

Por lo tanto, siempre que el fabricante disponga, se instalará un depósito de 120 l. En caso contrario, se escogerá aquel depósito con un volumen lo más cercano posible a 120 l.

3.9. SOBREPRESIÓN Y ALIMENTACIÓN DIRECTA CON PRESIÓN DE RED

La presión de red suministrada por la compañía aguas de Albacete se encuentra entre 3,5 y 5,5 bar. No se garantiza el valor de una presión constante y estable, por ello, se ha optado por instalar un by-pass junto con una válvula de 3 vías que se acciona por presión, de manera que mientras se suministre una presión suficiente para alimentar la instalación, el sistema funcione sin grupo de presión. En cambio, si la presión de red es insuficiente, el grupo de presión será capaz de dar suministro al complejo residencial.

Para el desarrollo del presente proyecto se va a considerar la situación más desfavorable, y por lo tanto, se va a asumir que la presión de red es de 3,5 bar (aproximadamente 35 mca)

Para comprobar que la presión de red es suficiente para dar suministro a la instalación, se va a calcular la presión de red necesaria desde el punto de acometida hasta el punto más desfavorable de la instalación. Para ello, solo es necesario el cálculo de la presión entre el punto de acometida y el depósito, ya que anteriormente se ha calculado la presión necesaria entre el depósito y el punto más desfavorable (20,37m).

Para el cálculo de la presión entre el punto de acometida y el depósito, es necesario tener en cuenta la pérdida de presión en el contador. Anteriormente, no se había tenido en cuenta estos tramos ni las pérdidas en el contador, debido a que en el depósito atmosférico la presión que entra se pierde y el agua pasa a tener presión atmosférica. Por lo tanto, la presión de este tramo debe ser alimentada por la red de suministro, independientemente del uso del sistema de bombeo.

La presión mínima a suministrar por la red de distribución viene definida por la presión mínima (P_{min}) que se tiene que suministrar en el aparato (10 mca), por la pérdida de carga entre la acometida y la entrada del depósito atmosférico (del tramo 1 al 6) y la diferencia de cota entre la acometida y la salida del depósito.

$h_m(contador) = 5,82\,m$

$h_f(tramo\ 1 - 6) = 0,56\,m$

$$P_{acom} = P_{min} + h_T + \Delta z$$

$$P_{acom} = 10 + (5,82 + 0,56) - 3 = 13,38 \simeq 13,4\,mca$$

Independientemente del by-pass, la red de suministro debe garantizar como mínimo una presión de 13,4 metros para sufragar las pérdidas del trazado entre el punto de acometida y el sistema de bombeo.

Si se quiere suministrar toda la instalación con presión de red, es necesario una presión mínima de red de:

$$P_{min\,red} = P_{acom} + P_b = 13,38 + 20,37 = 33,75\,m$$

3.10.DISEÑO CON LA HERRAMIENTA CYPE

El dimensionado de la instalación de fontanería se ha llevado a cabo mediante el software cype, utilizando específicamente el módulo cypeplumbing y su entorno de trabajo Water Systems, siendo el adecuado para la modelización y cálculo de redes de abastecimiento de agua conforme a la normativa vigente y a las condiciones de diseño establecidas.

3.10.1.CONFIGURACIÓN PREVIA

Establecer adecuadamente los criterios generales será la base para el dimensionamiento y cálculo de las instalaciones.

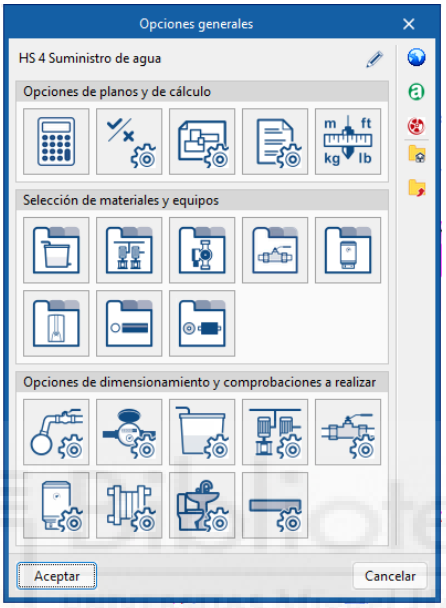


Ilustración 27: Menú de opciones generales de cypeplumbing water systems

Para que cypeplumbing water systems sea capaz de dimensionar y calcular la instalación bajo los requerimientos de obligado cumplimiento de la normativa actual española (CTE HS 4 Suministro de agua), es necesario indicar esta preferencia (*Ilustración 27)*.

En opciones de cálculo, se ha optado por el dimensionado basado en el criterio de velocidad mínima, debido a que esto va a provocar un consumo menor a largo plazo y un menor mantenimiento del sistema de presión consiguiendo un mejor funcionamiento (*Ilustración 28)*. Además, cype habilita la posibilidad de escoger el método de cálculo de la simultaneidad, donde se ha seleccionado en cada situación la opción adecuada que correspondía a lo requerido.

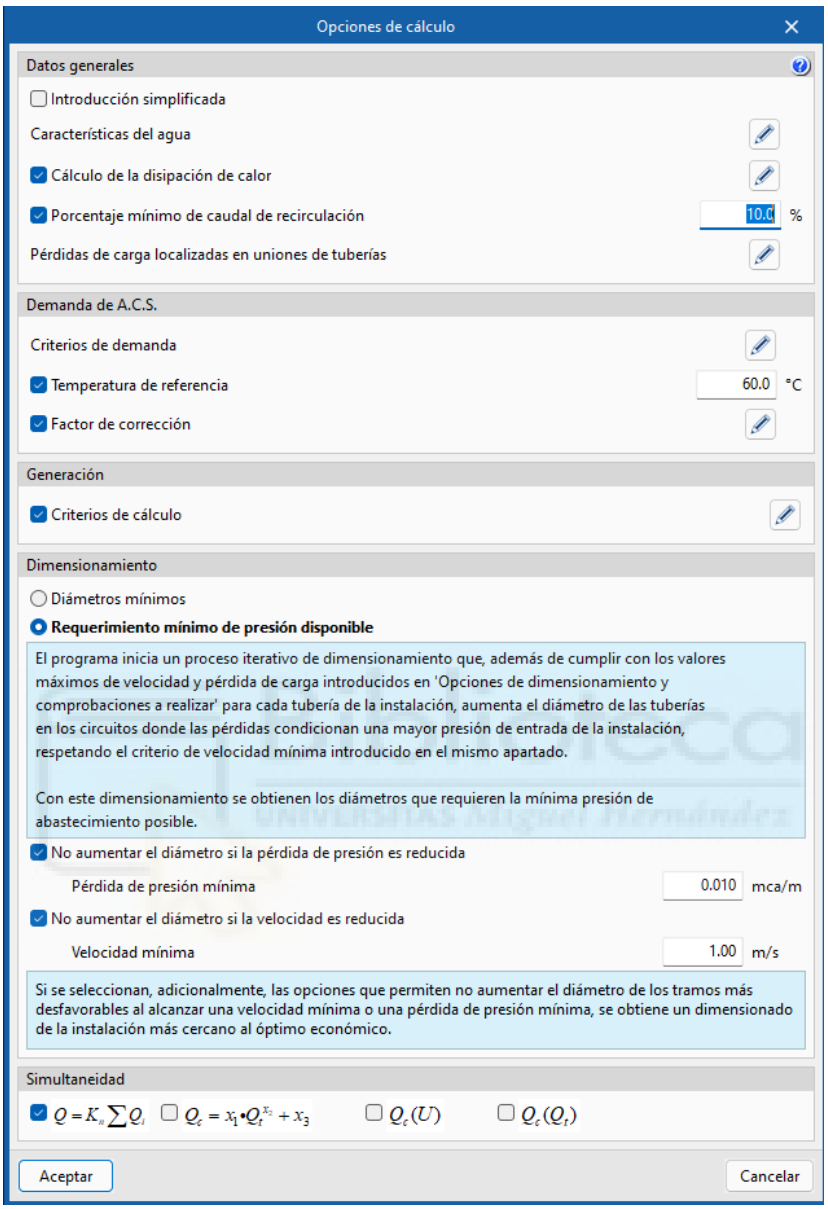


Ilustración 28: Opciones de cálculo de cypeplumbing water systems

En las comprobaciones generales, se marca por defecto la distancia máxima entre el equipo de producción de ACS y el punto de consumo, tal y como se establece en el DB HS4 (*Ilustración 29)*.

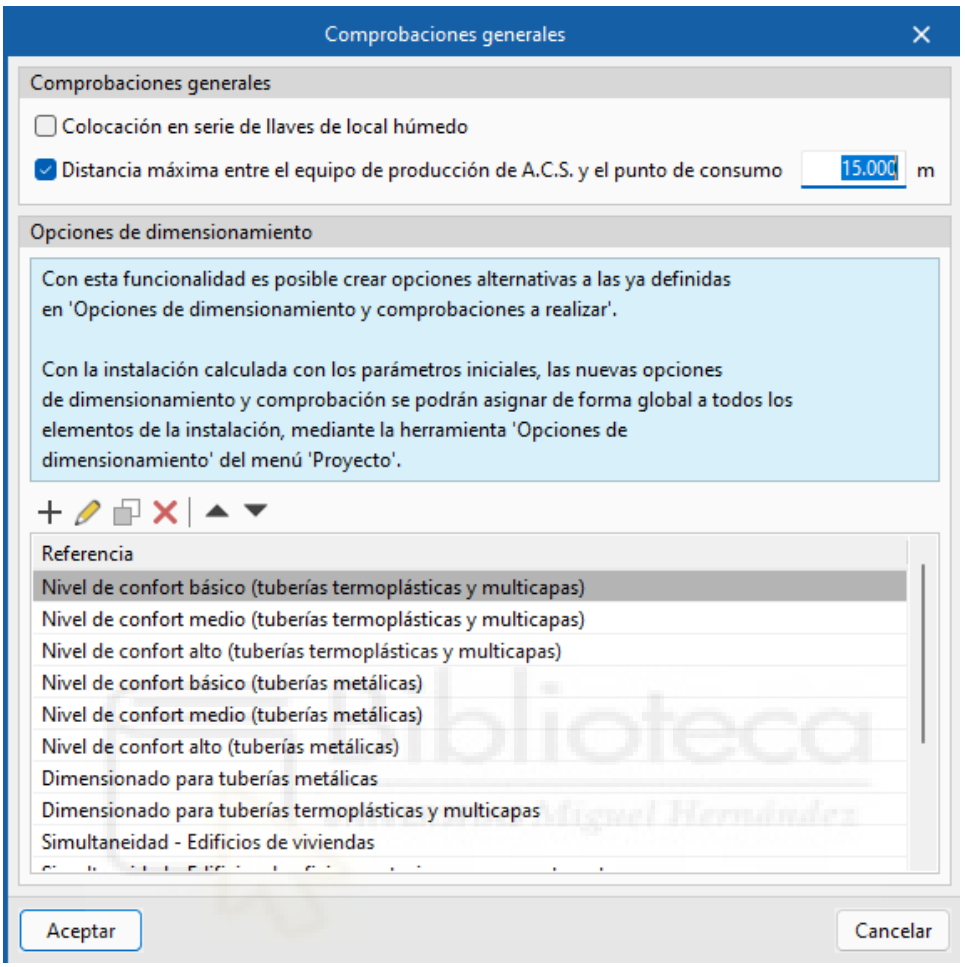


Ilustración 29: Comprobaciones generales de cypeplumbing water systems

Es imprescindible definir el nivel de confort, ya que este parámetro determina los valores mínimos y máximos de presión que pueden alcanzarse en el punto de consumo. En este caso, se ha optado por un nivel de confort básico (*Ilustración 30)*, lo que implica que el rango de presiones queda regulado según lo establecido en el Documento Básico HS 4. Por el contrario, si se seleccionara un nivel de confort superior, el intervalo de presiones sería menos restringido, ampliando los márgenes permitidos con el fin de encontrar un funcionamiento más eficiente.

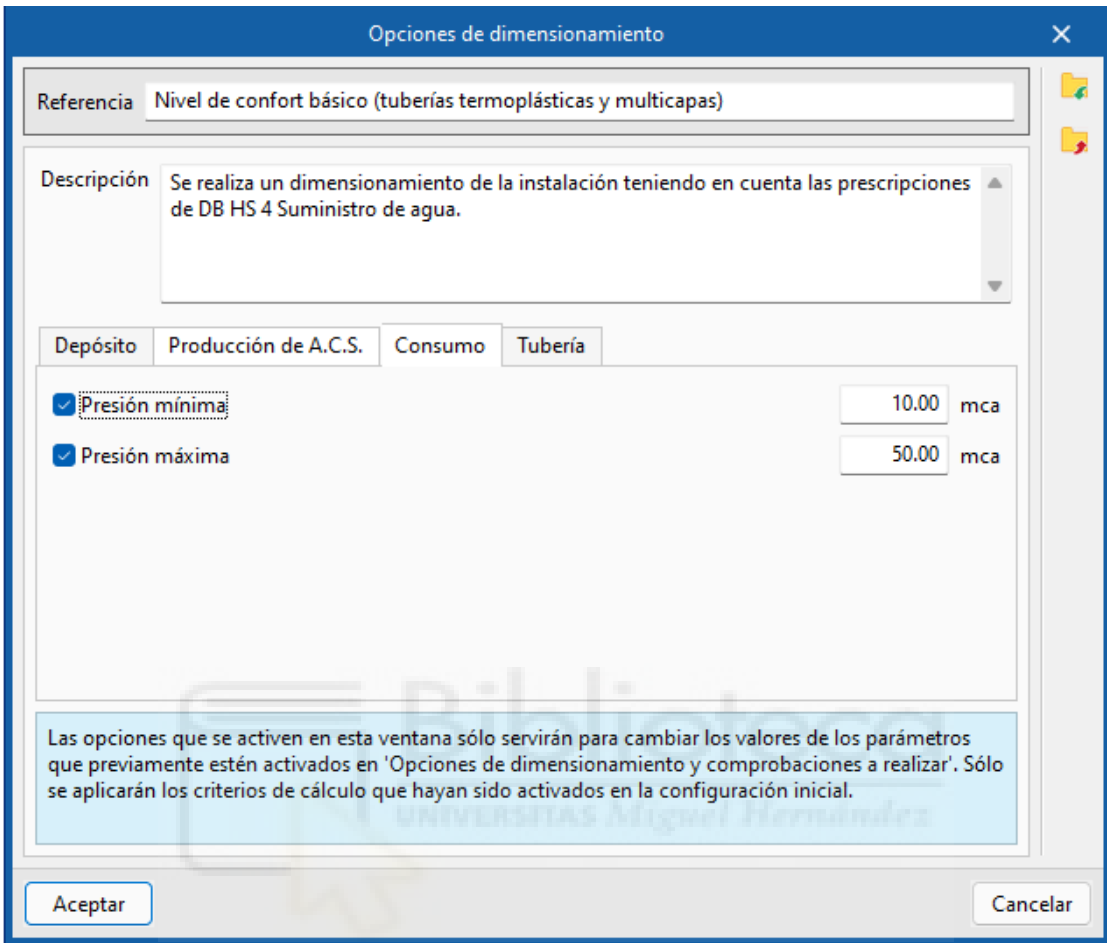


Ilustración 30: Opciones de dimensionamiento de cypeplumbing water systems

En la selección de materiales y equipos (*Ilustración 31)*, es posible visualizar los materiales y equipos comercializados y sus características, así como si es necesario incluir aquél que no se encuentre contemplado en cype y se requiera su uso.

Ilustración 31: Menú de selección de materiales y equipos de cypeplumbing

En la *Ilustración 32*, se contempla el modelo de tubería escogido y sus características.

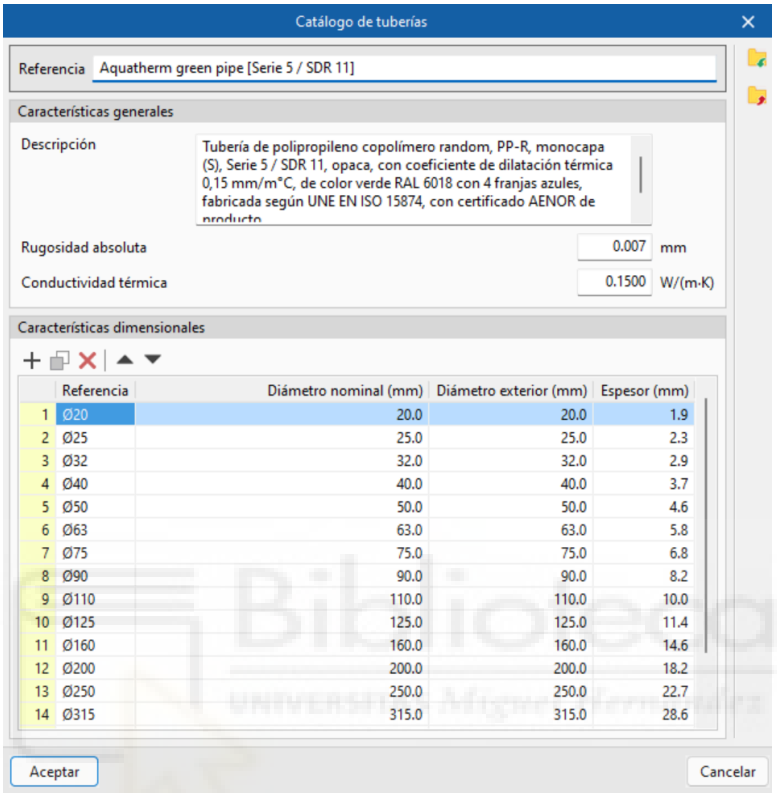


Ilustración 32: Catálogo de tuberías de cypeplumbing water systems

En opciones de dimensionamiento y comprobaciones a realizar (*Ilustración 33)*, se han especificado algunos parámetros sobre el procedimiento de cálculo de cada elemento de la instalación.

Ilustración 33: Menú de opciones de dimensionamiento y comprobaciones a realizar de cypeplumbing

En el caso de las tuberías, se les ha asignado el material elegido (*Ilustración 34)* y se ha escogido la simultaneidad requerida en esa situación (*Ilustración 35).*

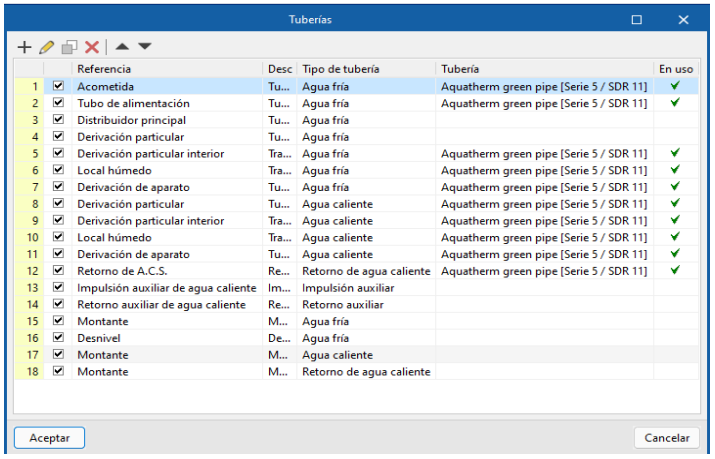


Ilustración 34: Características de cada tipo de tubería en cypeplumbing water systems

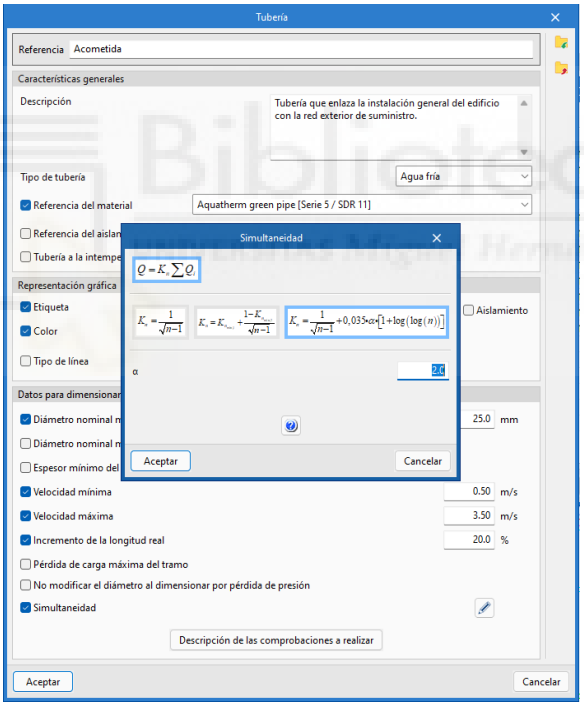


Ilustración 35: Selección del método de simultaneidad en cypeplumbing water systems

En las ilustraciones mostradas, aparecen los ajustes proporcionados para el cálculo de la simultaneidad a través del método racional simplificado en viviendas ($\alpha = 2$). Para el cálculo de la instalación con otros métodos, se debe modificar únicamente los parámetros de simultaneidad, conservando constantes las demás variables.

Aquellos parámetros que no han sido mencionadas, se les ha mantenido los valores predeterminados.

3.10.1.RESULTADOS

Una vez realizados los ajustes previos y definido el trazado de la instalación con la inclusión de los aparatos necesarios, se procede al dimensionado mediante el software cype. Los resultados obtenidos se recogen en la *Tabla 10* y son coincidentes con los calculados previamente mediante la hoja de cálculo en Excel.

Dado que los diámetros seleccionados mediante el método manual coinciden con los dimensionados a través del software cype, permite verificar la validez y corrección del cálculo realizado.

					Método Racional simplificado (alpha=2)							
Referencia	Lr (m)	Leq (m)	Qb (l/s)	h (m)	K	Qs (l/s)	Dint (mm)	Dcom (mm)	v (m/s)	J (mca/m)	Pent (mca)	Psal (mca)
1	6.408	7.689	7.15	0	0,23	1,67	40,8	Ø50	1,27	0,043	13,4	13,07
2	0.9	1,08	7.15	0.55	0,23	1,67	40,8	Ø50	1,27	0,043	13,07	12,47
3	1.223	1.467	7.15	-0.75	0,23	1,67	40,8	Ø50	1,27	0,043	6,65	7,34
4	1.043	1.252	7.15	0	0,23	1,67	40,8	Ø50	1,27	0,043	7,34	7,28
5	0,706	0,847	7.15	0	0,23	1,67	40,8	Ø50	1,27	0,043	7,27	7,23
6	0,524	0,629	7.15	0	0,23	1,67	40,8	Ø50	1,27	0,043	7,23	7,2
7	0.79	0,948	7.15	0	0,23	1,67	40,8	Ø50	1,27	0,043	2,8	2,76
8	3.207	3.848	7.15	2.6	0,23	1,67	40,8	Ø50	1,27	0,043	22,03	19,26
9	0,019	0,022	7.15	0	0,23	1,67	40,8	Ø50	1,27	0,043	19,26	19,26
10	1.005	1.207	7.15	0	0,23	1,67	40,8	Ø50	1,27	0,043	19,26	19,21
11	1.019	1.222	7.15	0	0,23	1,67	40,8	Ø50	1,27	0,043	19,21	19,16
12	2.543	3.051	6.35	0	0,24	1,52	40,8	Ø50	1,16	0,037	19,16	19,05
13	10.768	12.922	6.35	0	0,24	1,52	40,8	Ø50	1,16	0,037	19,05	18,57
14	0,458	0,549	6.15	0	0,24	1,48	40,8	Ø50	1,13	0,035	18,57	18,55
15	3	3.6	6.15	3	0,24	1,48	40,8	Ø50	1,13	0,035	18,55	15,43
16	3	3.6	5.4	3	0,25	1,36	40,8	Ø50	1,04	0,03	15,43	12,32

17	0,195	0,235	4.8	0	0,26	1,26	40,8	Ø50	0,96	0,026	12,32	12,31
93	6.984	8.381	1.8	0	0,37	0,67	26,2	Ø32	1,25	0,072	12,31	11,71
94	3.26	3.912	1.2	0	0,44	0,53	26,2	Ø32	0,99	0,048	11,71	11,52
95	4.233	5.079	1.2	0	0,44	0,53	26,2	Ø32	0,99	0,048	11,52	11,28
109	0,522	0,626	0.6	0	0,63	0,38	20,4	Ø25	1,16	0,086	11,28	11,22
110	0.14	0,182	0.6	0	0,63	0,38	20,4	Ø25	1,16	0,086	11,22	11,21
111	0,117	0,152	0.6	0	0,63	0,38	20,4	Ø25	1,16	0,086	11,21	11,2
115	2.093	2.721	0.4	0	0,75	0,3	16,2	Ø20	1,46	0,174	11,2	10,72
116	0,432	0,561	0.4	0	0,75	0,3	16,2	Ø20	1,46	0,174	10,72	10,62
118	4.022	5.228	0.3	0	1	0,3	16,2	Ø20	1,46	0,173	10,62	9,72
120	2.254	2.705	0.2	-2.05	1	0,2	16,2	Ø20	0,97	0,084	9,72	11,54

Tabla 10: Resultados de cypeplumbing para la instalación a través del método racional simplificado

3.11.COMPARACIÓN DE MÉTODOS

En el marco del presente proyecto, se ha establecido como objetivo la determinación de los resultados de la instalación mediante distintos métodos de cálculo de caudales, con el propósito de evaluar y comparar la eficacia y precisión de cada uno de ellos.

Para ello, se ha hecho uso del software cypeplumbing, donde se han efectuado los ajustes y configuraciones pertinentes con el fin de realizar el dimensionado adecuado de la instalación conforme a las especificaciones del proyecto y a la normativa vigente.

Al inicio del cálculo de la instalación de fontanería, se ha planteado la discusión en torno a la tipología edificatoria aplicable a una residencia universitaria, ya que ninguna de las categorías contempladas en los métodos de cálculo de caudales se adapta con precisión a las características del edificio objeto de estudio. Ante esta situación, se ha decidido realizar una comparación entre las dos tipologías que podrían resultar más adecuadas: edificio de viviendas y edificio de uso hotelero. A su vez, ambas tipologías serán

analizadas mediante dos métodos distintos de cálculo: el método racional simplificado y el método conforme a la norma UNE 149201:2017

La *Tabla 11* presenta los resultados obtenidos mediante ambos métodos para cada uno de los tipos de edificación considerados. Asimismo, las *Ilustraciones 36, 37 y 38* muestran de forma gráfica las variables de caudal simultáneo, diámetro interior comercial y pendiente hidráulica, respectivamente, para las cuatro casuísticas estudiadas.

En el método racional simplificado, el cálculo del caudal simultáneo depende directamente de la tipología del edificio, representada mediante el coeficiente α, el cual refleja la intensidad de uso y la probabilidad de utilización simultánea de los aparatos sanitarios. Para el caso de un edificio de viviendas, este coeficiente adopta un valor de $\alpha = 2$, mientras que para un edificio de uso hotelero se incrementa a $\alpha = 3$, lo que evidencia una mayor frecuencia de uso simultáneo de los elementos sanitarios. En consecuencia, desde un punto de vista matemático, la aplicación del método a una tipología hotelera genera inevitablemente un caudal superior al obtenido al aplicar el mismo cálculo sobre una tipología residencial. Esta diferencia queda confirmada en la representación gráfica correspondiente (*Ilustración 36*).

Por su parte, en el método UNE, el cálculo del caudal simultáneo se realiza mediante una fórmula de tipo exponencial, específica para cada tipología edificatoria. De este modo, el caudal simultáneo obtenido también varía en función del tipo de edificio considerado. No obstante, la tendencia general observada en la comparativa es similar a la del método racional simplificado: para un edificio de uso hotelero se obtiene un caudal superior al de un edificio de viviendas, debido a que ambos métodos asumen una mayor probabilidad de uso simultáneo de los aparatos en instalaciones hoteleras.

					Método Racional simplificado (alpha=2)								Método Racional simplificado (alpha=3)								Método UNE (Edificio de viviendas)								Método UNE (Edificio de hoteles)							
Tramo	Lr (m)	Leq (m)	Qb (l/s)	h (m)	K	Qs (l/s)	Dint (mm)	Dcom (mm)	v (m/s)	J mca/m	Pent (mca)	Psal (mca)	K	Qs (l/s)	Dint (mm)	Dcom (mm)	v (m/s)	J mca/m	Pent (mca)	Psal (mca)	K	Qs (l/s)	Dint (mm)	Dcom (mm)	v (m/s)	J mca/m	Pent (mca)	Psal (mca)	K	Qs (l/s)	Dint (mm)	Dcom (mm)	v (m/s)	J mca/m	Pent (mca)	Psal (mca)
1	6.408	7.689	7.15	0	0,23	1,67	40,8	Ø50	1,27	0,043	13,4	13,07	0,28	1,97	40,8	Ø50	1,51	0,059	13,6	13,15	0,21	1,51	40,8	Ø50	1,16	0,036	13,3	13,02	0,24	1,73	40,8	Ø50	1,32	0,046	13,44	13,08
2	0.9	1,08	7.15	0.55	0,23	1,67	40,8	Ø50	1,27	0,043	13,07	12,47	0,28	1,97	40,8	Ø50	1,51	0,059	13,15	12,54	0,21	1,51	40,8	Ø50	1,16	0,036	13,02	12,43	0,24	1,73	40,8	Ø50	1,32	0,046	13,08	12,48
3	1.223	1.467	7.15	-0.75	0,23	1,67	40,8	Ø50	1,27	0,043	6,65	7,34	0,28	1,97	40,8	Ø50	1,51	0,059	6,72	7,38	0,21	1,51	40,8	Ø50	1,16	0,036	6,61	7,31	0,24	1,73	40,8	Ø50	1,32	0,046	6,66	7,35
4	1.043	1.252	7.15	0	0,23	1,67	40,8	Ø50	1,27	0,043	7,34	7,28	0,28	1,97	40,8	Ø50	1,51	0,059	7,38	7,31	0,21	1,51	40,8	Ø50	1,16	0,036	7,31	7,26	0,24	1,73	40,8	Ø50	1,32	0,046	7,35	7,29
5	0,706	0,847	7.15	0	0,23	1,67	40,8	Ø50	1,27	0,043	7,27	7,23	0,28	1,97	40,8	Ø50	1,51	0,059	7,29	7,24	0,21	1,51	40,8	Ø50	1,16	0,036	7,25	7,22	0,24	1,73	40,8	Ø50	1,32	0,046	7,27	7,23
6	0,524	0,629	7.15	0	0,23	1,67	40,8	Ø50	1,27	0,043	7,23	7,2	0,28	1,97	40,8	Ø50	1,51	0,059	7,24	7,2	0,21	1,51	40,8	Ø50	1,16	0,036	7,22	7,2	0,24	1,73	40,8	Ø50	1,32	0,046	7,23	7,2
7	0.79	0,948	7.15	0	0,23	1,67	40,8	Ø50	1,27	0,043	2,8	2,76	0,28	1,97	40,8	Ø50	1,51	0,059	2,8	2,74	0,21	1,51	40,8	Ø50	1,16	0,036	2,8	2,77	0,24	1,73	40,8	Ø50	1,32	0,046	2,8	2,76
8	3.207	3.848	7.15	2.6	0,23	1,67	40,8	Ø50	1,27	0,043	22,03	19,26	0,28	1,97	40,8	Ø50	1,51	0,059	23.26	20.43	0,21	1,51	40,8	Ø50	1,16	0,036	21.92	19.18	0,24	1,73	40,8	Ø50	1,32	0,046	22.66	19.88
9	0,019	0,022	7.15	0	0,23	1,67	40,8	Ø50	1,27	0,043	19,26	19,26	0,28	1,97	40,8	Ø50	1,51	0,059	20.43	20.43	0,21	1,51	40,8	Ø50	1,16	0,036	19.18	19.18	0,24	1,73	40,8	Ø50	1,32	0,046	19.88	19.88
10	1.005	1.207	7.15	0	0,23	1,67	40,8	Ø50	1,27	0,043	19,26	19,21	0,28	1,97	40,8	Ø50	1,51	0,059	20.43	20.36	0,21	1,51	40,8	Ø50	1,16	0,036	19.18	19.13	0,24	1,73	40,8	Ø50	1,32	0,046	19.88	19.82
11	1.019	1.222	7.15	0	0,23	1,67	40,8	Ø50	1,27	0,043	19,21	19,16	0,28	1,97	40,8	Ø50	1,51	0,059	20.36	20.29	0,21	1,51	40,8	Ø50	1,16	0,036	19.13	19.09	0,24	1,73	40,8	Ø50	1,32	0,046	19.82	19.76
12	2.543	3.051	6.35	0	0,24	1,52	40,8	Ø50	1,16	0,037	19,16	19,05	0,28	1,79	40,8	Ø50	1,37	0,049	20.29	20.14	0,22	1,43	40,8	Ø50	1,09	0,033	19.09	18.99	0,26	1,62	40,8	Ø50	1,24	0,041	19.76	19.64
13	10.768	12.922	6.35	0	0,24	1,52	40,8	Ø50	1,16	0,037	19,05	18,57	0,28	1,79	40,8	Ø50	1,37	0,049	20.14	19.5	0,22	1,43	40,8	Ø50	1,09	0,033	18.99	18.57	0,26	1,62	40,8	Ø50	1,24	0,041	19.64	19.1
14	0,458	0,549	6.15	0	0,24	1,48	40,8	Ø50	1,13	0,035	18,57	18,55	0,28	1,74	40,8	Ø50	1,33	0,047	19.5	19.48	0,23	1,4	40,8	Ø50	1,07	0,032	18.57	18.55	0,26	1,6	40,8	Ø50	1,22	0,04	19.1	19.08
15	3	3.6	6.15	3	0,24	1,48	40,8	Ø50	1,13	0,035	18,55	15,43	0,28	1,74	40,8	Ø50	1,33	0,047	19.48	16.31	0,23	1,4	40,8	Ø50	1,07	0,032	18.55	15.43	0,26	1,6	40,8	Ø50	1,22	0,04	19.08	15.94
16	3	3.6	5.4	3	0,25	1,36	40,8	Ø50	1,04	0,03	15,43	12,32	0,29	1,59	40,8	Ø50	1,22	0,04	16.31	13.17	0,24	1,32	40,8	Ø50	1,01	0,028	15.43	12.33	0,28	1,49	40,8	Ø50	1,14	0,035	15.94	12.81
17	0,195	0,235	4.8	0	0,26	1,26	40,8	Ø50	0,96	0,026	12,32	12,31	0,3	1,46	40,8	Ø50	1,11	0,034	13.17	13.16	0,26	1,24	40,8	Ø50	0,95	0,026	12.33	12.33	0,29	1,4	40,8	Ø50	1,07	0,032	12.81	12.8
93	6.984	8.381	1.8	0	0,37	0,67	26,2	Ø32	1,25	0,072	12,31	11,71	0,41	0,74	26,2	Ø32	1,37	0,085	13.16	12.44	0,42	0,75	26,2	Ø32	1,39	0,087	12.33	11.59	0,45	0,81	26,2	Ø32	1,5	0,1	12.8	11.96
94	3.26	3.912	1.2	0	0,44	0,53	26,2	Ø32	0,99	0,048	11,71	11,52	0,48	0,57	26,2	Ø32	1,06	0,054	12.44	12.23	0,5	0,6	26,2	Ø32	1,11	0,059	11.59	11.36	0,53	0,64	26,2	Ø32	1,18	0,066	11.96	11.71
95	4.233	5.079	1.2	0	0,44	0,53	26,2	Ø32	0,99	0,048	11,52	11,28	0,48	0,57	26,2	Ø32	1,06	0,054	12.23	11.96	0,5	0,6	26,2	Ø32	1,11	0,059	11.36	11,07	0,53	0,64	26,2	Ø32	1,18	0,066	11.71	11.37
109	0,522	0,626	0.6	0	0,63	0,38	20,4	Ø25	1,16	0,086	11,28	11,22	0,66	0,4	20,4	Ø25	1,21	0,093	11.96	11.9	0,67	0,4	20,4	Ø25	1,23	0,096	11,07	11,01	0,69	0,42	20,4	Ø25	1,27	0,102	11.37	11.31
110	0.14	0,182	0.6	0	0,63	0,38	20,4	Ø25	1,16	0,086	11,22	11,21	0,66	0,4	20,4	Ø25	1,21	0,093	11.9	11.88	0,67	0,4	20,4	Ø25	1,23	0,096	11,01	10,99	0,69	0,42	20,4	Ø25	1,27	0,102	11.31	11,29
111	0,117	0,152	0.6	0	0,63	0,38	20,4	Ø25	1,16	0,086	11,21	11,2	0,66	0,4	20,4	Ø25	1,21	0,093	11.88	11,87	0,67	0,4	20,4	Ø25	1,23	0,096	10,99	10,97	0,69	0,42	20,4	Ø25	1,27	0,102	11,29	11,28
115	2.093	2.721	0.4	0	0,75	0,3	16,2	Ø20	1,46	0,174	11,2	10,72	0,78	0,31	16,2	Ø20	1,51	0,184	11,87	11,36	0,78	0,31	16,2	Ø20	1,51	0,185	10,97	10,47	0,79	0,32	16,2	Ø20	1,54	0,191	11,28	10,75
116	0,432	0,561	0.4	0	0,75	0,3	16,2	Ø20	1,46	0,174	10,72	10,62	0,78	0,31	16,2	Ø20	1,51	0,184	11,36	11,26	0,78	0,31	16,2	Ø20	1,51	0,185	10,47	10,37	0,79	0,32	16,2	Ø20	1,54	0,191	10,75	10,65
118	4.022	5.228	0.3	0	1	0,3	16,2	Ø20	1,46	0,173	10,62	9,72	1	0,3	16,2	Ø20	1,46	0,173	11,26	10,36	1	0,3	16,2	Ø20	1,46	0,173	10,37	9,46	1	0,3	16,2	Ø20	1,46	0,173	10,65	9,74
120	2.254	2.705	0.2	-2.05	1	0,2	16,2	Ø20	0,97	0,084	9,72	11,54	1	0,2	16,2	Ø20	0,97	0,084	10,36	12,18	1	0,2	16,2	Ø20	0,97	0,084	9,46	11,29	1	0,2	16,2	Ø20	0,97	0,084	9,74	11,57

Tabla 11: Resultados de cypeplumbing en las cuatro casuísticas de la instalación de fontanería

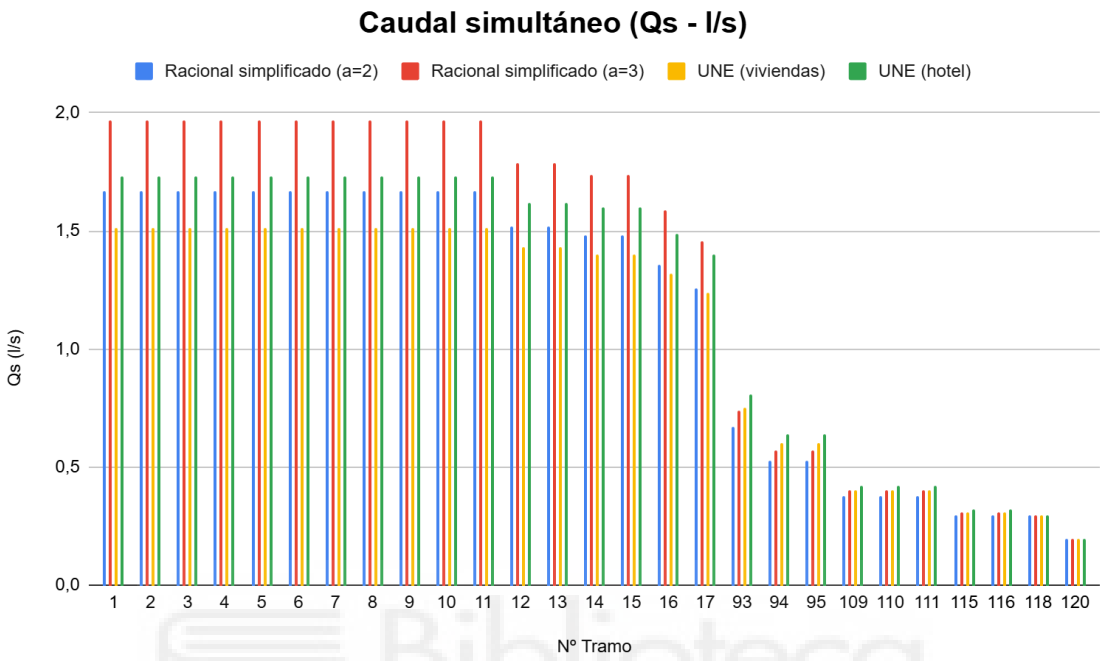


Ilustración 36: Representación gráfica del caudal simultáneo de dos métodos de simultaneidad para dos casuísticas en la instalación de fontanería

Al comparar el caudal simultáneo en ambos métodos (*Ilustración 36*), se observan dos comportamientos diferenciados:

- Para los tramos con mayores caudales, el método racional simplificado arroja valores superiores a los obtenidos mediante el método UNE.

- En cambio, para los tramos con menores caudales instalados, ocurre lo contrario, siendo el método UNE el que proporciona caudales más elevados.

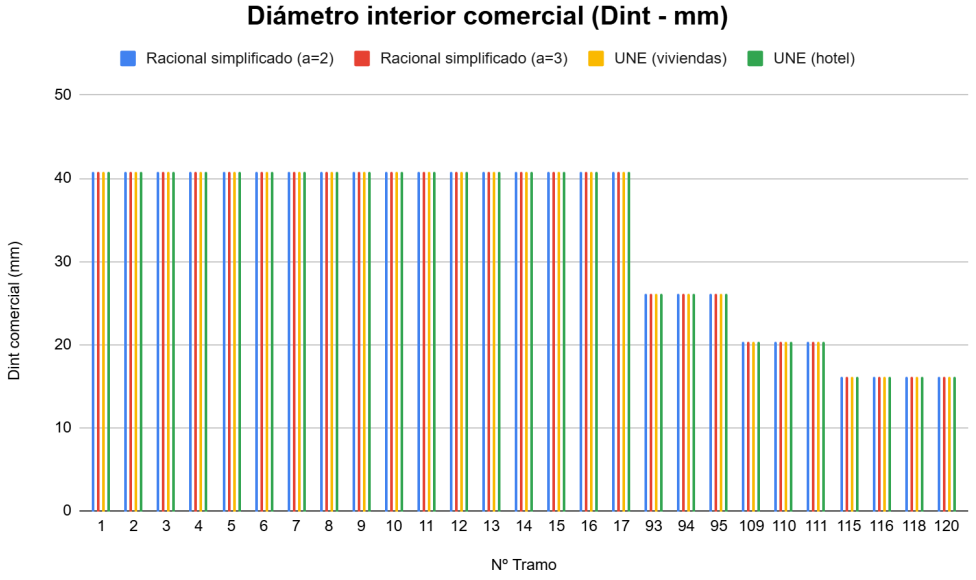


Ilustración 37: Representación gráfica del diámetro interior comercial de dos métodos de simultaneidad para dos casuísticas en la instalación de fontanería

Atendiendo al criterio de diseño establecido para la velocidad, fijado en torno a 1 m/s, y considerando que el rango operativo admisible se sitúa entre 0,95 y 1,50 m/s, la solución final converge en un mismo diámetro comercial para las cuatro casuísticas analizadas (*Ilustración 37*). Este resultado se mantiene igual, incluso pese a las variaciones del caudal simultáneo observadas en cada uno de los tramos, reflejadas en la *Ilustración 36*, lo que indica que no existe una variación significativa entre los métodos empleados, ya que el diámetro requerido permanece constante.

La representación gráfica de la pendiente hidráulica (*Ilustración 38*) depende directamente del caudal simultáneo, por lo que refleja un comportamiento análogo al descrito para dicha variable. De manera que el método UNE proporciona una mayor simultaneidad que el método racional simplificado cuando confluyen menos aparatos en un mismo tramo, mientras que el método racional simplificado ofrece una simultaneidad superior en comparación con el método UNE cuando el número de aparatos a transportar es mayor.

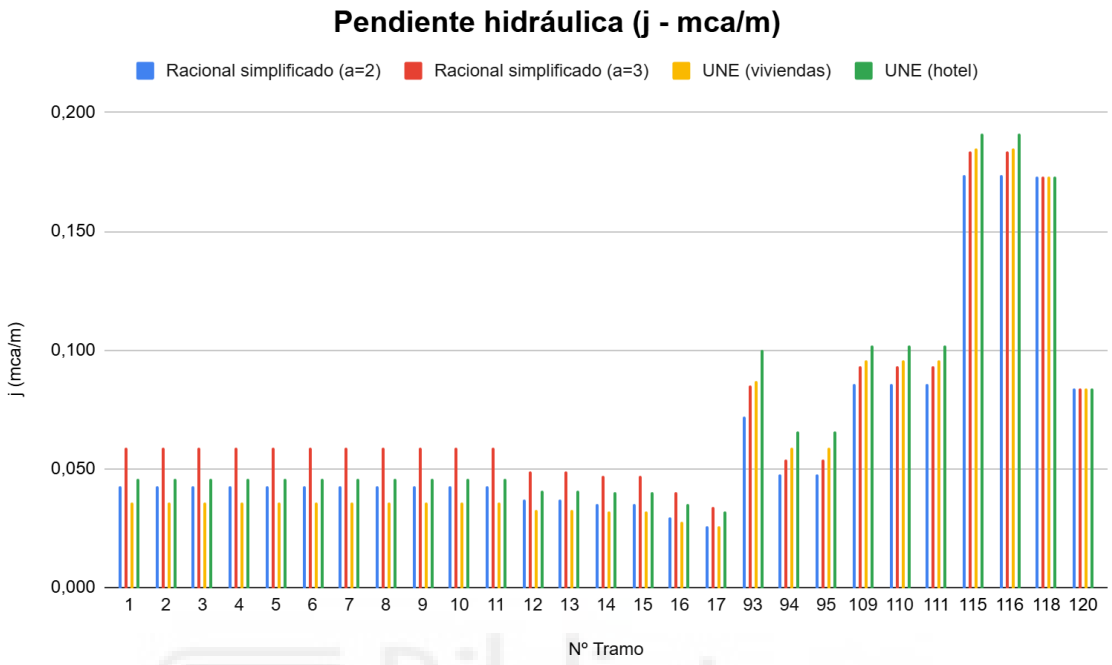


Ilustración 38: Representación gráfica de la pendiente hidráulica de dos métodos de simultaneidad para dos casuísticas en la instalación de fontanería

Tras analizar el parámetro de diámetro comercial y comprobar que se obtiene el mismo resultado para ambos métodos y para ambas tipologías edificatorias, se concluye que las cuatro casuísticas evaluadas resultan válidas y cumplen íntegramente con la normativa vigente.

En conclusión, considerando el número de aparatos incluidos en el edificio, la distribución del mismo y el diseño de la instalación, cualquiera de los métodos seleccionados por el proyectista, así como la tipología edificatoria, ofrecen valores de caudal simultáneo con discrepancia poco significativa, provocando la coincidencia en el diámetro final de los conductos.

4. DISEÑO Y DIMENSIONADO DE LA RED DE SANEAMIENTO

4.1.CONFIGURACIÓN DE RED

La instalación de saneamiento prevista en el presente proyecto se ha proyectado mediante un sistema separativo, constituido por dos redes independientes: una destinada exclusivamente a la evacuación de aguas residuales y otra a la recogida de aguas pluviales. Ambas redes se conectan a la correspondiente red municipal, de acuerdo con lo establecido en el apartado 3.2. 'Configuraciones de los sistemas de evacuación' del DB HS 5 'Evacuación de aguas' del CTE.

Biblioteca UNIVERSITAS Miguel Hernández

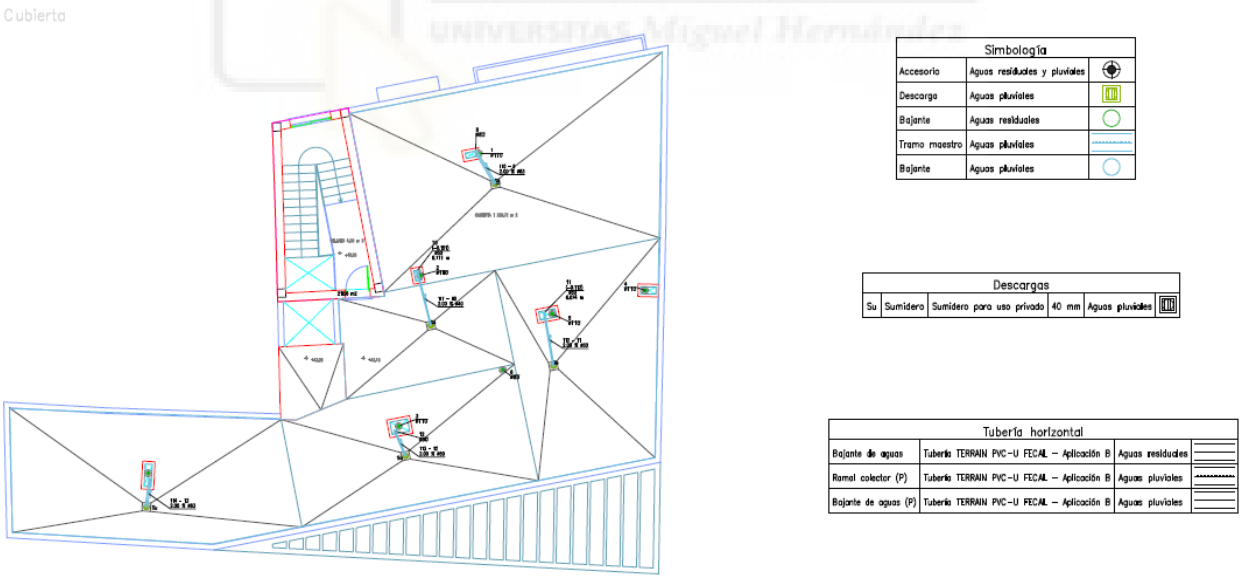
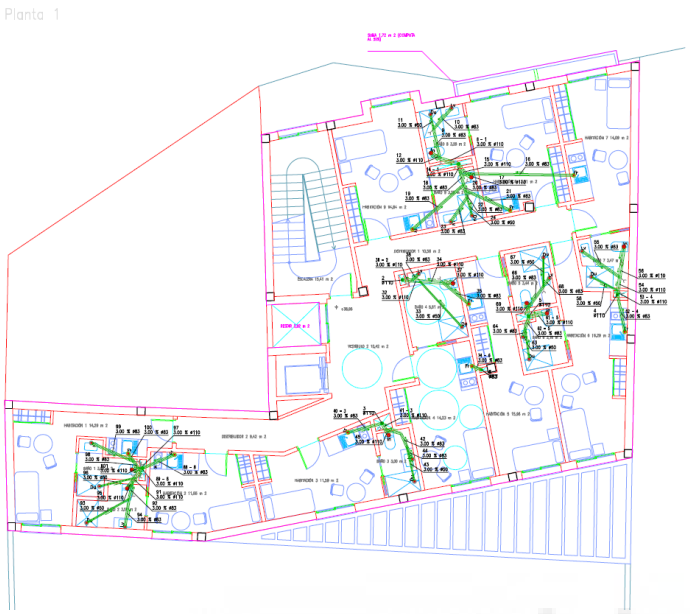


Ilustración 39:Trazado de la red de saneamiento en la cubierta

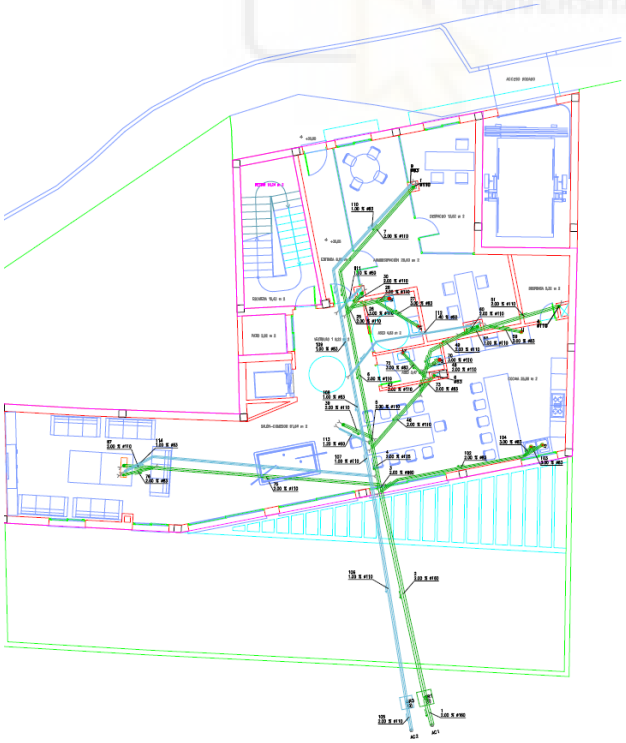


Simbología		
Accesorio	Aguas residuales y pluviales	
Accesorio	Aguas residuales	
Descarga	Aguas residuales	
Descarga	Aguas residuales	
Descarga	Aguas residuales	
Descarga	Aguas residuales	
Bajante	Aguas residuales	
Tubería horizontal	Aguas residuales	
Tubería horizontal	Aguas residuales	
Tramo maestro	Aguas residuales	
Tramo maestro	Aguas residuales	
Bajante	Aguas residuales	

Descargas					
In	Inodoro con cisterna	Inodoro con cisterna, para uso privado	100 mm	Aguas residuales	
Lv	Lavabo	Lavabo para uso privado	32 mm	Aguas residuales	
Du	Ducha	Ducha para uso privado	40 mm	Aguas residuales	
Fr	Fregadero de cocina	Fregadero de cocina, para uso privado	40 mm	Aguas residuales	

Tubería horizontal			
Bajante de aguas	Tubería TERRAIN PVC-U FECAL – Aplicación B	Aguas residuales	
Derivación individual	Tubería TERRAIN PVC-U FECAL – Aplicación B	Aguas residuales	
Ramal colector	Tubería TERRAIN PVC-U FECAL – Aplicación B	Aguas residuales	
Derivación individual	Tubo fonoabsorbente, una boca	Aguas residuales	

Ilustración 40:Trazado de la red de saneamiento en la primera planta



Simbología		
Punto de acometida	Aguas residuales y pluviales	
Arqueta	Aguas residuales	
Arqueta	Aguas pluviales	
Accesorio	Aguas residuales y pluviales	
Accesorio	Aguas residuales	
Descarga	Aguas residuales	
Descarga	Aguas residuales	
Descarga	Aguas residuales	
Descarga	Aguas residuales	
Bajante	Aguas residuales	
Tramo maestro	Aguas residuales	
Tubería horizontal	Aguas residuales	
Tramo maestro	Aguas residuales	
Tramo maestro	Aguas residuales	
Tubería horizontal	Aguas residuales	
Bajante	Aguas residuales	
Tubería horizontal	Aguas pluviales	
Tramo maestro	Aguas pluviales	
Bajante	Aguas pluviales	
Tramo maestro	Aguas residuales	
Tramo maestro	Aguas pluviales	

Tubería horizontal			
Bajante de aguas	Tubería TERRAIN PVC-U FECAL – Aplicación B	Aguas residuales	
Colector colgado	Tubería TERRAIN PVC-U FECAL – Aplicación B	Aguas residuales	
Derivación individual	Tubería TERRAIN PVC-U FECAL – Aplicación B	Aguas residuales	
Ramal colector	Tubería TERRAIN PVC-U FECAL – Aplicación B	Aguas residuales	
Derivación individual	Tubo fonoabsorbente, una boca	Aguas residuales	
Colector colgado (P)	Tubería TERRAIN PVC-U FECAL – Aplicación B	Aguas pluviales	
Bajante de aguas (P)	Tubería TERRAIN PVC-U FECAL – Aplicación B	Aguas pluviales	
Colector enterrado	Tubería TERRAIN PVC-U FECAL – Aplicación B	Aguas residuales	
Colector enterrado (P)	Tubería TERRAIN PVC-U FECAL – Aplicación B	Aguas pluviales	

Descargas					
In	Inodoro con cisterna	Inodoro con cisterna, para uso privado	100 mm	Aguas residuales	
Lj	Lavavajillas	Lavavajillas para uso privado	40 mm	Aguas residuales	
Fr	Fregadero de cocina	Fregadero de cocina, para uso privado	40 mm	Aguas residuales	
Lv	Lavabo	Lavabo para uso privado	32 mm	Aguas residuales	

Arquetas					
AR1	Arqueta de paso	Arqueta de paso, de obra de fábrica	0.6x0.6x0.55m	Aguas residuales	
AR3	Arqueta de paso (P)	Arqueta de paso, de obra de fábrica	0.5x0.5x0.35m	Aguas pluviales	

Ilustración 41:Trazado de la red de saneamiento en la planta baja

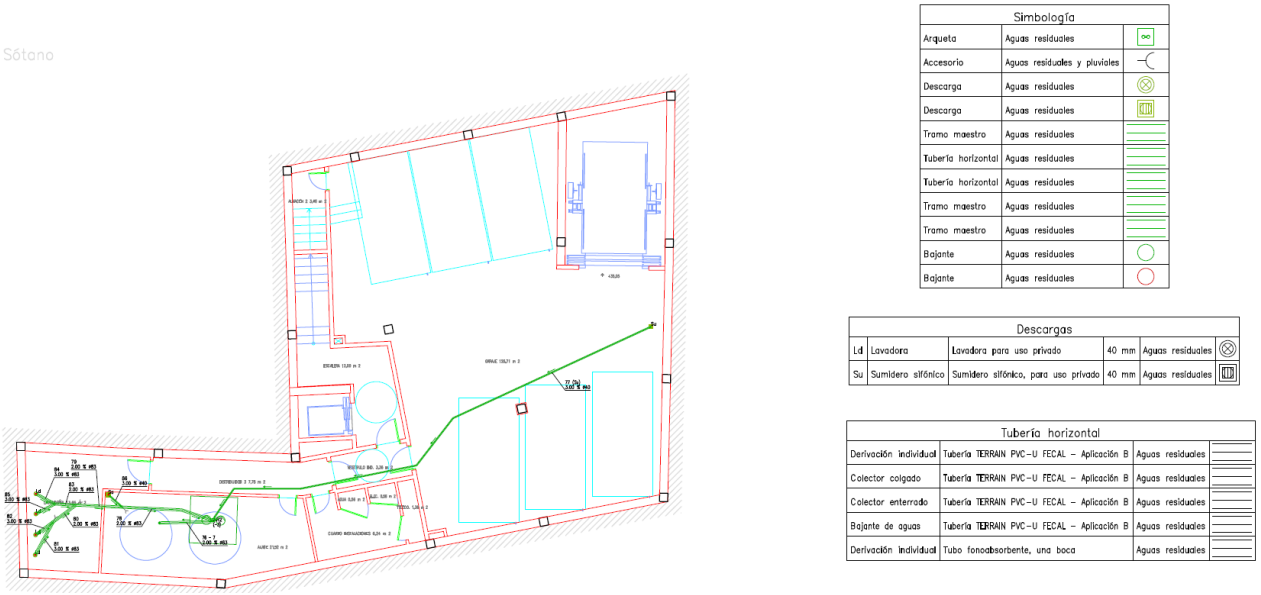


Ilustración 42:Trazado de la red de saneamiento en el garaje

En las *Ilustraciones 39, 40, 41 y 42* se representa el trazado ejecutado para la instalación de saneamiento en cada una de las plantas del edificio. No obstante, dicho desarrollo puede apreciarse con mayor detalle en los Planos 5, 6, 7 y 8, donde se muestran tanto la red de aguas residuales como la red de aguas pluviales, incorporando la identificación y designación de cada uno de los tramos que las conforman.

4.1.1. AGUAS RESIDUALES

4.1.1.1. CIERRES HIDRÁULICOS

Los cierres hidráulicos previstos en la presente instalación estarán constituidos por sifones individuales, propios de cada aparato, los cuales cumplirán en todo momento con las características y requisitos establecidos en el apartado 3.3.1.1 “Cierres hidráulicos” del HS 5 ‘Evacuación de aguas’ del CTE.

4.1.1.2.REDES DE PEQUEÑA EVACUACIÓN

El diseño de la red de pequeña evacuación se ha proyectado de manera que los aparatos evacúan preferentemente hacia la bajante más próxima. En particular, se ha previsto que el inodoro disponga de una conexión directa a la bajante, dado que, conforme a lo establecido en el DB HS 5 'Evacuación de aguas' del CTE, requiere una longitud máxima de un metro entre su desagüe y la bajante. Asimismo, al ser el inodoro el aparato que requiere de mayor diámetro, con un mínimo de 110 mm, ofrece capacidad suficiente para el transporte de caudales adicionales, permitiendo la conexión de otros aparatos al manguetón del inodoro.

Esta configuración permite, además de garantizar el cumplimiento normativo, simplificar el trazado de la red, reducir costes y mejorar la eficiencia de su ejecución y mantenimiento.

4.1.1.3. BAJANTES

La red de pequeña evacuación de aguas residuales de la primera planta se ha resuelto mediante siete bajantes que evacuan el agua hasta la planta baja. Las aguas residuales generadas en el sótano requieren de un sistema de bombeo que, a través de una montante, impulsa el caudal hasta dicha planta. De este modo, la red de evacuación de residuales queda configurada por siete bajantes y una montante.

Cada bajante recibe un número y tipo diferente de aparatos, distribuidos hasta ellas en función de su proximidad. Todas ellas confluyen en la planta baja, donde se conectan a un colector común encargado de transportar las aguas hasta la acometida.

4.1.1.4. COLECTORES

En la presente instalación de saneamiento se han dispuesto tanto colectores colgados como colectores enterrados, en función de las necesidades de cada zona del edificio.

En la planta baja, los conductos encargados de recoger las aguas procedentes de las bajantes se han proyectado como colectores colgados. Estos podrán quedar vistos desde el garaje en caso de no disponerse de un falso techo que los oculte, circunstancia que quedará sujeta a la decisión del arquitecto.

Por su parte, en el garaje se han dispuesto conductos enterrados, destinados a la recogida de las aguas generadas en el sótano, las cuales serán posteriormente impulsadas hasta la planta baja. Dada la configuración del espacio, esta solución requiere la ejecución de zanjas en el sótano para el alojamiento de dichas conducciones.

4.1.1.5.ELEMENTOS DE CONEXIÓN

La unión entre tuberías se ha proyectado evitando el empleo de codos a 90º, optándose en la medida de lo posible por soluciones con ángulos de 45º o similares. Asimismo, se ha procurado no concentrar la conexión de tres tuberías en un mismo punto, y se han eliminado los picos mediante la ejecución de la colocación de dos codos de 45º.

Con el fin de garantizar la accesibilidad y el correcto mantenimiento de la instalación, se han dispuesto registros de limpieza en las siguientes circunstancias:

- En cambios de dirección
- En cambios de diámetro
- En cambios de material
- En uniones de tuberías
- Cada 15 metros

4.1.2. AGUAS PLUVIALES

La cubierta del edificio ha sido diseñada por el arquitecto con una disposición para los sumideros, favoreciendo la recogida del agua pluvial mediante la creación de una pendiente en la superficie. De este modo, la recogida del agua se realizará a través de sumideros, cada uno de los cuales evacúa el caudal mediante una bajante independiente que lo conduce hasta la planta baja. En dicha planta, las bajantes se conectan a los colectores correspondientes, convergiendo finalmente en un colector principal encargado de transportar la totalidad del caudal hasta la acometida.

4.1.3. ACOMETIDA

La red de alcantarillado municipal se encuentra situada en la zona sur del edificio, a una distancia aproximada de 8 metros desde la fachada, atravesando el terreno de la parcela. En consecuencia, los colectores de planta baja, tanto de aguas residuales como de aguas pluviales, discurren desde la zona norte hacia la zona sur del edificio. Para ello, se ha dispuesto un sistema de recogida en acumulación, en el que los colectores van incorporando progresivamente los caudales a medida que avanzan en dirección sur, hasta alcanzar el punto de acometida.

Se han establecido dos puntos de acometidas independientes: una destinada a la evacuación de las aguas residuales a la red municipal correspondiente y otra para la evacuación de las aguas pluviales a la red específica habilitada para dicho uso.

Previo a cada acometida, se ha colocado una arqueta independiente. Pese a ello, se han instalado válvulas antirretorno en los puntos de conexión a la red municipal de saneamiento, con el objetivo de garantizar la protección del edificio en caso de sobrecarga de dicha red, evitando posibles inundaciones. Asimismo, estas válvulas se han ubicado de manera que se asegure un acceso sencillo para su correcta inspección, mantenimiento y conservación.

4.1.4. VENTILACIÓN

Para la red de aguas residuales se ha previsto un subsistema de ventilación primaria, basado en la prolongación de las tuberías de bajantes hasta la cubierta del edificio, donde se ha dispuesto un terminal de aireación. Esto permite la adecuada regulación de la presión en el interior de las conducciones, garantizando el correcto funcionamiento del sistema y evitando la emisión de malos olores por los aparatos.

Según lo especificado en el HS 5 'Evacuación de aguas' del DB del CTE, en un edificio de 3 plantas, como el presente caso, únicamente resulta necesaria la disposición de un subsistema de ventilación primaria.

4.1.5. SISTEMA DE BOMBEO Y ELEVACIÓN

En el presente edificio se dispone de un garaje subterráneo, cuya evacuación de aguas residuales requiere de un sistema específico de elevación, dado que el vertido a la red municipal de alcantarillado se realiza a la cota correspondiente a la planta baja.

Con el fin de garantizar el correcto funcionamiento de la instalación, se ha previsto la ejecución de una arqueta de bombeo ubicada en el garaje, destinada a la recogida y elevación de las aguas residuales generadas en este nivel. Dichas aguas proceden de cuatro lavadoras y de dos sumideros.

La arqueta de bombeo se ha diseñado con un depósito de recepción y una bomba de impulsión, configurando un sistema que permite elevar de forma segura y continua el caudal aportado hasta su vertido en la red de saneamiento de la planta baja.

4.2.MATERIALES

Para cumplir las características establecidas en el apartado 6.1 “Características generales de los materiales” del DB HS 5 “Evacuación de aguas” del CTE, se ha optado por tuberías de PVC. Concretamente, se han usado para la instalación las tuberías establecidas en la UNE-EN 1329-1:2014+A1:2018 de la aplicación B, cuyos diámetros comerciales se encuentran indicados en la *Tabla 12.*

Referencia	Dext (mm)	Espesor (mm)	Dint (mm)
Ø32	32	3	26
Ø40	40	3	34
Ø50	50	3	44
Ø83	83	3,2	76,6
Ø110	110	3,2	103,6
Ø125	125	3,2	118,6
Ø160	160	3,2	153,6
Ø200	200	3,9	192,2
Ø250	250	4,9	240,2
Ø315	315	6,2	302,6

Tabla 12: Diámetros comerciales de las tuberías para la instalación de saneamiento

Cabe señalar que el coeficiente de rugosidad de Manning asignado al material PVC en este caso es 0,009.

4.3.CRITERIOS DE DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO

4.3.1.CÁLCULO DE CAUDALES

4.3.1.1.AGUAS RESIDUALES

Para determinar los caudales correspondientes en la instalación, es fundamental identificar el tipo de aparato instalado. Teniendo en cuenta que el sistema de saneamiento debe estar dimensionado para recoger adecuadamente los caudales generados por los distintos aparatos de fontanería, en la *Tabla 2* se presenta una recopilación de los diversos tipos de aparatos considerados, teniendo que recoger un total de 49 aparatos (11 fregaderos domésticos, 11 inodoros con cisterna, 11 lavabos, 9 duchas, 1 lavavajillas, 4 lavadoras y 2 sumideros).

El caudal instalado a cada aparato se encuentra especificado en la *Tabla 13*, en la cual se comparan los caudales instantáneos correspondientes a la red de suministro y a la red de evacuación. Se observa que el caudal en la red de evacuación es considerablemente mayor, debido a que los aparatos están sujetos a una acumulación del caudal en su recogida de agua proveniente de la red de suministro.

Aparato	SUMINISTRO $Q_{instantáneo}$ (l/s)		EVACUACIÓN $Q_{instantáneo}$ (l/s)
	NIA	CTE	
Lavabo	0,10	0,10	0,75
Ducha	0,20	0,20	0,50
Bañera > 1,40 m	0,30	0,30	1,50
Bañera < 1,40 m	0,30	0,20	1,50
Bidé	0,10	0,10	0,50
Inodoro con cisterna	0,10	0,10	1,50
Urinarios con grifo temporizado	---	0,15	1,00
Urinarios con cisterna	---	0,04	1,00
Fregadero doméstico	0,20	0,20	0,75
Lavavajillas doméstico	0,20	0,15	0,75
Lavadero	0,20	0,20	1,00
Lavadora doméstica	0,20	0,20	1,00

Tabla 13: Caudales para cada tipo de aparatos en un sistema de evacuación de aguas

No obstante, en la presente instalación de saneamiento residual se han incorporado dos sumideros ubicados en el sótano, cuyo caudal no figura en la *Tabla 13*. El primero de ellos tiene como finalidad la evacuación de eventuales fugas o condensaciones de agua generadas en el cuarto de instalaciones, mientras que el segundo está destinado a la evacuación del caudal procedente del grifo del garaje. Este último únicamente deberá conducir el caudal suministrado por dicho grifo, ya que no presenta la posibilidad de acumulación de caudal. Por los motivos expuestos, se ha determinado realizar el dimensionado de las tuberías considerando el mismo caudal previsto en la red de fontanería, equivalente a 0,2 l/s.

Al relacionar los aparatos utilizados en la instalación con la información contenida en la *Tabla 13*, se obtienen los caudales correspondientes que se presentan en la *Tabla 14.*

Cuarto de baño	
Aparato	Q (l/s)
Lavabo	0,75
Ducha	0,5
Inodoro	1,5

Cocina	
Cocina	Q (l/s)
Fregadero	0,75
Lavavajillas	0,75

Garaje	
Aparato	Q (l/s)
Lavadora	1
Sumidero sifónico	0,2

Tabla 14: Caudales para cada tipo de aparatos en la instalación de saneamiento

Con esta información, el caudal de agua residual total que se tiene que evacuar del edificio son 42,65 l/s, los cuales serán evacuados por un única acometida situada en la zona sur del edificio, por dónde se extraerá solamente el caudal de aguas residuales.

$$Q_{inst_T} = 10 \cdot Q_{inst_{freg}} + 11 \cdot Q_{inst_{inod}} + 11 \cdot Q_{inst_{lav}} + 9 \cdot Q_{inst_{duc}} + 1 \cdot Q_{inst_{laj}} + 4 \cdot Q_{inst_{lad}} + 2 \cdot Q_{inst_{sum}}$$
$$= 10 \cdot 0,75 + 11 \cdot 1,5 + 11 \cdot 0,75 + 9 \cdot 0,5 + 1 \cdot 0,75 + 4 \cdot 1 + 2 \cdot 0,2 = 42,65\ l/s$$

Para el cálculo de la simultaneidad de caudales en la red de saneamiento, se ha aplicado el método racional simplificado (con simultaneidad para un edificio de viviendas, $\alpha = 2$), de manera análoga al utilizado en el dimensionamiento de la red de fontanería y según lo descrito en el apartado 2.3.1.1. "*Racional simplificado*".

$$k_a = \frac{1}{\sqrt{x-1}} + 0,035\alpha(1 + log(log(x)))$$

$$Q_d = k_a Q_{INST}$$

La red de saneamiento ha sido diseñada y dimensionada procurando configurar los tramos de conducción de la forma más directa, corta y sencilla posible. Se han dispuesto uniones y cambios de dirección con ángulos de 45 grados, evitando en todo momento el uso de codos de 90 grados, con el fin de minimizar pérdidas de carga y el atascamiento de la tubería, y así como facilitar su mantenimiento.

En las tablas contenidas en el apartado *4.3.2.1. "Tuberías horizontales"* se presenta el número de aparatos servidos, el caudal instalado y el caudal simultáneo de diseño correspondiente a los tramos de la instalación. No obstante, la *Tabla 15* recoge un resumen consolidado de dichas variables, específicamente en lo referente a los tramos correspondientes a las bajantes.

		Tipo de consumos							Racional Simplificado (Edificio de viviendas)		
Tramo	nº Consumos	Fregadero	Inodoro	Lavabo	Ducha	Lavavajillas	Lavadora	Sumideros sifónicos	Qinst (l/s)	Ka	Qs (l/s)
Bajante 1	9	3	2	2	2	0	0	0	7,75	0,422	3,272
Bajante 2	4	1	1	1	1	0	0	0	3,5	0,632	2,212
Bajante 3	4	1	1	1	1	0	0	0	3,5	0,632	2,212
Bajante 4	4	1	1	1	1	0	0	0	3,5	0,632	2,212
Bajante 5	6	0	2	2	2	0	0	0	5,5	0,51	2,8
Bajante 6	1	1	0	0	0	0	0	0	0,75	1,000	0,750
Bajante 8	8	2	2	2	2	0	0	0	7	0,445	3,114
Montante	4	0	0	0	0	0	4	2	4,4	0,6	2,78

Tabla 15: Resumen del cálculo de los caudales simultáneos de las bajantes de la red de aguas residuales

4.3.1.2.AGUAS PLUVIALES

Para el diseño de la instalación de evacuación de aguas pluviales, se aplicará el método especificado en el Código Técnico de la Edificación, basado en la intensidad pluviométrica.

$$Q_{diseño} = C \cdot I \cdot A$$

Siendo C, el coeficiente de escorrentía, I, la intensidad pluviométrica y A, el área.

Se considera un coeficiente de escorrentía igual a 1, al tratarse de una superficie de cubierta totalmente impermeable. Dicha condición implica la ausencia de capacidad de infiltración o retención, por lo que la totalidad del agua precipitada sobre la cubierta será considerada en el cálculo de la red de evacuación.

Para la determinación de la intensidad pluviométrica se emplea el procedimiento establecido en el Apéndice B "Obtención de la intensidad pluviométrica" del DB HS 5 "Evacuación de aguas" del CTE, cuya información a utilizar se encuentra en la *Ilustración 43 y 44*.

Figura B.1 Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas

Ilustración 43: Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas

Tabla B.1
Intensidad Pluviométrica i (mm/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

Ilustración 44: Intensidad pluviométrica

Según lo especificado en la *Ilustración 43*, la ciudad de Albacete se encuentra en la zona A del mapa y sobre la Isoyeta 30, por lo que, le corresponde una intensidad pluviométrica de 90 mm/h (*Ilustración 44*).

La superficie de la cubierta presenta una extensión de 210,6 m^2, sobre la cual se recoge la totalidad del agua de precipitación. En función de la configuración y distribución de la cubierta del edificio, la evacuación se realizará mediante cinco sumideros (*Ilustración 39*), cada uno de los cuales conducirá el caudal correspondiente a la superficie de recogida que se detalla en la *Tabla 16*.

Tramo	Superficie (m^2)	Qs (l/s)
Bajante 13	44,7	1,12
Bajante 12	36,4	0,91
Bajante 10	20,6	0,52
Bajante 11	39,2	0,98
Bajante 9	69,7	1,74
	210,6	

Tabla 16: Caudales transportados por cada bajante en la red de agua pluvial

De acuerdo con lo establecido en el apartado 4.2.1 “Red de pequeña evacuación de aguas pluviales” del DB HS 5 “Evacuación de aguas” del CTE (*Tabla 17*), para una superficie de cubierta de 210,6 m^2 se requiere la disposición de, al menos, cuatro sumideros. En la presente instalación se han proyectado un total de cinco sumideros, por lo que se garantiza el cumplimiento de los requisitos exigidos por la normativa vigente.

Tabla 4.6 Número de sumideros en función de la superficie de cubierta

Superficie de cubierta en proyección horizontal (m^2)	Número de sumideros
S < 100	2
100≤ S < 200	3
200 ≤ S < 500	4
S > 500	1 cada 150 m^2

Tabla 17: Número de sumideros en función de la superficie de cubierta

4.3.2. DIMENSIONADO DE LAS TUBERÍAS Y CÁLCULO DE LOS DIÁMETROS.

De acuerdo con lo establecido en el DB HS 5 "Evacuación de aguas" del CTE, y una vez determinados los caudales de cálculo, se procede al dimensionado de los diámetros de las tuberías. Dicho dimensionado se realiza de forma diferenciada, atendiendo a la tipología de cada tramo de la red: por un lado, las tuberías horizontales y, por otro, las tuberías verticales, aplicando en cada caso los criterios de cálculo correspondientes según la normativa vigente.

4.3.2.1.TUBERÍAS HORIZONTALES

Siguiendo el método de cálculo descrito en el apartado 2.3.2.2. "*Instalaciones en Lámina Libre (Saneamiento)*", aplicado a las tuberías horizontales, se ha determinado el diámetro comercial necesario para la evacuación tanto de las aguas residuales como de las aguas pluviales, siguiendo los criterios de diseño especificados en los siguientes apartados para cada tipo de tramo. Asimismo, se han obtenido los valores de grado de llenado y velocidad correspondiente al diámetro comercial escogido.

$$Q_0 = \frac{1}{n} s^{1/2} \frac{\pi D^{8/3}}{4^{5/3}} \qquad \Rightarrow \qquad D(m) = \left[4^{5/3} Q_0 \frac{n}{\pi \sqrt{s}} \right]^{3/8}$$

$$v_0 = \frac{Q_0}{A_0} = \frac{4Q_0(m^3/s)}{\pi D_{int}^2(m)}$$

En determinados tramos, los cálculos hidráulicos indican que sería suficiente adoptar un diámetro menor al proyectado. Sin embargo, debido a que los tramos precedentes presentan un diámetro superior y con el fin de garantizar la continuidad y homogeneidad de la conducción, se ha mantenido en dichos tramos el mismo diámetro de la tubería anterior.

4.3.2.1.1.RED DE PEQUEÑA EVACUACIÓN DE AGUA RESIDUAL

De acuerdo con lo establecido en el DB HS 5 'Evacuación de aguas' del CTE, la red de pequeña evacuación se ha proyectado considerando las siguientes condiciones de diseño:

- Pendientes con sifones individuales presentan un rango comprendido entre el 2,5 % y el 5 %.
- Pendientes con bote sifónico el rango de pendientes se sitúa entre el 2 % y el 4 %.
- Grado de llenado del 50 %
- Velocidad mínima de 0,6 m/s, con el fin de garantizar la condición de autolimpieza.

De este modo, los criterios establecidos para el dimensionamiento de la red de residuales en los tramos de pequeña evacuación se han basado en un caudal de llenado del 50% y una pendiente mínima del 3%. Adicionalmente, se ha verificado que todos los tramos presentan velocidades de circulación superiores a 0,6 m/s, lo que garantiza las condiciones de autolimpieza de las conducciones y, en consecuencia, el adecuado funcionamiento hidráulico del sistema.

➢ HABITACIÓN 1 Y 2

La *Ilustración 45* muestra el trazado ejecutado para las habitaciones 1 y 2, mientras que en la *Tabla* 18 se recoge el dimensionado de cada uno de los tramos que conforman dicho trazado, incluyendo los parámetros hidráulicos y geométricos necesarios para su correcta definición.

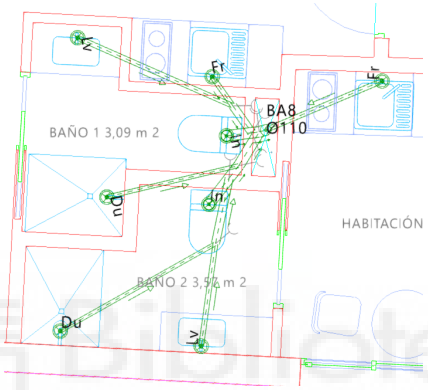


Ilustración 45: Red de pequeña evacuación de la habitación 1 y 2

				Racional Simplificado (alpha=2)			Cálculo hidráulico			Selección		Comprobación	
	nº Tramo	Tramo	nº Consumos	Qinst (l/s)	Ka	Qs (l/s)	s	h/D	D (mm)	DN	Dint (mm)	h/D	v (m/s)
Hab 1 + Hab 2 Bajante 8	93	Du2	1	0,5	1	0,50	0,03	0,5	38,302	Ø50	44	0,401	0,866
	94	Lv2	1	0,75	1	0,75	0,03	0,5	44,592	Ø83	76,6	0,23	0,94
	92	Du2+Lv2	2	1,25	1	1,25	0,03	0,5	54,007	Ø83	76,6	0,30	1,074
	95	In2	1	1,5	1	1,50	0,03	0,5	57,828	Ø110	103,6	0,216	1,112
	91	Du2+Lv2+In2	3	2,75	0,755	2,08	0,03	0,5	65,313	Ø110	103,6	0,25	1,213
	96	Du1	1	0,5	1	0,50	0,03	0,5	38,302	Ø50	44	0,401	0,866
	90	Du2+Lv2+In2+Du1	4	3,25	0,632	2,05	0,03	0,5	65,059	Ø110	103,6	0,25	1,213
	101	In1	1	1,5	1	1,50	0,03	0,5	57,828	Ø110	103,6	0,216	1,11
	99	Lv1	1	0,75	1	0,75	0,03	0,5	44,592	Ø83	76,6	0,23	0,94
	100	Fr1	1	0,75	1	0,75	0,03	0,5	44,592	Ø83	76,6	0,23	0,94
	98	Lv1+Fr1	2	1,5	1	1,50	0,03	0,5	57,828	Ø83	76,6	0,32	1,13
	97	Lv1+Fr1+In1	3	3	0,755	2,26	0,03	0,5	67,479	Ø110	103,6	0,26	1,25
	89 - BA8	Lv1+Fr1+In1+Du2+Lv2+In2+Du1	7	6,25	0,47	2,96	0,03	0,5	74,590	Ø110	103,6	0,30	1,33
	88 - BA8	Fr2	1	0,75	1	0,75	0,03	0,5	44,592	Ø83	76,6	0,23	0,94

Tabla 18: Resumen de los cálculos de la red de pequeña evacuación de la habitación 1 y 2

➢ HABITACIÓN 3

La *Ilustración 46* muestra el trazado ejecutado para las habitaciones 3, mientras que en la *Tabla* 19 se recoge el dimensionado de cada uno de los tramos que conforman dicho trazado, incluyendo los parámetros hidráulicos y geométricos necesarios para su correcta definición.

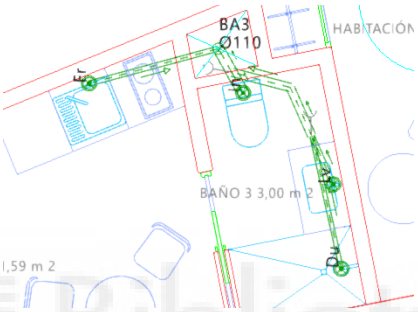


Ilustración 46: Red de pequeña evacuación de la habitación 3

				Racional Simplificado (alpha=2)			Cálculo hidráulico			Selección		Comprobación	
	nº Tramo	Tramo	nº Consumos	Qinst (l/s)	Ka	Qs (l/s)	s	h/D	D (mm)	DN	Dint (mm)	h/D	v (m/s)
Hab 3 Bajante 3	43	Du3	1	0,5	1	0,5	0,03	0,5	38,302	Ø50	44	0,40	0,866
	44	Lv3	1	0,75	1	0,75	0,03	0,5	44,592	Ø83	76,6	0,23	0,94
	42	Du3 + Lv3	2	1,25	1	1,25	0,03	0,5	54,007	Ø83	76,6	0,30	1,1
	45	In3	1	1,5	1	1,5	0,03	0,5	57,828	Ø110	103,6	0,22	1,1
	41 - BA3	Du3 + Lv3 + In3	3	2,75	0,75	2,08	0,03	0,5	65,313	Ø110	103,6	0,25	1,2
	40 - BA3	Fr3	1	0,75	1	0,75	0,03	0,5	44,592	Ø83	76,6	0,23	0,94

Tabla 19: Resumen de los cálculos de la red de pequeña evacuación de la habitación 3

➢ BAÑO HABITACIÓN 4

La *Ilustración 47* muestra el trazado ejecutado para el baño de la habitación 4, mientras que en la *Tabla* 20 se recoge el dimensionado de cada uno de los tramos que conforman dicho trazado, incluyendo los parámetros hidráulicos y geométricos necesarios para su correcta definición.

Ilustración 47: Red de pequeña evacuación del fregadero de la habitación 4

				Racional Simplificado (alpha=2)			Cálculo hidráulico			Selección		Comprobación	
	nº Tramo	Tramo	nº Consumos	Qinst (l/s)	Ka	Qs (l/s)	s	h/D	D (mm)	DN	Dint (mm)	h/D	v (m/s)
Fr 4 Bajante 6	74 - BA6	Fr4	1	0,75	1	0,75	0,03	0,5	44,592	Ø83	76,6	0,23	0,94

Tabla 20: Resumen de los cálculos de la red de pequeña evacuación del fregadero de la habitación 4

➢ BAÑO HABITACIÓN 4 Y FREGADERO HABITACIÓN 5

La *Ilustración 48* muestra el trazado ejecutado para el baño de la habitación 4 y fregadero de la habitación 5, mientras que en la *Tabla* 21 se recoge el dimensionado de cada uno de los tramos que conforman dicho trazado, incluyendo los parámetros hidráulicos y geométricos necesarios para su correcta definición.

Ilustración 48: Red de pequeña evacuación del baño de la habitación 4 y el fregadero de la 5

				Racional Simplificado (alpha=2)			Cálculo hidráulico			Selección		Comprobación	
	nº Tramo	Tramo	nº Consumos	Qinst (l/s)	Ka	Qs (l/s)	s	h/D	D (mm)	DN	Dint (mm)	h/D	v (m/s)
Baño 4 + Fr5 Bajante 2	36	In4	1	1,5	1	1,5	0,03	0,5	57,828	Ø110	103,6	0,22	1,1
	35	Fr5	1	0,75	1	0,75	0,03	0,5	44,592	Ø83	76,6	0,23	0,94
	34	In4 + Fr5	2	2,25	1	2,250	0,03	0,5	67,325	Ø110	103,6	0,26	1,25
	33	Du4	1	0,5	1	0,5	0,03	0,5	38,302	Ø50	44	0,40	0,866
	32	In4 + Fr5 + Du4	3	2,75	0,75	2,075	0,03	0,5	65,313	Ø110	103,6	0,25	1,21
	38	Lv4	1	0,75	1	0,75	0,03	0,5	44,592	Ø83	76,6	0,23	0,94
	31 - BA2	In4 + Fr5 + Du4 + Lv4	4	3,5	0,63	2,212	0,03	0,5	66,893	Ø110	103,6	0,26	1,25

Tabla 21: Resumen de los cálculos de la red de pequeña evacuación del baño de la habitación 4 y el fregadero de la 5

➢ BAÑO HABITACIÓN 5 Y 6

La *Ilustración 49* muestra el trazado ejecutado para el baño de la habitación 5 y 6, mientras que en la *Tabla* 22 se recoge el dimensionado de cada uno de los tramos que conforman dicho trazado, incluyendo los parámetros hidráulicos y geométricos necesarios para su correcta definición.

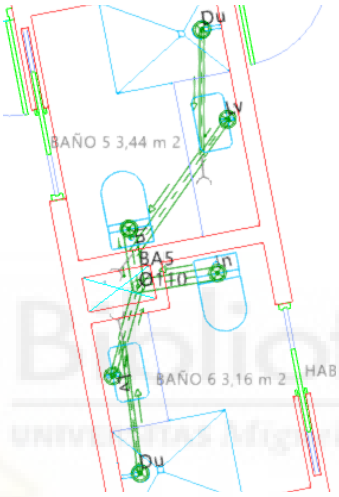


Ilustración 49: Red de pequeña evacuación de la habitación 5 y 6

				Racional Simplificado (alpha=2)			Cálculo hidráulico			Selección		Comprobación	
	nº Tramo	Tramo	nº Consumos	Qinst (l/s)	Ka	Qs (l/s)	s	h/D	D (mm)	DN	Dint (mm)	h/D	v (m/s)
Baño 5 + Baño 6 Bajante 5	63	Du6	1	0,5	1	0,5	0,03	0,5	38,302	Ø50	44	0,40	0,866
	64	Lv6	1	0,75	1	0,75	0,03	0,5	44,592	Ø83	76,6	0,23	0,94
	62 - BA5	Du6 + Lv6	2	1,25	1	1,25	0,03	0,5	54,007	Ø83	76,6	0,30	1,07
	61 - BA5	In6	1	1,5	1	1,5	0,03	0,5	57,828	Ø110	103,6	0,22	1,1
	67	Du5	1	0,5	1	0,5	0,03	0,5	38,302	Ø50	44	0,40	0,866
	68	Lv5	1	0,75	1	0,75	0,03	0,5	44,592	Ø83	76,6	0,23	0,94
	66	Du5 + Lv5	2	1,25	1	1,25	0,03	0,5	54,007	Ø83	76,6	0,30	1,07
	69	In5	1	1,5	1	1,5	0,03	0,5	57,828	Ø110	103,6	0,22	1,1
	65 - BA5	Du5 + Lv5 + In5	3	2,75	0,75	2,075	0,03	0,5	65,313	Ø110	103,6	0,25	1,21

Tabla 22: Resumen de los cálculos de la red de pequeña evacuación de la habitación 5 y 6

➢ BAÑO HABITACIÓN 7 Y FREGADERO HABITACIÓN 6

La *Ilustración 50* muestra el trazado ejecutado para el baño de la habitación 7 y fregadero de la habitación 6, mientras que en la *Tabla* 23 se recoge el dimensionado de cada uno de los tramos que conforman dicho trazado, incluyendo los parámetros hidráulicos y geométricos necesarios para su correcta definición.

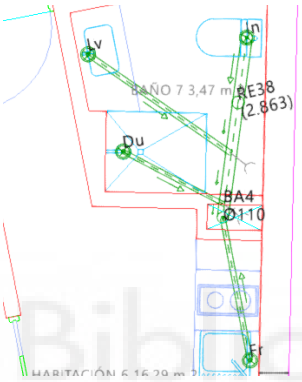


Ilustración 50: Red de pequeña evacuación del baño de la habitación 7 y del fregadero de la 6

				Racional Simplificado (alpha=2)			Cálculo hidráulico			Selección		Comprobación	
	nº Tramo	Tramo	nº Consumos	Qinst (l/s)	Ka	Qs (l/s)	s	h/D	D (mm)	DN	Dint (mm)	h/D	v (m/s)
Baño 7 +Fr 6 Bajante 4	56	In 7	1	1,5	1	1,5	0,03	0,5	57,828	Ø110	103,6	0,22	1,11
	55	Lv7	1	0,75	1	0,75	0,03	0,5	44,592	Ø83	76,6	0,23	0,94
	54	In 7 + Lv7	2	2,25	1	2,25	0,03	0,5	67,325	Ø110	103,6	0,26	1,25
	58	Du7	1	0,5	1	0,5	0,03	0,5	38,302	Ø50	44	0,40	0,866
	53 - BA4	In 7 + Lv7 + Du7	3	2,75	0,75	2,075	0,03	0,5	65,313	Ø110	103,6	0,25	1,21
	52 - BA4	Fr 6	1	0,75	1	0,75	0,03	0,5	44,592	Ø83	76,6	0,23	0,94

Tabla 23: Resumen de los cálculos de la red de pequeña evacuación del baño de la habitación 7 y del fregadero de la 6

➢ HABITACIÓN 8, HABITACIÓN 9 Y FREGADERO HABITACIÓN 7

La *Ilustración 51* muestra el trazado ejecutado para la habitación 8, 9 y fregadero de la habitación 7, mientras que en la *Tabla* 24 se recoge el dimensionado de cada uno de los tramos que conforman dicho trazado, incluyendo los parámetros hidráulicos y geométricos necesarios para su correcta definición.

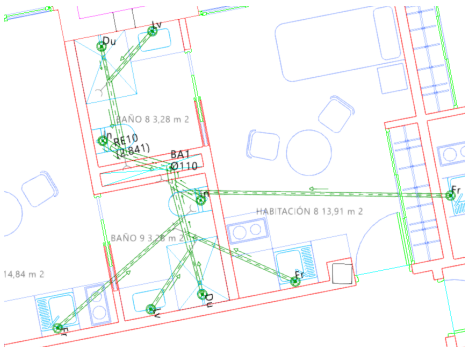


Ilustración 51: Red de pequeña evacuación del baño de la habitación 8 y 9, y del fregadero de la 7

				Racional Simplificado (alpha=2)			Cálculo hidráulico			Selección		Comprobación	
	nº Tramo	Tramo	nº Consumos	Qinst (l/s)	Ka	Qs (l/s)	s	h/D	D (mm)	DN	Dint (mm)	h/D	v (m/s)
Hab 9 + Hab 8 + Fr 7 Bajante 1	11	Du8	1	0,5	1	0,5	0,03	0,5	38,302	Ø50	44	0,40	0,866
	10	Lv8	1	0,75	1	0,75	0,03	0,5	44,592	Ø83	76,6	0,23	0,94
	9	Du8+ Lv8	2	1,25	1	1,25	0,03	0,5	54,007	Ø83	76,6	0,30	1,07
	12	In8	1	1,5	1	1,5	0,03	0,5	57,828	Ø110	103,6	0,22	1,11
	8 - BA1	Du8+ Lv8 + In8	3	2,75	0,75	2,075	0,03	0,5	65,313	Ø110	103,6	0,25	1,21
	24	Du9	1	0,5	1	0,5	0,03	0,5	38,302	Ø50	44	0,40	0,866
	23	Lv9	1	0,75	1	0,75	0,03	0,5	44,592	Ø83	76,6	0,23	0,94
	22	Du9 + Lv9	2	1,25	1	1,25	0,03	0,5	54,007	Ø83	76,6	0,30	1,07
	21	Fr8	1	0,75	1	0,75	0,03	0,5	44,592	Ø83	76,6	0,23	0,94
	20	Du9 + Lv9 + Fr8	3	2	0,75	1,51	0,03	0,5	57,961	Ø83	76,6	0,32	1,13
	19	Fr9	1	0,75	1	0,75	0,03	0,5	44,592	Ø83	76,6	0,23	0,94
	18	Du9 + Lv9 + Fr8 + Fr9	4	2,75	0,63	1,74	0,03	0,5	61,109	Ø83	76,6	0,35	1,18
	16	Fr7	1	0,75	1	0,75	0,03	0,5	44,592	Ø83	76,6	0,23	0,94
	17	In9	1	1,5	1	1,5	0,03	0,5	57,828	Ø110	103,6	0,22	1,11
	15	Fr7 + In9	2	2,25	1	2,25	0,03	0,5	67,325	Ø110	103,6	0,26	1,25
	14 - BA1	Du9 + Lv9 + Fr8 + Fr9 + Fr7 + In9	6	5	0,51	2,55	0,03	0,5	70,538	Ø110	103,6	0,28	1,28

Tabla 24: Resumen de los cálculos de la red de pequeña evacuación del baño de la habitación 8 y 9, y del fregadero de la 7

- BAÑO 1 DE LA PLANTA BAJA

La *Ilustración 52* muestra el trazado ejecutado para el baño 1 de la planta baja, mientras que en la *Tabla* 25 se recoge el dimensionado de cada uno de los tramos que conforman dicho trazado, incluyendo los parámetros hidráulicos y geométricos necesarios para su correcta definición.

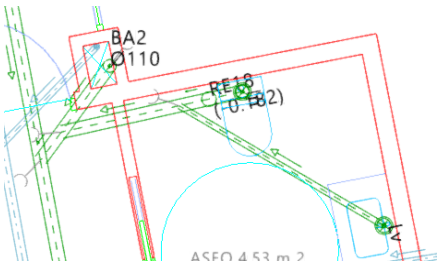


Ilustración 52: Red de pequeña evacuación del baño 1 de la planta baja

				Racional Simplificado (alpha=2)			Cálculo hidráulico			Selección		Comprobación	
	nº Tramo	Tramo	nº Consumos	Qinst (l/s)	Ka	Qs (l/s)	s	h/D	D (mm)	DN	Dint (mm)	h/D	v (m/s)
BAÑO 1 PB	27	Lv1 PB	1	0,75	1	0,75	0,03	0,5	44,592	Ø83	76,6	0,23	0,94
	28	In1 PB	1	1,5	1	1,5	0,03	0,5	57,828	Ø110	103,6	0,22	1,11
	26	Lv1 PB + In1 PB	2	2,25	1	2,25	0,03	0,5	67,325	Ø110	103,6	0,26	1,25

Tabla 25: Resumen de los cálculos de la red de pequeña evacuación del baño 1 de la planta baja

- BAÑO 2 DE LA PLANTA BAJA

La *Ilustración 53* muestra el trazado ejecutado para el baño 2 de la planta baja, mientras que en la *Tabla* 26 se recoge el dimensionado de cada uno de los tramos que conforman dicho trazado, incluyendo los parámetros hidráulicos y geométricos necesarios para su correcta definición.

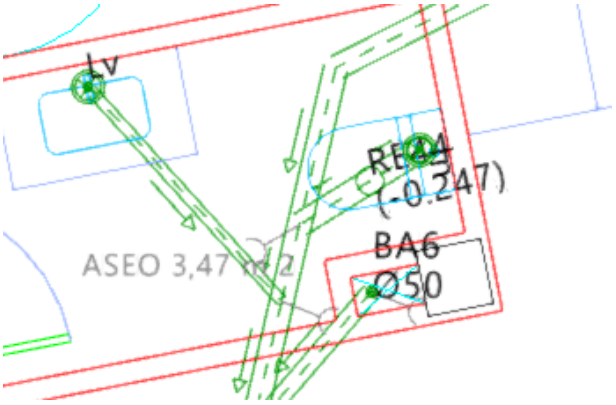


Ilustración 53: Red de pequeña evacuación del baño 2 de la planta baja

				Racional Simplificado (alpha=2)			Cálculo hidráulico			Selección		Comprobación	
	nº Tramo	Tramo	nº Consumos	Qinst (l/s)	Ka	Qs (l/s)	s	h/D	D (mm)	DN	Dint (mm)	h/D	v (m/s)
BAÑO 2 PB	72	Lv2 PB	1	0,75	1	0,75	0,03	0,5	44,592	Ø83	76,6	0,23	0,94
	70	In2 PB	1	1,5	1	1,5	0,03	0,5	57,828	Ø110	103,6	0,22	1,11

Tabla 26: Resumen de los cálculos de la red de pequeña evacuación del baño 2 de la planta baja

➢ COCINA PLANTA BAJA

La *Ilustración 54* muestra el trazado ejecutado para la cocina de la planta baja, mientras que en la *Tabla* 27 se recoge el dimensionado de cada uno de los tramos que conforman dicho trazado, incluyendo los parámetros hidráulicos y geométricos necesarios para su correcta definición.

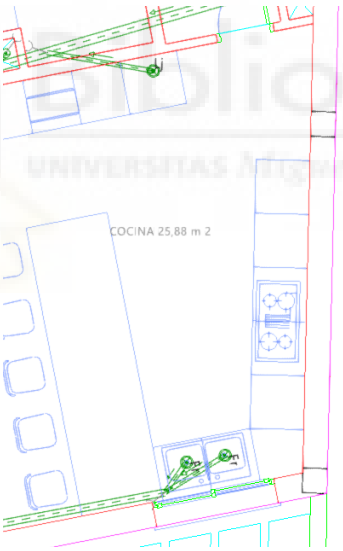


Ilustración 54: Red de pequeña evacuación de la cocina de la planta baja

				Racional Simplificado (alpha=2)			Cálculo hidráulico			Selección		Comprobación	
	nº Tramo	Tramo	nº Consumos	Qinst (l/s)	Ka	Qs (l/s)	s	h/D	D (mm)	DN	Dint (mm)	h/D	v (m/s)
COCINA PB	59	Lj	1	0,75	1	0,75	0,03	0,5	44,592	Ø83	76,6	0,23	0,94
	103	Fr PB	1	0,75	1	0,75	0,03	0,5	44,592	Ø83	76,6	0,23	0,94
	104	Fr PB	1	0,75	1	0,75	0,03	0,5	44,592	Ø83	76,6	0,23	0,94

Tabla 27: Resumen de los cálculos de la red de pequeña evacuación de la cocina de la planta baja

4.3.2.1.2.COLECTORES DE AGUA RESIDUAL

Las condiciones de diseño establecidas por el CTE para la red de pequeña evacuación son análogas a las aplicables en los colectores, con la excepción de la pendiente. En este sentido, los colectores colgados deben disponer de una pendiente mínima del 1 %, mientras que para los colectores enterrados se adopta una pendiente mínima del 2 %. En consecuencia, los criterios de diseño definidos en este proyecto contemplan una pendiente del 2 % y un caudal de llenado del 50 %. Asimismo, se ha verificado que se cumplen las velocidades mínimas requeridas para garantizar la autolimpieza de las conducciones. Dicha información puede verse reflejada en la *Tabla 28,* así como los parámetros hidráulicos y geométricos necesarios para la definición de la tubería.

			Racional Simplificado			Cálculo hidráulico			Selección		Comprobación	
nº Tramo	Tramo	nº Consumos	Qinst (l/s)	Ka	Qs (l/s)	s	h/D	D (mm)	DN	Dint (mm)	h/D	v (m/s)
80	Colector colgado	2	2	1	2	0,02	0,5	69,507	Ø83	76,6	0,43	1,05
79	Colector colgado	4	4	0,632	2,53	0,02	0,5	75,886	Ø83	76,6	0,49	1,11
76	Colector colgado	6	4,4	0,510	2,242	0,02	0,5	72,551	Ø83	76,6	0,46	1,1
51	Colector colgado	4	3,5	0,632	2,212	0,02	0,5	72,180	Ø110	103,6	0,29	1,07
50	Colector colgado	5	4,25	0,559	2,38	0,02	0,5	74,148	Ø110	103,6	0,30	1,09
49	Colector colgado	11	9,75	0,387	3,78	0,02	0,5	88,227	Ø110	103,6	0,39	1,22
48	Colector colgado	12	11,25	0,374	4,21	0,02	0,5	91,849	Ø110	103,6	0,41	1,27
47	Colector colgado	13	12	0,362	4,34	0,02	0,5	92,967	Ø110	103,6	0,42	1,28
TH76 - BA7	Colector enterrado	6	4,4	0,510	2,242	0,02	0,5	72,551	Ø83	76,6	0,5	1,1
7	Colector colgado	9	7,75	0,422	3,272	0,02	0,5	83,593	Ø110	103,6	0,36	1,183
6	Colector colgado	15	13,5	0,342	4,620	0,02	0,5	95,141	Ø110	103,6	0,43	1,3
5	Colector colgado	19	17	0,313	5,324	0,02	0,5	100,341	Ø110	103,6	0,47	1,33
4	Colector colgado	33	29,75	0,259	7,72	0,02	0,5	115,341	Ø125	118,6	0,48	1,48
3	Colector colgado	47	41,15	0,233	9,591	0,02	0,5	125,123	Ø160	153,6	0,36	1,54
2	Colector colgado	49	42,65	0,23	9,8	0,02	0,5	126,245	Ø160	153,6	0,37	1,6
TH1	Colector colgado	49	42,65	0,23	9,8	0,02	0,5	126,245	Ø160	153,6	0,37	1,56

Tabla 28: Resumen de los cálculos de los colectores de la red de agua residual

4.3.2.1.3.RED DE PLUVIALES

Los criterios de diseño establecidos para la red de pluviales son un grado de llenado del 80% y una pendiente del 2% para colectores enterrados y para la red de pequeña evacuación, y del 1% para colectores colgados. La *Tabla 29* recoge los parámetros hidráulicos y geométricos que definen la tubería de cada uno de los tramos.

				Cálculo hidráulico			Selección		Comprobación	
	Tramo	Superficie (m2)	Qd (l/s)	s	h/D	D (mm)	DN	Dint (mm)	h/D	v (m/s)
Colector enterrado	TH 105	210,6	5,27	0,02	0,802	79,66	Ø110	103,6	0,47	1,33
Colector colgado	TH 106	210,6	5,27	0,01	0,802	90,71	Ø110	103,6	0,587	1,02
Colector colgado	TH 107	166	4,15	0,01	0,802	82,97	Ø110	103,6	0,5	0,97
Colector colgado	TH108	129,5	3,24	0,01	0,802	75,59	Ø83	76,6	0,77	0,9
Colector colgado	TH109	90,3	2,26	0,01	0,802	66,03	Ø83	76,6	0,568	0,83
Colector colgado	TH110	69,7	1,74	0,01	0,802	59,92	Ø83	76,6	0,482	0,79
Pequeña evacuac	TH110 - BA9	69,7	1,74	0,02	0,802	52,62	Ø83	76,6	0,394	1,01
Pequeña evacuac	TH111 - BA10	20,6	0,52	0,02	0,802	33,31	Ø40	34	0,751	0,7
Pequeña evacuac	TH112 - BA11	39,2	0,98	0,02	0,802	42,40	Ø50	44	0,7	0,84
Pequeña evacuac	TH113 - BA12	36,5	0,91	0,02	0,802	41,28	Ø50	44	0,675	0,832
Pequeña evacuac	TH114 - BA13	44,7	1,12	0,02	0,802	44,54	Ø83	76,6	0,31	0,9

Tabla 29: Resumen de los cálculos de la red de pequeña evacuación y de los colectores de la red de agua pluvial

4.3.2.2.TUBERÍAS VERTICALES

En el apartado 2.3.2.2. "*Instalaciones en Lámina Libre (Saneamiento)*", concretamente en la sección relativa a las tuberías verticales, se define la ecuación de Dawson-Hunter, la cual se va a emplear para el dimensionado de las conducciones verticales de la instalación. Esta ecuación permite evaluar el comportamiento hidráulico del flujo en caída y establecer el diámetro adecuado conforme a las condiciones de diseño y a los criterios aplicados.

$$Q\ (l/s) = 3,15 \cdot 10^{-4} \cdot r^{5/3} \cdot [D(mm)]^{8/3} \quad \Rightarrow \quad D(mm) = \left[\frac{1}{3,15 \cdot 10^{-4} \cdot r^{5/3}}\right]^{3/8} [Q(l/s)]^{3/8}$$

Se establecerá inicialmente un criterio para el grado de llenado equivalente a un tercio del diámetro de la tubería. Con base en este criterio y el caudal de diseño, se determinará el diámetro mínimo requerido para garantizar el transporte del caudal previsto, empleando para ello la fórmula de Dawson-Hunter.

La *Tabla 30* recoge el dimensionado de las bajantes de aguas residuales, mientras que la *Tabla 31* presenta el dimensionado de las bajantes de aguas pluviales, incluyendo los parámetros hidráulicos y geométricos necesarios para su correcta definición.

		Racional Simplificado (alpha=2)			Cálculo		Selección		Comprobación
Tramo	nº Consumos	Qinst (l/s)	Ka	Qs (l/s)	r	D (mm)	DN	Dint (mm)	r
Bajante 1	9	7,75	0,422	3,272	0,333	63,73	Ø110	103,6	0,1532
Bajante 2	4	3,5	0,632	2,212	0,333	55,03	Ø110	103,6	0,1211
Bajante 3	4	3,5	0,632	2,212	0,333	55,03	Ø110	103,6	0,1211
Bajante 4	4	3,5	0,632	2,212	0,333	55,03	Ø110	103,6	0,1211
Bajante 5	6	5,5	0,51	2,8	0,333	60,14	Ø110	103,6	0,1396
Bajante 6	1	0,75	1,000	0,750	0,333	36,68	Ø83	76,6	0,1026
Bajante 8	8	7	0,445	3,114	0,333	62,57	Ø110	103,6	0,1487

Tabla 30: Resumen de los cálculos de las bajantes en la red de evacuación de aguas residuales

			Cálculo		Selección		Comprobación
Tramo	Superficie (m2)	Qd (l/s)	r	D (mm)	DN	Dint (mm)	r
Bajante 13	44,7	1,12	0,33	42,60	Ø83	76,6	0,130
Bajante 12	36,4	0,91	0,33	39,44	Ø50	44	0,2798
Bajante 10	20,6	0,52	0,33	31,86	Ø50	44	0,20
Bajante 11	39,2	0,98	0,33	40,55	Ø50	44	0,293
Bajante 9	69,7	1,74	0,33	50,32	Ø83	76,6	0,170
	210,6						

Tabla 31: Resumen de los cálculos de las bajantes en la red de evacuación de aguas pluviales

4.3.2.DIÁMETROS MÍNIMOS

En la presente instalación se ha verificado el cumplimiento de los diámetros mínimos exigidos, de acuerdo con lo establecido en el DB HS 5 “Evacuación de aguas” del CTE (Ilustración 55), con el fin de asegurar que el diseño de la red cumpla con los requisitos normativos en materia de seguridad, funcionalidad y garantía de servicio, contribuyendo así a la adecuada operatividad y durabilidad de la instalación.

Tabla 4.1 UDs correspondientes a los distintos aparatos sanitarios

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

Ilustración 55: Diámetros mínimos exigidos en la red de evacuación

En determinadas ocasiones, el cálculo hidráulico de la tubería arroja como resultado un diámetro comercial inferior al diámetro mínimo exigido por los criterios de diseño y normativa aplicable. En tales casos, se ha previsto la instalación del diámetro comercial inmediatamente superior, garantizando así tanto el cumplimiento de las exigencias mínimas establecidas como la adecuada capacidad de conducción en función del caudal de diseño.

4.3.3.DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE BOMBEO Y ELEVACIÓN

4.3.3.1.CÁLCULO DE LA BOMBA DE ELEVACIÓN

Para el dimensionado de las bombas de elevación, se ha considerado como caudal de diseño el aportado a la arqueta de bombeo, la cual recibe suministro a través de dos tuberías independientes: una con un caudal simultáneo de 2,53 l/s (procedente de la recogida de agua de 4 lavadoras y un sumidero), y otra con un caudal de 0,20 l/s (procedente del desagüe de un sumidero). La suma de ambos aportes determina un caudal total de entrada a las bombas de 2,73 l/s.

De acuerdo con lo establecido en el apartado 4.6.2 “Cálculo de las bombas de elevación” del DB HS5 del CTE, el caudal de las bombas debe ser mayor o igual al 125 % del caudal de aportación. Aplicando este criterio:

$$Q_{Bomba} \geq 1,25 \cdot Q_{aportación} = 1,25 \cdot 2,73 = 3,412\ l/s$$

La bomba de elevación deberá dimensionarse para un caudal nominal mínimo de 3,41 l/s, garantizando así el cumplimiento de la normativa.

En cumplimiento de lo dispuesto en el apartado 4.6.2 “Cálculo de las bombas de elevación” del DB HS5 del CTE, la presión manométrica necesaria se determina a partir:

$$H_m = H_g + H_r + H_a + h_T$$

siendo:

- H_m = Altura manométrica
- H_g = Altura geométrica: diferencia de cota entre el nivel mínimo del agua en la arqueta de aspiración y el punto de descarga.

- h_T = Pérdidas de carga en aspiración y en impulsión derivadas de la fricción en tuberías, accesorios, etc.
- H_r = Presión residual requerida: presión mínima que debe garantizarse en el punto de entrega para un correcto funcionamiento del sistema receptor.
- H_a = Altura de aspiración

Asumiendo que la bomba se encuentra instalada en el fondo de la arqueta de bombeo, cuya profundidad es de 0,543 m, y considerando que la impulsión se efectúa desde dicha cota de implantación (cota -3,543 m) hasta el punto de conexión con la red de saneamiento de la planta baja (cota -0,158 m), se obtiene una diferencia de cota equivalente a 3,385 m.

Dado que se ha considerado la ubicación de la bomba en el fondo de la arqueta de bombeo, la altura de aspiración (H_a) resulta nula.

Por otra parte, se ha llevado a cabo el cálculo de las pérdidas de carga en la conducción de impulsión, aplicando el mismo procedimiento descrito en la presente memoria para el dimensionado de la red de fontanería, conforme a lo expuesto en los apartados 3.*5. "Cálculo de caudales"*, *3.6. "Cálculo de diámetros"* y *3.7. "Cálculo de presiones"*. Tal y como se muestra en la *Tabla 32*, las pérdidas totales en los tramos de impulsión son 0,33 mca.

			Racional Simplificado								
Nº Tramo Cype	L (m)	z (m)	Qinst (l/s)	Ka	Qs (l/s)	Referencia	Dint (mm)	v (m/s)	hf (m)	hm (m)	ht (m)
TH75 - BA7	1,96	0	4,4	0,510	2,242	Ø50	44	1,47	0,100	0,02	0,12
BA7	3,385	3,39	4,4	0,510	2,242	Ø50	44	1,47	0,173	0,03	0,21

Tabla 32: Resumen de los cálculos de la bomba de elevación de la instalación de saneamiento

En lo que respecta a la presión residual, se ha considerado nula, dado que este concepto carece de aplicación en el ámbito de las instalaciones de saneamiento. La presión residual se contempla en redes de fontanería con el fin de garantizar en el punto de consumo una presión mínima para el correcto

funcionamiento de los aparatos receptores. Sin embargo, en el presente caso, la red de saneamiento no opera por presión, sino por gravedad y mediante impulsión puntual, por lo que no resulta necesario contemplar este término en el cálculo de la altura manométrica total.

Quedando la expresión:

$$H_m = H_g + H_r + H_a + h_T = 3,385 + 0 + 0 + 0,33 = 3,72\, mca$$

Una vez determinado el caudal de impulsión requerido y la altura manométrica, dichos valores constituyen los parámetros de referencia para la selección de las bombas de elevación.

$$Q_{Bomba} = 3,412\, l/s$$

$$H_m = 3,72\, mca$$

4.3.3.2.DIMENSIONADO DEL DEPÓSITO DE RECEPCIÓN

Para el dimensionado del depósito de recepción se ha seguido lo establecido en el apartado 4.6.1 “Dimensionado del depósito” del DB HS5 del CTE. Dicho apartado establece que el dimensionado debe realizarse en función de la limitación del número de arranques y paradas de las bombas, siendo este valor como máximo de 12 ciclos por hora.

En consecuencia, la capacidad mínima del depósito se determina a partir de este criterio, de forma que el volumen disponible permita garantizar el correcto funcionamiento del sistema, evitando un exceso de maniobras que puedan comprometer la vida útil de las bombas.

La capacidad del depósito es:

$$V = \frac{Q \cdot t}{n}$$

Siendo:

- V = Volumen
- Q = Caudal de la bomba (3,41 l/s)
- t = Tiempo considerado (1 hora = 3600s)
- n = Número de arranques (12 arranques)

Por lo que, la capacidad mínima del depósito son 1,023 m^3.

$$V = \frac{Q \cdot t}{n} = \frac{3{,}41 \cdot 3600}{12} = 1023\ L\ =\ 1{,}023\ m^3$$

4.4.DISEÑO CON LA HERRAMIENTA CYPE

El dimensionado de la instalación de saneamiento se ha llevado a cabo mediante el software cype, empleando específicamente el módulo cypeplumbing y su entorno de trabajo Sanitary Systems, el cual resulta adecuado para la modelización y cálculo de instalaciones de recogida de aguas residuales y pluviales, garantizando el cumplimiento de la normativa vigente y las condiciones de diseño establecidas.

4.4.1.CONFIGURACIÓN PREVIA

Para el desarrollo del diseño de la red de saneamiento resulta fundamental llevar a cabo una configuración previa en el software de cálculo empleado, de manera que se garantice que el modelo generado responda adecuadamente a los criterios y requisitos de diseño establecidos.

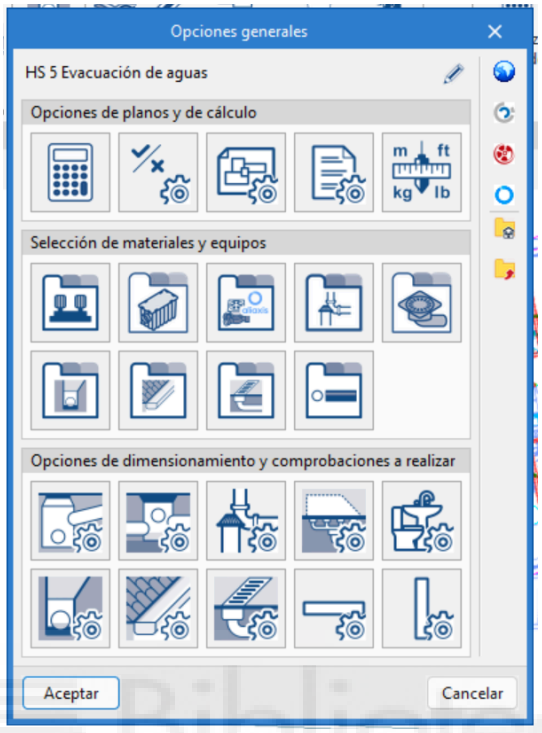


Ilustración 56: Menú de opciones generales de cypeplumbing sanitary systems

Para llevar a cabo la configuración inicial del programa, resulta indispensable definir el marco normativo que debe cumplir la instalación. En este caso, se adopta el Documento Básico HS 5 "Evacuación de aguas" del Código Técnico de la Edificación (*Ilustración 56)*.

Dado que el software permite la aplicación de distintos métodos de cálculo, es necesario seleccionar el criterio mediante el cual CYPE procederá al cálculo y dimensionamiento de la red. Cabe señalar que ofrece diversas alternativas tanto para el dimensionamiento (ya sea mediante tablas o mediante fórmulas) como para el cálculo de caudales (método racional simplificado y otros dos adicionales) (*Ilustración 57).*

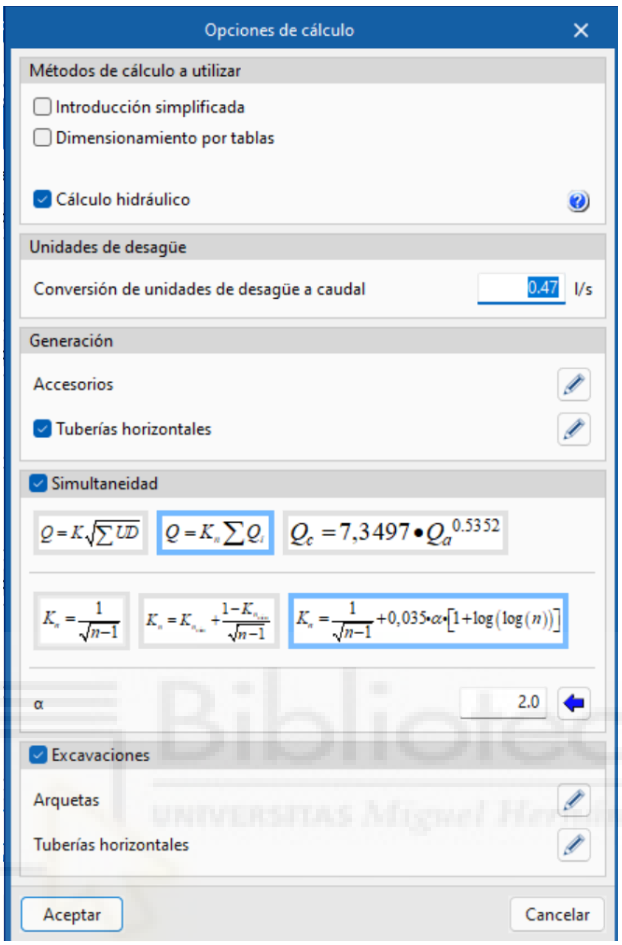
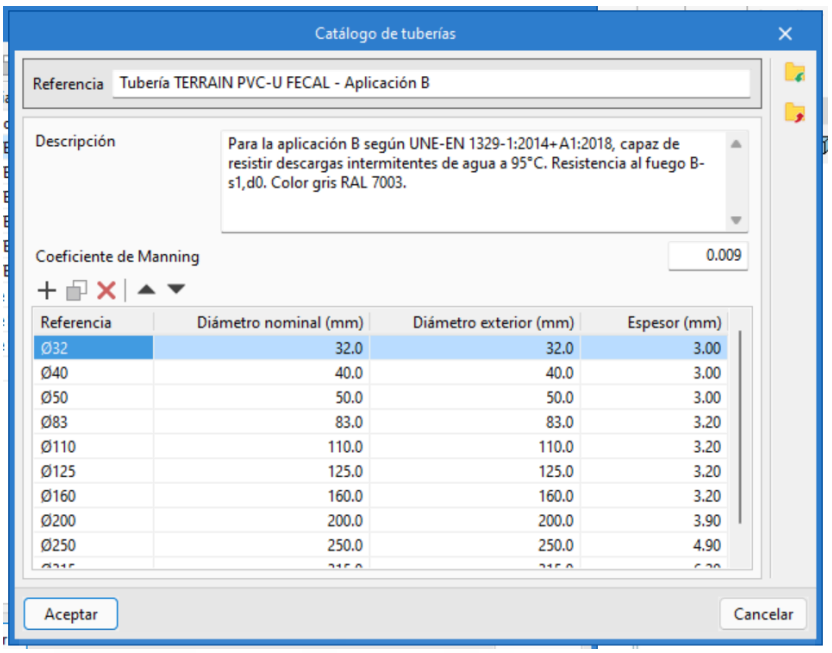


Ilustración 57: Opciones de cálculo de cypeplumbing sanitary systems

Con el fin de verificar los resultados obtenidos en las hojas de cálculo elaboradas en el apartado *4.3. "Criterios de diseño y dimensionado"*, se ha seleccionado el método racional simplificado, correspondiente a un edificio de viviendas que viene definido con un valor de α = 2 (*Ilustración 57)*.

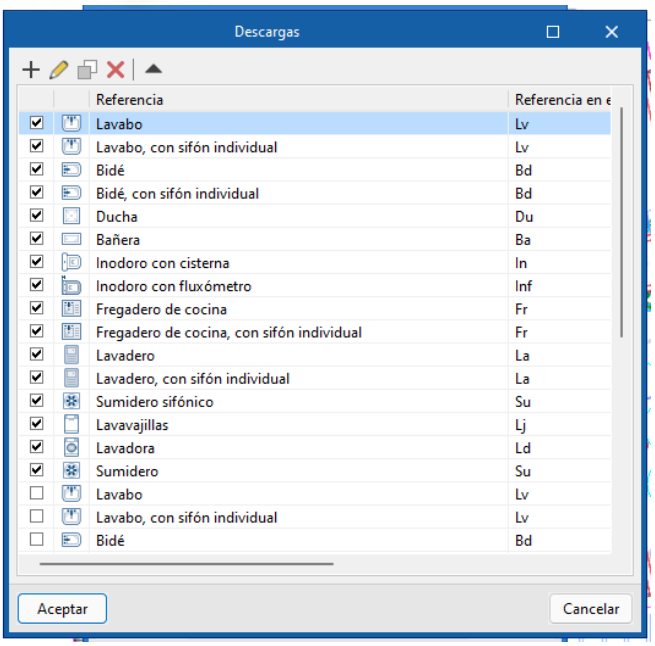
En el proceso de selección de materiales, se ha optado por emplear las tuberías Terrain PVC-U Fecal, las cuales cumplen con los requisitos establecidos en la norma UNE-EN 1329-1:2014+A1:2018, aplicable a la clase de aplicación B (*Ilustración 58)*.



Referencia	Diámetro nominal (mm)	Diámetro exterior (mm)	Espesor (mm)
Ø32	32.0	32.0	3.00
Ø40	40.0	40.0	3.00
Ø50	50.0	50.0	3.00
Ø83	83.0	83.0	3.20
Ø110	110.0	110.0	3.20
Ø125	125.0	125.0	3.20
Ø160	160.0	160.0	3.20
Ø200	200.0	200.0	3.90
Ø250	250.0	250.0	4.90

Ilustración 58: Catálogo de tuberías de cypeplumbing sanitary systems

La *Ilustración 58* recoge los diámetros comerciales disponibles junto con el correspondiente coeficiente de Manning, los cuales coinciden con los valores previamente presentados en el apartado *4.2. "Materiales"*.



Referencia	Referencia en e
Lavabo	Lv
Lavabo, con sifón individual	Lv
Bidé	Bd
Bidé, con sifón individual	Bd
Ducha	Du
Bañera	Ba
Inodoro con cisterna	In
Inodoro con fluxómetro	Inf
Fregadero de cocina	Fr
Fregadero de cocina, con sifón individual	Fr
Lavadero	La
Lavadero, con sifón individual	La
Sumidero sifónico	Su
Lavavajillas	Lj
Lavadora	Ld
Sumidero	Su
Lavabo	Lv
Lavabo, con sifón individual	Lv
Bidé	Bd

Ilustración 59: Aparatos disponibles en la instalación de saneamiento en cypeplumbing sanitary systems

Se ha llevado a cabo una configuración específica para cada uno de los aparatos de la red, en la que se ha definido el caudal de desagüe correspondiente, coincidente con los valores establecidos en el apartado *4.3.1.1 "Aguas residuales"* (*Ilustración 59 y 60)*.

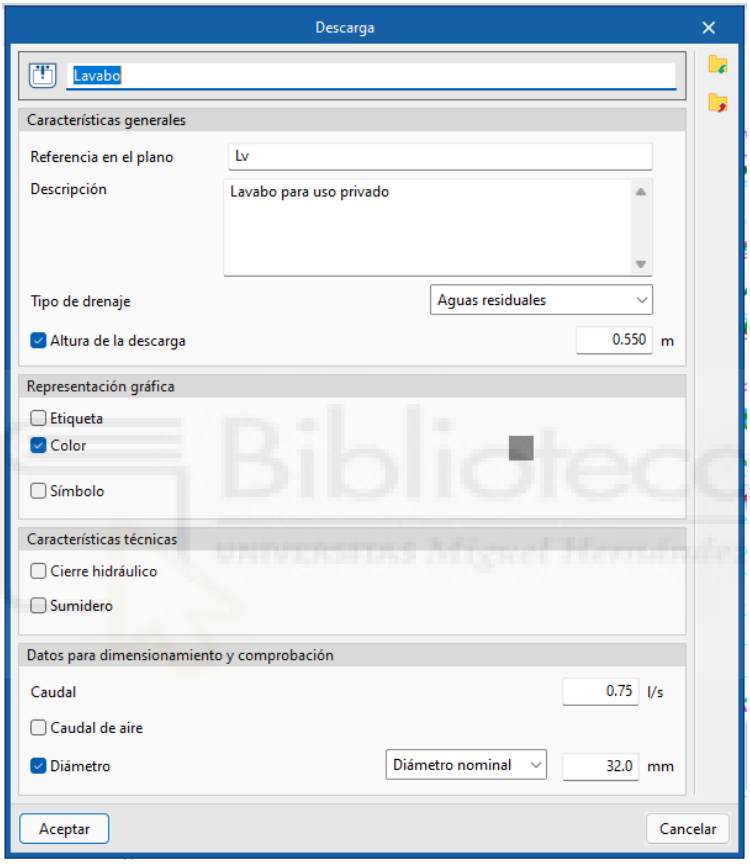


Ilustración 60: Características de los aparatos en la instalación de saneamiento en cypeplumbing sanitary systems

Del mismo modo, se ha procedido a la configuración de las tuberías, tanto en tramos verticales como horizontales, asignando en todos los casos el modelo seleccionado de tubería Terrain PVC-U Fecal. Asimismo, se han establecido en dichas conducciones los rangos de porcentaje de pendiente permitidos y los diámetros mínimos, en concordancia con lo especificado en el CTE (*Ilustración 61)*.

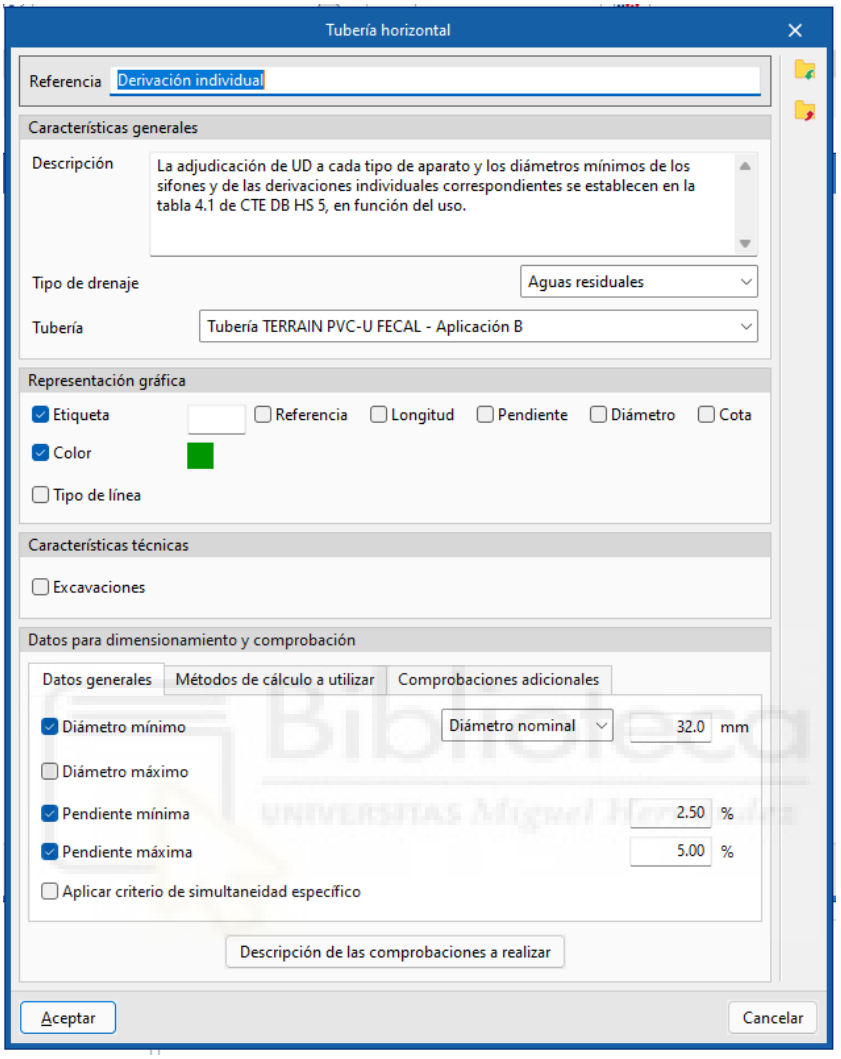


Ilustración 61: Criterios de diseño de los tipos de tuberías en la instalación de saneamiento en cypeplumbing sanitary systems

Se ha definido la válvula de aireación en el programa (*Ilustración 62)*, cuya función principal es evitar la generación de sobrepresiones en los inodoros, evitando la necesidad de incorporar un sistema adicional de ventilación que podría complicar innecesariamente la red, garantizando al mismo tiempo una ventilación local adecuada en esos aparatos.

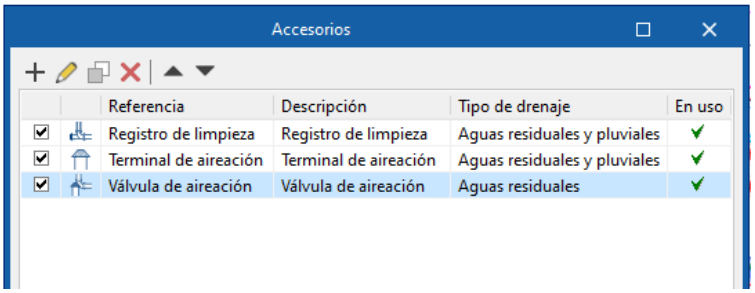


Ilustración 62: Accesorios utilizados en la instalación de saneamiento en cypeplumbing sanitary systems

Para el diseño de la red de evacuación de aguas pluviales, se ha especificado en el programa la localización geográfica de la edificación, de manera que sea posible determinar la intensidad pluviométrica de referencia correspondiente a dicha ciudad (*Ilustración 63)*. Esta información resulta imprescindible para la correcta aplicación del método de cálculo y el dimensionamiento hidráulico de la instalación.

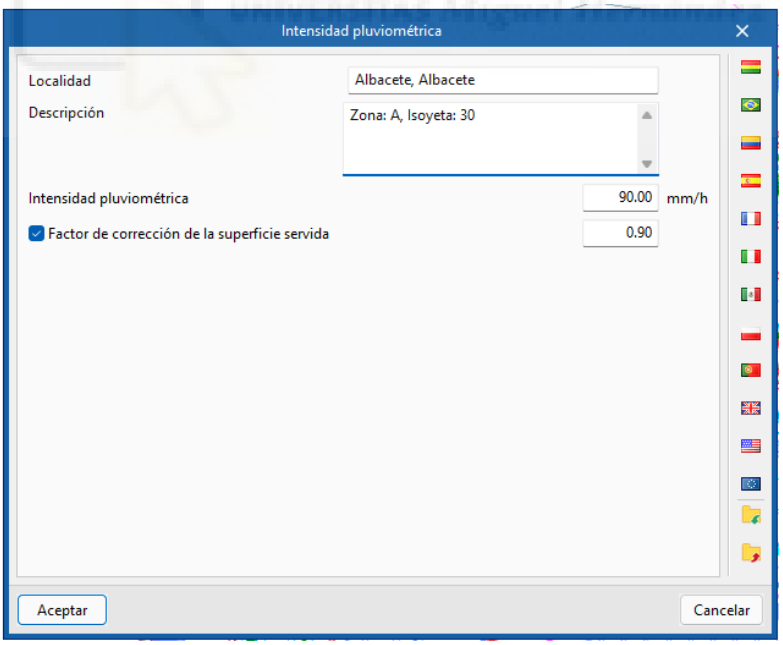


Ilustración 63: Intensidad pluviométrica en cypeplumbing sanitary systems

4.4.2.RESULTADOS

Una vez incorporados los aparatos y definido el trazado de la red en el software correspondiente, se han aplicado los mismos criterios establecidos en el procedimiento descrito en la hoja de cálculo. Se ha dispuesto una pendiente del 3 % para la red de pequeña evacuación y del 2 % para los colectores colgados y enterrados. En el caso de la red de pluviales, se ha definido una pendiente del 2 % tanto para la red de pequeña evacuación como para los colectores enterrados, y del 1 % para los colectores colgados.

El siguiente paso consiste en el dimensionamiento a través del software, el cual genera los resultados finales. Estos pueden consultarse en la *Tabla 33* y coinciden con los obtenidos previamente mediante el cálculo realizado en la hoja de cálculo.

				Racional simplificado (alpha=2)							
Tipo tramo	Tramo	L (m)	i (%)	Dmín (mm)	Cálculo hidráulico					Dint (mm)	Dcom (mm)
					Qb (l/s)	K	Qs (l/s)	Y/D (%)	v (m/s)		
DI	10	1,024	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83
DI	13	0,211	3	110	1,5	1	1,5	-	1,09	103,6	110
DI	16	4,076	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83
DI	19	2,552	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83
DI	21	1,851	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83
DI	23	1,097	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83
DI	27	2,006	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83
DI	29	0,288	3	110	1,5	1	1,5	-	1,09	103,6	110
DI	33	2,347	3	40	0,5	1	0,5	-	0,86	44	50
DI	35	1,252	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83
DI	37	0,186	3	110	1,5	1	1,5	-	1,09	103,6	110
DI	43	1,353	3	40	0,5	1	0,5	-	0,86	44	50
DI	55	1,731	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83
DI	57	0,649	3	110	1,5	1	1,5	-	1,09	103,6	110
DI	63	1,151	3	40	0,5	1	0,5	-	0,86	44	50
DI	67	1,089	3	40	0,5	1	0,5	-	0,86	44	50
DI	71	0,266	3	110	1,5	1	1,5	-	1,09	103,6	110
DI	77 (Su)	18,119	3	40	0,2	1	0,2	-	0,68	34	40
DI	81	1,358	3	40	1	1	1	-	1	76,6	83
DI	84	0,781	3	40	1	1	1	-	1	76,6	83
DI	93	1,829	3	40	0,5	1	0,5	-	0,86	44	50
DI	99	1,740	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83
DI	103	0,855	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83

RC	9	1,134	3	83	1,25	1	1,25	30,09	1,07	76,6	83
RC	15	0,255	3	110	2,25	1	2,25	26,91	1,23	103,6	110
RC	26	1,020	3	110	2,25	1	2,25	26,91	1,23	103,6	110
RC	32	0,304	3	110	2,75	0,82	2,25	26,91	1,23	103,6	110
RC	42	1,127	3	83	1,25	1	1,25	30,09	1,07	76,6	83
RC	54	0,511	3	110	2,25	1	2,25	26,91	1,23	103,6	110
RC	66	1,034	3	83	1,25	1	1,25	30,09	1,07	76,6	83
RC	90	0,404	3	110	3,25	0,64	2,08	25,83	1,2	103,6	110
RC	91	0,162	3	110	2,75	0,75	2,08	25,83	1,2	103,6	110
RC	92	0,687	3	83	1,25	1	1,25	30,09	1,07	76,6	83
RC	98	0,338	3	83	1,5	1	1,5	33,08	1,13	76,6	83
CC	2	8,626	2	160	42,65	0,23	9,71	37,06	1,55	153,6	160
CC	3	0,283	2	125	41,15	0,23	9,53	36,72	1,55	153,6	160
CC	4	1,571	2	110	29,75	0,26	7,72	47,88	1,48	118,6	125
CC	5	0,428	2	110	17	0,31	5,32	47,58	1,35	103,6	110
CC	6	5,183	2	110	13,5	0,34	4,62	43,89	1,3	103,6	110
CC	7	6,33	2	110	7,75	0,42	3,27	36,34	1,18	103,6	110
CC	47	0,603	2	110	12	0,36	4,34	42,4	1,28	103,6	110
CC	48	0,356	2	110	11,25	0,37	4,21	41,65	1,27	103,6	110
CC	49	2,221	2	110	9,75	0,39	3,78	39,27	1,23	103,6	110
CC	50	1,161	2	110	4,25	0,56	2,38	30,71	1,08	103,6	110
CC	51	2,962	2	110	3,5	0,64	2,25	29,86	1,06	103,6	110
CC	76	1,241	2	83	4,4	0,57	2,53	49,27	1,12	76,6	83
CC	79	1,682	2	83	4	0,63	2,53	49,27	1,12	76,6	83
CC	80	1,038	2	83	2	1	2	43,11	1,05	76,6	83
CE	TH1	1,097	2	160	42,65	0,23	9,71	37,08	1,55	153,6	160
CE	TH76 - BA7	1,962	2	83	4,4	0,57	2,53	49,27	1,12	76,6	83

Tabla 33: Resultados de cypeplumbing sanitary systems con el método racional simplificado

4.5.COMPARACIÓN DE MÉTODOS

Siguiendo la misma línea de trabajo desarrollada en la instalación de fontanería, el presente proyecto tiene como objeto analizar y comparar los distintos métodos de cálculo aplicables al dimensionado de la red de saneamiento.

Las comparaciones que constituyen el objeto de estudio del presente proyecto se fundamentan en el análisis comparativo entre el método basado en tablas de unidades de desagüe, establecido por el Código Técnico de la Edificación, y el cálculo mediante las fórmulas descritas en el apartado correspondiente de este documento.

Asimismo, se llevará a cabo un estudio equivalente al realizado en la disciplina de fontanería, comparando los métodos de cálculo de caudales establecidos en la norma UNE 149201:2017 con el método racional simplificado.

Por último, se analizarán comparativamente los tres métodos de cálculo de caudales que ofrece el software cype.

4.5.1.COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODO POR TABLAS (UD) Y EL MÉTODO A TRAVÉS DE FÓRMULAS

Para el cálculo de la instalación de saneamiento se ha aplicado el método por tablas a través del método racional simplificado, tal y como se establece en el apartado *4.3. "Criterios de diseño y dimensionado"* del presente documento. No obstante, dicho cálculo también puede realizarse mediante un método alternativo basado en el uso de tablas, recogido en el DB HS 5 "Evacuación de aguas" del CTE.

Este método alternativo se fundamenta en la utilización de las denominadas Unidades de Desagüe (UD), las cuales permiten cuantificar el caudal que debe evacuar cada tipo de aparato sanitario. En función del tipo de aparato, se le asigna un determinado número de UD, lo que permite estimar el caudal total que transita por cada tramo de la red de aguas residuales. En el caso de la red de aguas pluviales, se determina un área corregida en función de la ubicación geográfica del edificio, utilizando para ello la intensidad pluviométrica correspondiente.

El CTE, en su Documento HS 5, proporciona tablas específicas para cada tipo de tramo de la red de saneamiento (redes de pequeña evacuación, colectores, bajantes, etc.), diferenciando entre redes de aguas residuales y redes de aguas pluviales. A partir de la suma total de las unidades de desagüe

correspondientes a los aparatos conectados a un tramo determinado en la red de residuales, es posible, mediante las tablas mencionadas, determinar el diámetro nominal necesario que debe cumplir dicho tramo para garantizar una evacuación adecuada conforme a las exigencias del CTE. Del mismo modo, para la red de aguas pluviales, a partir del valor del área corregida y mediante las tablas proporcionadas por el CTE, se determina el diámetro nominal correspondiente.

La *Tabla 34* presenta los resultados obtenidos mediante ambos procedimientos para la red de aguas residuales. Estos datos han sido representados gráficamente (*Ilustración 64*) para comparar el diámetro comercial asignado a cada tramo, según los resultados obtenidos por el método basado en tablas y el método basado en fórmulas.

				Método por fórmulas - Racional simplificado (alpha=2)								Cálculo con tablas (UD)			
					Cálculo hidráulico										
Tipo tramo	Tramo	L (m)	i (%)	Dmín (mm)	Qb (l/s)	K	Qs (l/s)	Y/D (%)	v (m/s)	Dint (mm)	Dcom (mm)	UDs	Dmín (mm)	Dint (mm)	Dcom (mm)
DI	10	1,024	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	1	40	34	40
DI	13	0,211	3	110	1,5	1	1,5	-	1,09	103,6	110	4	110	103,6	110
DI	16	4,076	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	3	40	34	40
DI	19	2,552	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	3	40	34	40
DI	21	1,851	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	3	40	34	40
DI	23	1,097	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	1	40	34	40
DI	27	2,006	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	1	40	34	40
DI	29	0,288	3	110	1,5	1	1,5	-	1,09	103,6	110	4	110	103,6	110
DI	33	2,347	3	40	0,5	1	0,5	-	0,86	44	50	2	40	34	40
DI	35	1,252	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	3	40	34	40
DI	37	0,186	3	110	1,5	1	1,5	-	1,09	103,6	110	4	110	103,6	110
DI	43	1,353	3	40	0,5	1	0,5	-	0,86	44	50	2	40	34	40
DI	55	1,731	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	1	40	34	40
DI	57	0,649	3	110	1,5	1	1,5	-	1,09	103,6	110	4	110	103,6	110
DI	63	1,151	3	40	0,5	1	0,5	-	0,86	44	50	2	40	34	40
DI	67	1,089	3	40	0,5	1	0,5	-	0,86	44	50	2	40	34	40
DI	71	0,266	3	110	1,5	1	1,5	-	1,09	103,6	110	4	110	103,6	110
DI	77 (Su)	18,119	3	40	0,2	1	0,2	-	0,68	34	40	1	40	34	40
DI	81	1,358	3	40	1	1	1	-	1	76,6	83	3	40	34	40
DI	84	0,781	3	40	1	1	1	-	1	76,6	83	3	40	34	40
DI	93	1,829	3	40	0,5	1	0,5	-	0,86	44	50	2	40	34	40
DI	99	1,740	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	1	40	34	40
DI	103	0,855	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	3	40	34	40
RC	9	1,134	3	83	1,25	1	1,25	30,09	1,07	76,6	83	3	40	44	50
RC	15	0,255	3	110	2,25	1	2,25	26,91	1,23	103,6	110	7	110	103,6	110

RC	26	1,020	3	110	2,25	1	2,25	26,91	1,23	103,6	110	5	110	103,6	110
RC	32	0,304	3	110	2,75	0,82	2,25	26,91	1,23	103,6	110	9	110	103,6	110
RC	42	1,127	3	83	1,25	1	1,25	30,09	1,07	76,6	83	3	40	44	50
RC	54	0,511	3	110	2,25	1	2,25	26,91	1,23	103,6	110	5	110	103,6	110
RC	90	0,404	3	110	3,25	0,64	2,08	25,83	1,2	103,6	110	9	110	103,6	110
RC	91	0,162	3	110	2,75	0,75	2,08	25,83	1,2	103,6	110	7	110	103,6	110
RC	92	0,687	3	83	1,25	1	1,25	30,09	1,07	76,6	83	3	40	44	50
RC	98	0,338	3	83	1,5	1	1,5	33,08	1,13	76,6	83	4	40	44	50
CC	2	8,626	2	160	42,65	0,23	9,71	37,06	1,55	153,6	160	123	110	153,6	160
CC	3	0,283	2	125	41,15	0,23	9,53	36,72	1,55	153,6	160	117	110	103,6	110
CC	4	1,571	2	110	29,75	0,26	7,72	47,88	1,48	118,6	125	83	110	103,6	110
CC	5	0,428	2	110	17	0,31	5,32	47,58	1,35	103,6	110	48	110	103,6	110
CC	6	5,183	2	110	13,5	0,34	4,62	43,89	1,3	103,6	110	38	110	103,6	110
CC	7	6,33	2	110	7,75	0,42	3,27	36,34	1,18	103,6	110	23	110	103,6	110
CC	47	0,603	2	110	12	0,36	4,34	42,4	1,28	103,6	110	32	110	103,6	110
CC	48	0,356	2	110	11,25	0,37	4,21	41,65	1,27	103,6	110	31	110	103,6	110
CC	49	2,221	2	110	9,75	0,39	3,78	39,27	1,23	103,6	110	27	110	103,6	110
CC	50	1,161	2	110	4,25	0,56	2,38	30,71	1,08	103,6	110	13	110	103,6	110
CC	51	2,962	2	110	3,5	0,64	2,25	29,86	1,06	103,6	110	10	110	103,6	110
CC	76	1,241	2	83	4,4	0,57	2,53	49,27	1,12	76,6	83	14	83	76,6	83
CC	79	1,682	2	83	4	0,63	2,53	49,27	1,12	76,6	83	12	50	76,6	83
CC	80	1,038	2	83	2	1	2	43,11	1,05	76,6	83	6	50	44	50
CE	TH1	1,097	2	160	42,65	0,23	9,71	37,08	1,55	153,6	160	123	160	153,6	160
CE	TH76 - BA7	1,962	2	83	4,4	0,57	2,53	49,27	1,12	76,6	83	14	83	76,6	83

Tabla 34: Resultados de cypeplumbing sanitary systems con el método por fórmula y por tablas

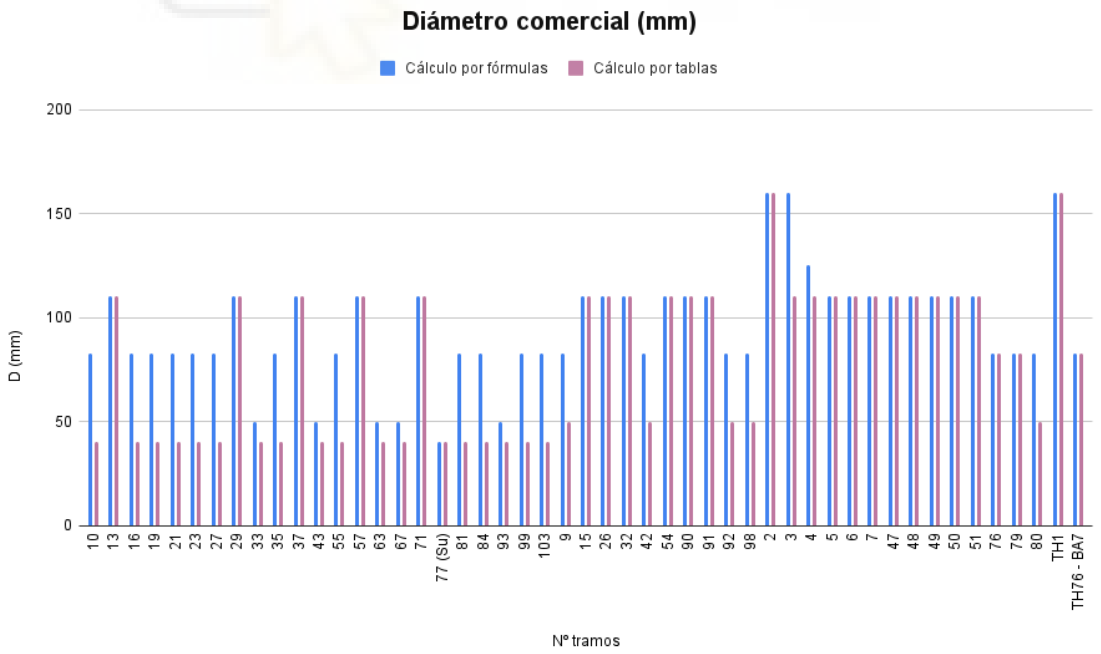


Ilustración 64: Representación gráfica del diámetro comercial mediante método por fórmulas y por tablas en cypeplumbing sanitary systems

Al analizar los resultados correspondientes a la red de aguas residuales, se observa una notable concordancia en los diámetros comerciales asignados a los tramos de colectores enterrados y colectores colgados mediante ambos métodos de cálculo.

Sin embargo, en la red de pequeña evacuación se evidencia una mayor discrepancia entre los métodos, siendo habitual que el método basado en fórmulas arroje diámetros superiores a los determinados mediante el método por tablas. Esta diferencia se debe a que muchos de los tramos de la red de pequeña evacuación transportan únicamente el caudal generado por un único aparato, donde en muchos casos el método basado en tablas asigna al tramo el diámetro mínimo establecido por el CTE. Por el contrario, el método basado en fórmulas tiende a dimensionar con un diámetro superior al mínimo reglamentario, lo que aporta un mayor margen de seguridad a la instalación.

En los tramos donde se observa coincidencia en el diámetro comercial, dicho fenómeno se debe a que estos conductos transportan el agua evacuada por un inodoro. Este tipo de aparato sanitario requiere un diámetro mínimo de 100 mm, condición que determina el dimensionamiento del tramo correspondiente. Como consecuencia, ambos métodos de cálculo arrojan el mismo resultado, ya que ambos se ven condicionados por el diámetro mínimo exigido. En estos casos, ambos tienden a sobredimensionar los tramos, debido a la limitación impuesta por dicho diámetro normativo.

En conclusión, se puede afirmar que, aunque en los tramos con inodoros no se presentan discrepancias significativas entre métodos, en el conjunto de la instalación el método por tablas tiende a infradimensionar el sistema.

4.5.2.COMPARACIÓN ENTRE UN EDIFICIO DE VIVIENDAS Y UN EDIFICIO DE HOTEL EN EL MÉTODO RACIONAL SIMPLIFICADO

Siguiendo la línea de las comparativas realizadas previamente en la red de fontanería, se ha llevado a cabo un análisis centrado en la influencia de la tipología del edificio sobre el cálculo de caudales mediante el método racional simplificado. Este método contempla la variable denominada alpha (α), cuyo valor depende del tipo de edificación: en el caso de edificios de viviendas se adopta α = 2, mientras que para edificaciones destinadas a uso hotelero se considera α = 3

				Racional simplificado (alpha=2)								Racional simplificado (alpha=3)							
Tipo tramo	Tramo	L (m)	i (%)	Dmín (mm)	Cálculo hidráulico					Dint (mm)	Dcom (mm)	Dmín (mm)	Cálculo hidráulico					Dint (mm)	Dcom (mm)
					Qb (l/s)	K	Qs (l/s)	Y/D (%)	v (m/s)				Qb (l/s)	K	Qs (l/s)	Y/D (%)	v (m/s)		
DI	10	1,024	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83
DI	13	0,211	3	110	1,5	1	1,5	-	1,09	103,6	110	110	1,5	1	1,5	-	1,09	103,6	110
DI	16	4,076	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83
DI	19	2,552	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83
DI	21	1,851	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83
DI	23	1,097	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83
DI	27	2,006	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83
DI	29	0,288	3	110	1,5	1	1,5	-	1,09	103,6	110	110	1,5	1	1,5	-	1,09	103,6	110
DI	33	2,347	3	40	0,5	1	0,5	-	0,86	44	50	40	0,5	1	0,5	-	0,86	44	50
DI	35	1,252	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83
DI	37	0,186	3	110	1,5	1	1,5	-	1,09	103,6	110	110	1,5	1	1,5	-	1,09	103,6	110
DI	43	1,353	3	40	0,5	1	0,5	-	0,86	44	50	40	0,5	1	0,5	-	0,86	44	50
DI	55	1,731	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83
DI	57	0,649	3	110	1,5	1	1,5	-	1,09	103,6	110	110	1,5	1	1,5	-	1,09	103,6	110
DI	63	1,151	3	40	0,5	1	0,5	-	0,86	44	50	40	0,5	1	0,5	-	0,86	44	50
DI	67	1,089	3	40	0,5	1	0,5	-	0,86	44	50	40	0,5	1	0,5	-	0,86	44	50
DI	71	0,266	3	110	1,5	1	1,5	-	1,09	103,6	110	110	1,5	1	1,5	-	1,09	103,6	110
DI	77 (Su)	18,119	3	40	0,2	1	0,2	-	0,68	34	40	40	0,2	1	0,2	-	0,68	34	40
DI	81	1,358	3	40	1	1	1	-	1	76,6	83	40	1	1	1	-	1	76,6	83
DI	84	0,781	3	40	1	1	1	-	1	76,6	83	40	1	1	1	-	1	76,6	83
DI	93	1,829	3	40	0,5	1	0,5	-	0,86	44	50	40	0,5	1	0,5	-	0,86	44	50
DI	99	1,740	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83
DI	103	0,855	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83
RC	9	1,134	3	83	1,25	1	1,25	30,09	1,07	76,6	83	83	1,25	1	1,25	30,09	1,07	76,6	83
RC	15	0,255	3	110	2,25	1	2,25	26,91	1,23	103,6	110	110	2,25	1	2,25	26,91	1,23	103,6	110
RC	26	1,020	3	110	2,25	1	2,25	26,91	1,23	103,6	110	110	2,25	1	2,25	26,91	1,23	103,6	110
RC	32	0,304	3	110	2,75	0,82	2,25	26,91	1,23	103,6	110	110	2,75	0,82	2,25	26,91	1,23	103,6	110
RC	42	1,127	3	83	1,25	1	1,25	30,09	1,07	76,6	83	83	1,25	1	1,25	30,09	1,07	76,6	83

RC	54	0,511	3	110	2,25	1	2,25	26,91	1,23	103,6	110	110	2,25	1	2,25	26,91	1,23	103,6	110
RC	66	1,034	3	83	1,25	1	1,25	30,09	1,07	76,6	83	83	1,25	1	1,25	30,09	1,07	76,6	83
RC	90	0,404	3	110	3,25	0,64	2,08	25,83	1,2	103,6	110	110	3,25	0,66	2,14	26,25	1,21	103,6	110
RC	91	0,162	3	110	2,75	0,75	2,08	25,83	1,2	103,6	110	110	2,75	0,78	2,14	26,24	1,21	103,6	110
RC	92	0,687	3	83	1,25	1	1,25	30,09	1,07	76,6	83	83	1,25	1	1,25	30,09	1,07	76,6	83
RC	98	0,338	3	83	1,5	1	1,5	33,08	1,13	76,6	83	83	1,5	1	1,5	33,08	1,13	76,6	83
CC	2	8,626	2	160	42,65	0,23	9,71	37,06	1,55	153,6	160	160	42,65	0,27	11,55	40,72	1,63	153,6	160
CC	3	0,283	2	125	41,15	0,23	9,53	36,72	1,55	153,6	160	160	41,15	0,27	11,3	40,25	1,62	153,6	160
CC	4	1,571	2	110	29,75	0,26	7,72	47,88	1,48	118,6	125	125	29,75	0,3	8,95	35,5	1,52	153,6	160
CC	5	0,428	2	110	17	0,31	5,32	47,58	1,35	103,6	110	110	17	0,35	5,98	41,46	1,38	118,6	125
CC	6	5,183	2	110	13,5	0,34	4,62	43,89	1,3	103,6	110	110	13,5	0,38	5,13	46,55	1,33	103,6	110
CC	7	6,33	2	110	7,75	0,42	3,27	36,34	1,18	103,6	110	110	7,75	0,46	3,54	37,9	1,21	103,6	110
CC	47	0,603	2	110	12	0,36	4,34	42,4	1,28	103,6	110	110	12	0,4	4,78	44,75	1,31	103,6	110
CC	48	0,356	2	110	11,25	0,37	4,21	41,65	1,27	103,6	110	110	11,25	0,41	4,61	43,85	1,3	103,6	110
CC	49	2,221	2	110	9,75	0,39	3,78	39,27	1,23	103,6	110	110	9,75	0,42	4,13	41,21	1,26	103,6	110
CC	50	1,161	2	110	4,25	0,56	2,38	30,71	1,08	103,6	110	110	4,25	0,59	2,5	31,55	1,1	103,6	110
CC	51	2,962	2	110	3,5	0,64	2,25	29,86	1,06	103,6	110	110	3,5	0,66	2,31	30,25	1,07	103,6	110
CC	76	1,241	2	83	4,4	0,57	2,53	49,27	1,12	76,6	83	110	4,4	0,6	2,64	32,42	1,11	103,6	110
CC	79	1,682	2	83	4	0,63	2,53	49,27	1,12	76,6	83	83	4	0,66	2,64	32,42	1,11	103,6	110
CC	80	1,038	2	83	2	1	2	43,11	1,05	76,6	83	83	2	1	2	43,11	1,05	76,6	83
CE	TH1	1,097	2	160	42,65	0,23	9,71	37,08	1,55	153,6	160	160	42,65	0,27	11,55	40,74	1,63	153,6	160
CE	TH76 - BA7	1,962	2	83	4,4	0,57	2,53	49,27	1,12	76,6	83	110	4,4	0,6	2,64	32,42	1,11	103,6	110

Tabla 35: Resultados de cypeplumbing sanitary systems con el método racional simplificado para las dos tipologías de edificios

La *Tabla 35* recoge los resultados obtenidos mediante el mismo procedimiento para ambas tipologías. El análisis se ha centrado en tres variables clave: el caudal simultáneo, el grado de llenado y la velocidad del flujo y el diámetro comercial, cuyas comparativas se representan gráficamente en las *Ilustraciones 65, 66, 67 y 68*, respectivamente.

Dado que la simultaneidad se aplica a partir de la confluencia de tres o más aparatos, la mayoría de los tramos correspondientes a la red de pequeña evacuación presentan valores de caudal simultáneo muy similares en ambos escenarios, o incluso idénticos. Sin embargo, esta diferencia se vuelve más significativa en los tramos que transportan caudales elevados, producto de la recogida de múltiples aparatos. En estos casos, el valor de α genera una diferencia matemática en el caudal simultáneo calculado.

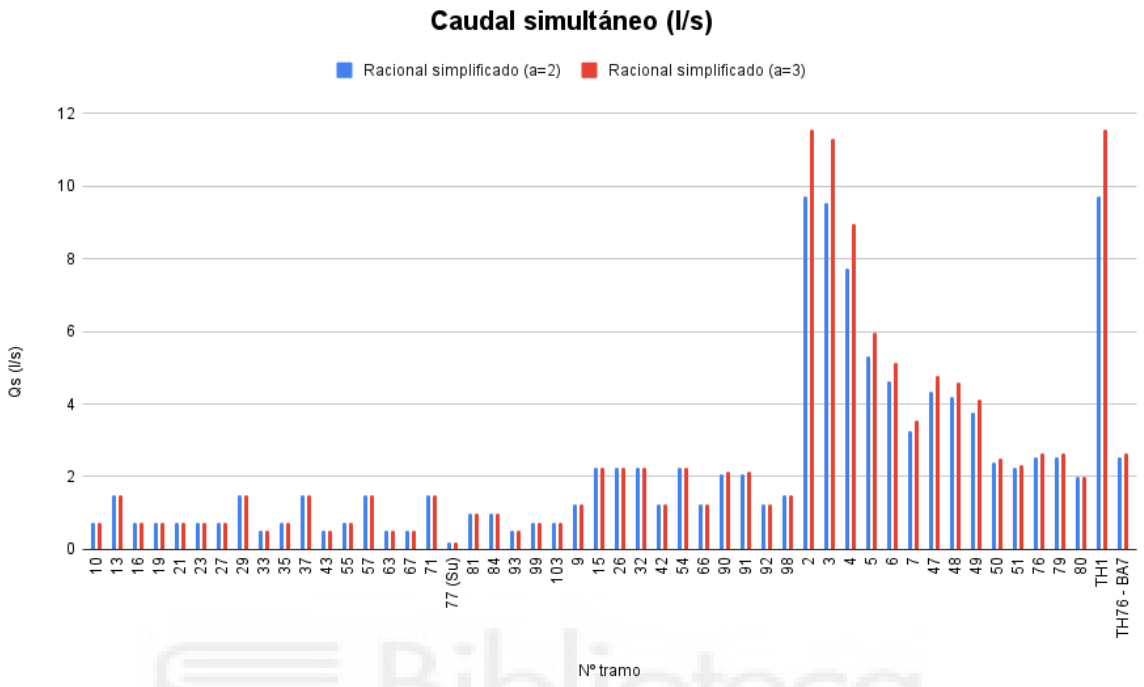


Ilustración 65: Representación gráfica del caudal simultáneo mediante el método racional simplificado para las dos tipologías de edificación en cypeplumbing sanitary systems

Como consecuencia, al mantenerse un mismo diámetro comercial en la mayoría de tramos en ambos casos, el grado de llenado será mayor en el escenario correspondiente al edificio tipo hotel (α = 3), debido al incremento de caudal. Un ejemplo representativo de esta situación se observa en los tramos 2 y 3, donde, a pesar de compartir el mismo diámetro comercial, el mayor valor de α aplicado en el caso del hotel genera un caudal simultáneo más elevado, lo que se traduce en un mayor grado de llenado en la tubería.

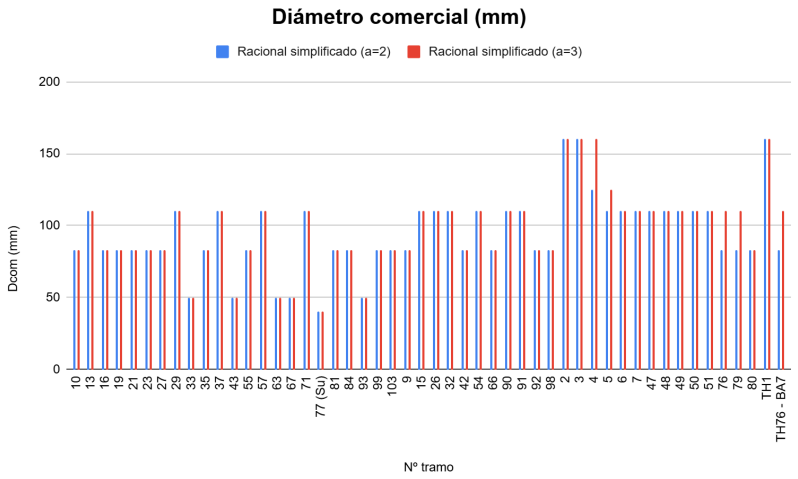


Ilustración 66: Representación gráfica del diámetro comercial mediante el método racional simplificado para las dos tipologías de edificación en cypeplumbing sanitary systems

Analizando la *Ilustración 66*, se observa que en la mayoría de los tramos el dimensionado de las tuberías resulta equivalente. No obstante, en algunos tramos, para α = 3, la función matemática utilizada requiere un diámetro mayor. Estos tramos coinciden con aquellos en los que se transporta un caudal elevado, ya que para este caso, al considerarse el edificio como un hotel, la simultaneidad de los aparatos es mayor, incrementando la demanda hidráulica y, por tanto, el diámetro necesario.

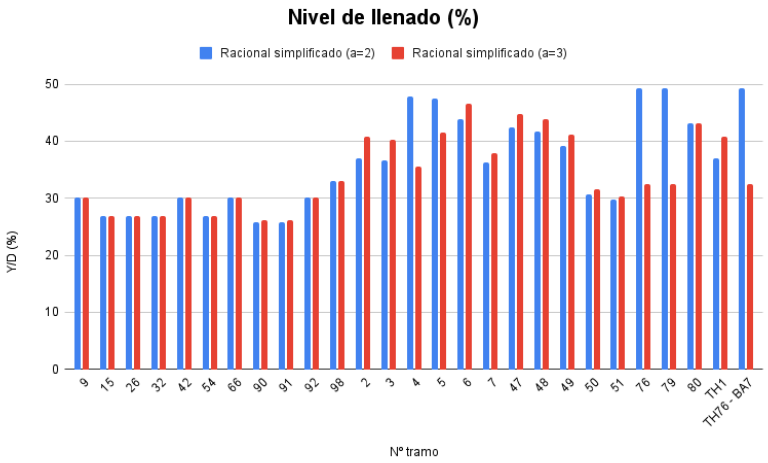


Ilustración 67: Representación gráfica del nivel de llenado mediante el método racional simplificado para las dos tipologías de edificación en cypeplumbing sanitary systems

En cuanto a la velocidad, ocurre un fenómeno similar al caudal simultáneo. Considerando la ecuación de continuidad, e igualdad de sección, un mayor caudal implica una mayor velocidad del fluido, lo cual también se aprecia claramente en los tramos 2 y 3.

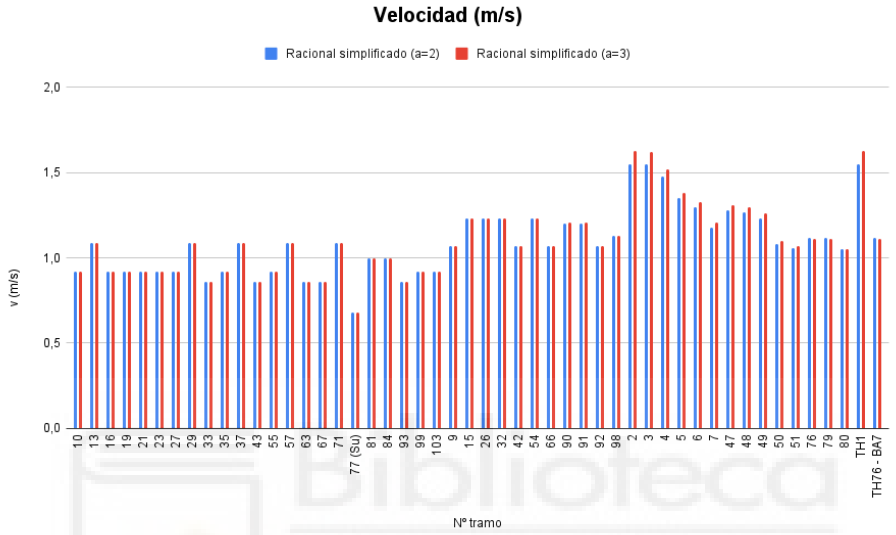


Ilustración 68: Representación gráfica de la velocidad mediante el método racional simplificado para las dos tipologías de edificación en cypeplumbing sanitary systems

No obstante, existen casos particulares que se comportan de forma contraria. En los tramos 76 y 79, por ejemplo, se observa que el grado de llenado es superior en el caso del edificio residencial (α = 2). Esto se debe a que la diferencia de caudal generada por el mayor valor de α en el caso del hotel ha llevado a dimensionar esos tramos con un diámetro comercial mayor, lo que permite transportar el caudal de forma más desahogada. A pesar de esta diferencia en diámetro, la relación entre el aumento del área transversal y el caudal transportado da lugar a velocidades muy similares en ambos escenarios, como queda reflejado en las gráficas.

En el caso de la instalación de saneamiento analizada en este estudio comparativo para el presente edificio, la elección de la tipología edificatoria resulta determinante en determinados tramos. Una selección incorrecta de la

utilidad del edificio puede derivar en un dimensionado inadecuado, especialmente en aquellos tramos que requieren un caudal superior.

4.5.3.COMPARACIÓN ENTRE EL MÉTODO RACIONAL SIMPLIFICADO Y EL MÉTODO ESTABLECIDO POR LA NORMA UNE 149201:2017

Tal y como se ha indicado previamente, con el objeto de dar continuidad a la línea de estudio de la red de fontanería, se ha considerado de interés realizar un cálculo adicional empleando el método establecido por la normativa UNE, a fin de establecer una comparativa entre ambos dimensionados.

Es importante señalar que el software cype no permite aplicar de forma directa el método UNE 149201:2017 en el cálculo de instalaciones de saneamiento, dado que dicha normativa está específicamente orientada al dimensionamiento de redes de fontanería y no contempla de manera explícita la evacuación de aguas residuales o pluviales. Ante esta limitación, se ha procedido a efectuar el cálculo conforme al método UNE mediante una hoja de cálculo elaborada para este propósito, lo que permite disponer de una base de comparación entre ambos procedimientos, presentada en la *Tabla 36*.

		Método Racional Simplificado (Viviendas - alpha=2)								Método UNE						
		RS2			Cálculo	Selección		Comprobación		Método UNE		Cálculo	Selección		Comprobación	
nº Tramo	Tramo	Qinst (l/s)	Ka	Qs (l/s)	D (mm)	DN	Dint (mm)	h/D	v (m/s)	Qinst (l/s)	Qs (l/s)	D (mm)	DN	Dint (mm)	h/D	v (m/s)
103	Derivación individual	0,75	1	0,75	44,593	Ø83	76,6	0,226	0,937	0,75	0,75	44,593	Ø83	76,6	0,226	0,937
99	Derivación individual	0,75	1	0,75	44,593	Ø83	76,6	0,226	0,937	0,75	0,75	44,593	Ø83	76,6	0,226	0,937
98	Ramal colector	1,5	1	1,5	57,831	Ø83	76,6	0,32	1,130	1,5	1,15	52,365	Ø83	76,6	0,29	1,061
93	Derivación individual	0,5	1	0,5	38,303	Ø50	44	0,401	0,866	0,5	0,50	38,303	Ø50	44	0,401	0,866
92	Ramal colector	1,25	1	1,25	54,009	Ø83	76,6	0,30	1,074	1,25	1,08	51,155	Ø83	76,6	0,28	1,047
91	Ramal colector	2,75	0,755	2,075	65,316	Ø110	103,6	0,25	1,213	2,75	1,40	56,389	Ø110	103,6	0,21	1,095
90	Ramal colector	3,25	0,632	2,054	65,062	Ø110	103,6	0,25	1,213	3,25	1,48	57,503	Ø110	103,6	0,21	1,095
84	Derivación individual	1	1	1	49,673	Ø83	76,6	0,263	1	1	1	49,673	Ø83	76,6	0,263	1
81	Derivación individual	1	1	1	49,673	Ø83	76,6	0,263	1	1	1	49,673	Ø83	76,6	0,263	1
80	Colector colgado	2	1	2	69,507	Ø83	76,6	0,43	1,05	2	1,27	58,560	Ø83	76,6	0,33	0,93
79	Colector colgado	4	0,632	2,53	75,886	Ø83	76,6	0,49	1,11	4	1,57	63,543	Ø83	76,6	0,37	0,99
77	Derivación individual	0,2	1	0,2	27,165	Ø40	34	0,353	0,689	0,2	0,20	27,165	Ø40	34	0,353	0,689
76	Colector colgado	4,4	0,510	2,242	72,551	Ø83	76,6	0,46	1,1	4,4	1,62	64,232	Ø83	76,6	0,38	1,0
71	Derivación individual	1,5	1	1,5	57,831	Ø110	103,6	0,216	1,112	1,5	1,15	52,365	Ø110	103,6	0,189	1,045
67	Derivación individual	0,5	1	0,5	38,303	Ø50	44	0,401	0,866	0,5	0,50	38,303	Ø50	44	0,401	0,866
66	Ramal colector	1,25	1	1,25	54,009	Ø83	76,6	0,30	1,074	1,25	1,08	51,155	Ø83	76,6	0,28	1,047
63	Derivación individual	0,5	1	0,5	38,303	Ø50	44	0,401	0,866	0,5	0,50	38,303	Ø50	44	0,401	0,866
57	Derivación individual	1,5	1	1,5	57,831	Ø110	103,6	0,216	1,112	1,5	1,15	52,365	Ø110	103,6	0,189	1,045
55	Derivación individual	0,75	1	0,75	44,593	Ø83	76,6	0,226	0,937	0,75	0,75	44,593	Ø83	76,6	0,226	0,937

54	Ramal colector	2,25	1	2,25	67,327	Ø110	103,6	0,26	1,247	2,25	1,32	55,055	Ø110	103,6	0,20	1,078
51	Colector colgado	3,5	0,632	2,212	72,180	Ø110	103,6	0,29	1,07	3,5	1,51	62,579	Ø110	103,6	0,24	0,96
50	Colector colgado	4,25	0,559	2,38	74,148	Ø110	103,6	0,30	1,09	4,25	1,60	63,981	Ø110	103,6	0,25	0,98
49	Colector colgado	9,75	0,387	3,78	88,227	Ø110	103,6	0,39	1,22	9,75	2,04	70,056	Ø110	103,6	0,28	1,05
48	Colector colgado	11,25	0,374	4,21	91,849	Ø110	103,6	0,41	1,27	11,25	2,13	71,119	Ø110	103,6	0,29	1,06
47	Colector colgado	12	0,362	4,34	92,967	Ø110	103,6	0,42	1,28	12	2,16	71,600	Ø110	103,6	0,29	1,06
43	Derivación individual	0,5	1	0,5	38,303	Ø50	44	0,401	0,866	0,5	0,50	38,303	Ø50	44	0,401	0,866
42	Ramal colector	1,25	1	1,3	54,009	Ø83	76,6	0,30	1,074	1,25	1,08	51,155	Ø83	76,6	0,28	1,047
37	Derivación individual	1,5	1	1,5	57,831	Ø110	103,6	0,216	1,112	1,5	1,15	52,365	Ø110	103,6	0,189	1,045
35	Derivación individual	0,75	1	0,8	44,593	Ø83	76,6	0,226	0,937	0,75	0,75	44,593	Ø83	76,6	0,226	0,937
33	Derivación individual	0,5	1	0,5	38,303	Ø50	44	0,401	0,866	0,5	0,50	38,303	Ø50	44	0,401	0,866
32	Ramal colector	2,75	0,755	2,075	65,316	Ø110	103,6	0,25	1,213	2,75	1,40	56,389	Ø110	103,6	0,21	1,095
29	Derivación individual	1,5	1	1,5	57,831	Ø110	103,6	0,216	1,112	1,5	1,15	52,365	Ø110	103,6	0,189	1,045
27	Derivación individual	0,75	1	0,75	44,593	Ø83	76,6	0,226	0,937	0,75	0,75	44,593	Ø83	76,6	0,226	0,937
26	Ramal colector	2,25	1	2,25	67,327	Ø110	103,6	0,26	1,247	2,25	1,32	55,055	Ø110	103,6	0,20	1,078
23	Derivación individual	0,75	1	0,75	44,593	Ø83	76,6	0,226	0,937	0,75	0,75	44,593	Ø83	76,6	0,226	0,937
21	Derivación individual	0,75	1	0,75	44,593	Ø83	76,6	0,226	0,937	0,75	0,75	44,593	Ø83	76,6	0,226	0,937
19	Derivación individual	0,75	1	0,75	44,593	Ø83	76,6	0,226	0,937	0,75	0,75	44,593	Ø83	76,6	0,226	0,937
16	Derivación individual	0,75	1	0,75	44,593	Ø83	76,6	0,226	0,937	0,75	0,75	44,593	Ø83	76,6	0,226	0,937
15	Ramal colector	2,25	1	2,25	67,327	Ø110	103,6	0,26	1,247	2,25	1,32	55,055	Ø110	103,6	0,20	1,078
13	Derivación individual	1,5	1	1,5	57,831	Ø110	103,6	0,216	1,1	1,5	1,15	52,365	Ø110	103,6	0,189	1,0
10	Derivación individual	0,75	1	0,75	44,593	Ø83	76,6	0,226	0,94	0,75	0,75	44,593	Ø83	76,6	0,226	0,94
TH76 - BA7	Colector enterrado	4,4	0,510	2,242	72,551	Ø83	76,6	0,5	1,1	4,4	1,62	64,232	Ø83	76,6	0,4	1,0
9	Ramal colector	1,25	1	1,25	54,009	Ø83	76,6	0,30	1,074	1,25	1,08	51,155	Ø83	76,6	0,28	1,047
7	Colector colgado	7,75	0,422	3,272	83,593	Ø110	103,6	0,36	1,183	7,75	1,91	68,362	Ø110	103,6	0,27	1,032
6	Colector colgado	13,5	0,342	4,620	95,141	Ø110	103,6	0,43	1,3	13,5	2,24	72,481	Ø110	103,6	0,29	1,1
5	Colector colgado	17	0,313	5,324	100,341	Ø110	103,6	0,47	1,33	17	2,38	74,216	Ø110	103,6	0,301	1,09
4	Colector colgado	29,75	0,259	7,72	115,341	Ø125	118,6	0,48	1,48	29,75	2,77	78,498	Ø110	103,6	0,32	1,13
3	Colector colgado	41,15	0,233	9,591	125,123	Ø160	153,6	0,36	1,54	41,15	3,01	81,030	Ø110	103,6	0,34	1,16
2	Colector colgado	42,65	0,23	9,8	126,245	Ø160	153,6	0,37	1,6	42,65	3,04	81,312	Ø110	103,6	0,35	1,2
TH1	Colector enterrado	42,65	0,23	9,8	126,245	Ø160	153,6	0,37	1,56	42,65	3,04	81,312	Ø110	103,6	0,35	1,17

Tabla 36: Resultados de cypeplumbing sanitary systems con el método racional simplificado y el método UNE

Adicionalmente, se ha considerado relevante el análisis de parámetros tales como el caudal simultáneo, los diámetros comerciales, el caudal de llenado y la velocidad, representados en las *Ilustraciones 69, 70, 71 y 72*.

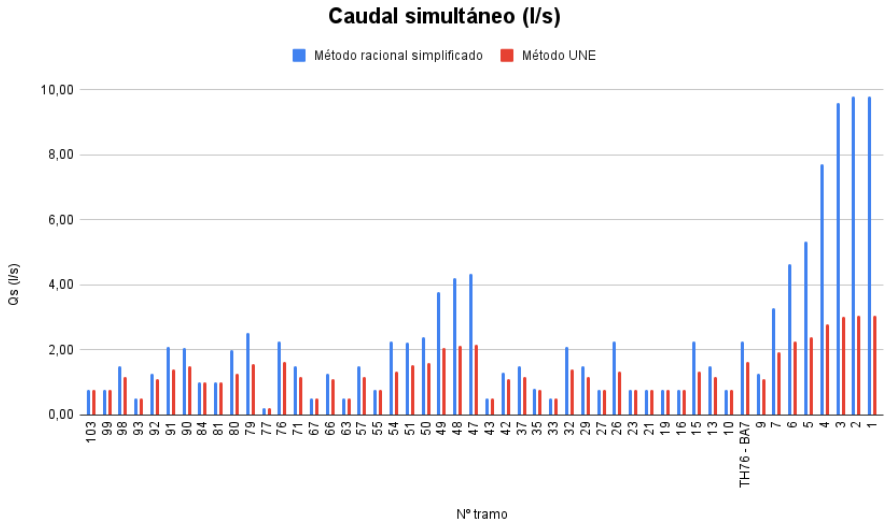


Ilustración 69: Representación gráfica del caudal simultáneo mediante el método racional simplificado y el método UNE en cypeplumbing sanitary systems

De forma general, se observa que los caudales obtenidos mediante la normativa UNE resultan inferiores a los calculados por el método racional simplificado. La excepción se encuentra en aquellos tramos con caudales reducidos (asociados al aporte de uno o dos aparatos), donde ambos métodos arrojan valores coincidentes, al no aplicarse factores de simultaneidad.

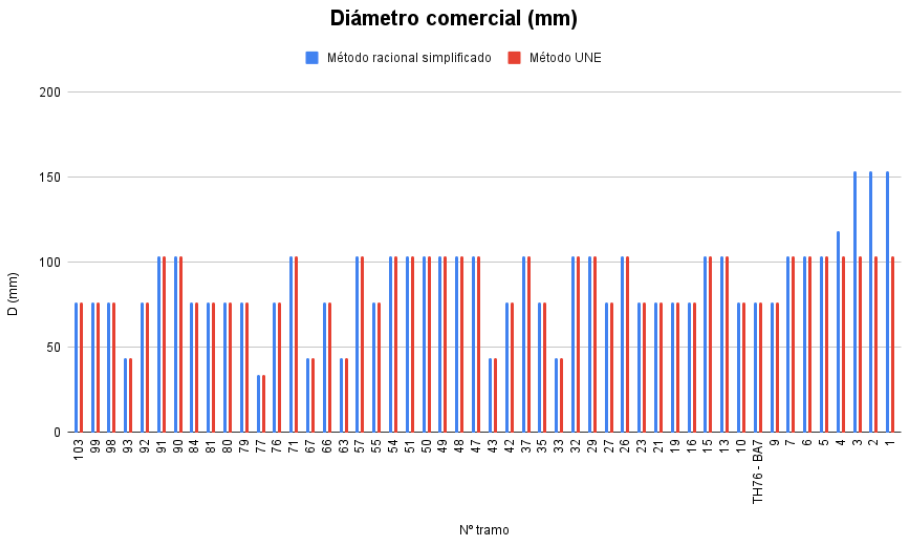


Ilustración 70: Representación gráfica del diámetro comercial mediante el método racional simplificado y el método UNE en cypeplumbing sanitary systems

En tramos con mayores aportes de caudal, la diferencia entre ambos métodos se incrementa notablemente, alcanzando un valor hasta 3 veces superior. Esta discrepancia repercute en la selección de los diámetros comerciales, que, en general, coincide en ambos métodos salvo en los tramos de mayor caudal. En estos últimos, el método UNE, al proporcionar valores de caudal significativamente inferiores, conduce a la selección de diámetros considerablemente menores que los propuestos por el método racional simplificado.

El mismo dimensionado en ambos métodos, es debido a que se ha asignado a cada tramo el diámetro mínimo establecido por la normativa. De esta manera, incluso con un caudal simultáneo reducido, el dimensionado de las tuberías coincide con el del otro método.

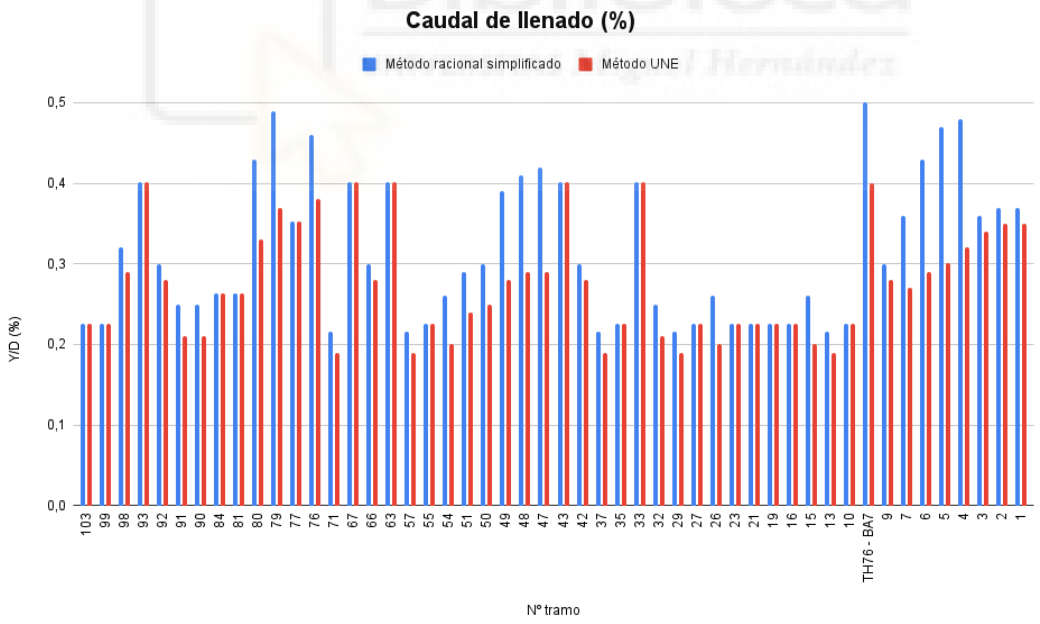


Ilustración 71: Representación gráfica del caudal de llenado mediante el método racional simplificado y el método UNE en cypeplumbing sanitary systems

En los parámetros de caudal de llenado y velocidad se aprecia un comportamiento análogo al observado en la comparación previa.

El análisis permite concluir que la principal limitación del método UNE reside en la estimación del caudal simultáneo. Al estar concebido para redes de fontanería, la norma establece un grado de simultaneidad reducido, inadecuado para instalaciones de saneamiento, en las que se manejan caudales mucho más elevados. Esta condición conduce a una subestimación significativa de los caudales de diseño, lo que, en un proyecto real, podría derivar en redes infradimensionadas y, en consecuencia, en problemas de saturación y mal funcionamiento de la instalación.

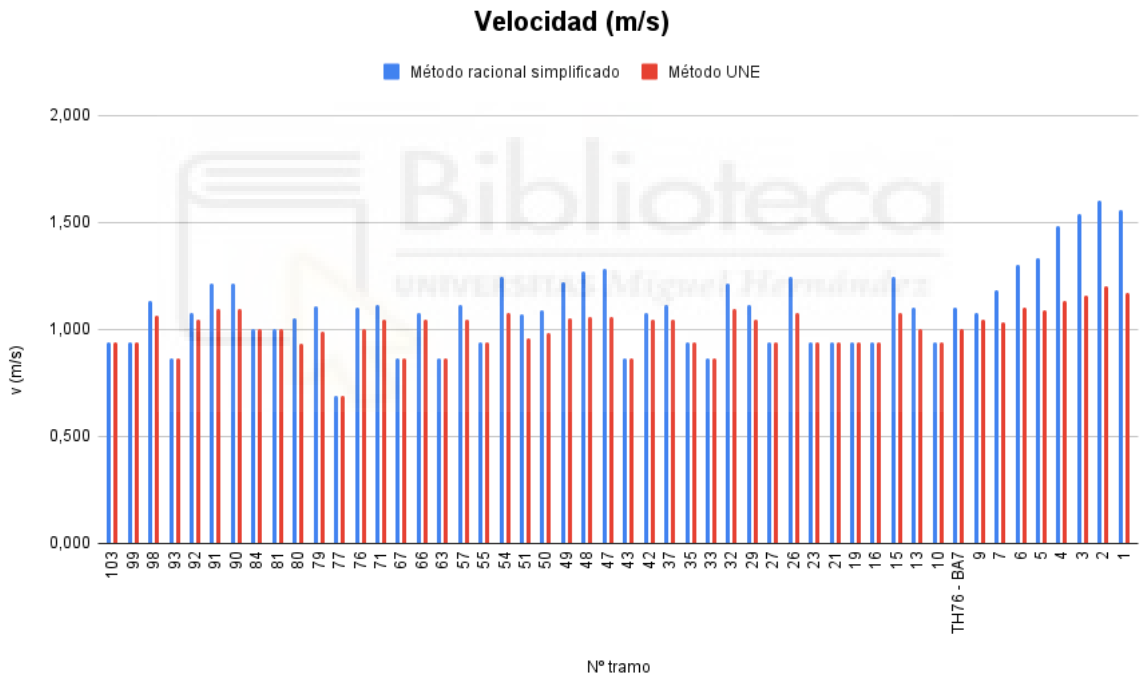


Ilustración 72: Representación gráfica de la velocidad mediante el método racional simplificado y el método UNE en cypeplumbing sanitary systems

En este sentido, los resultados obtenidos corroboran la razón por la cual la normativa UNE no contempla este procedimiento para el cálculo y dimensionado de redes de evacuación de aguas residuales y pluviales.

4.5.4.COMPARATIVA ENTRE EL MÉTODO RACIONAL SIMPLIFICADO, NORMA UNE EN 12056 Y HARMON

Aprovechando las funcionalidades que ofrece el software cype y tomando como referencia los resultados obtenidos mediante el método racional simplificado, se va a comparar con los dos métodos adicionales de cálculo de caudales que ofrece el propio programa (método UNE EN 12056 y método Harmon).

Con el objeto de realizar una comparación entre los distintos procedimientos de cálculo de caudal, se han extraído desde el software cype los resultados correspondientes a los métodos implementados. Posteriormente, dichos valores se han dispuesto en una tabla conjunta con los obtenidos mediante el método racional simplificado. Esta recopilación de resultados se presenta en la *Tabla 37*, la cual permite visualizar de manera clara y ordenada las diferencias entre las metodologías. Asimismo, se muestran los datos en las *Ilustraciones 73, 74, 75 y 76.*

				Racional simplificado (alpha=2)								Método UNE EN 12056 (K=0,5)								Método Harmon							
Tipo tramo	Tramo	L (m)	i (%)	Dmín (mm)	Cálculo hidráulico					Dint (mm)	Dcom (mm)	Dmín (mm)	Cálculo hidráulico					Dint (mm)	Dcom (mm)	Dmín (mm)	Cálculo hidráulico					Dint (mm)	Dcom (mm)
					Qb (l/s)	K	Qs (l/s)	Y/D (%)	v (m/s)				Qb (l/s)	K	Qs (l/s)	Y/D (%)	v (m/s)				Qb (l/s)	K	Qs (l/s)	Y/D (%)	v (m/s)		
DI	10	1,024	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83
DI	13	0,211	3	110	1,5	1	1,5	-	1,09	103,6	110	110	1,5	1	1,5	-	1,09	103,6	110	110	1,5	1	1,5	-	1,09	103,6	110
DI	16	4,076	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83
DI	19	2,552	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83
DI	21	1,851	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83
DI	23	1,097	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83
DI	27	2,006	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83
DI	29	0,288	3	110	1,5	1	1,5	-	1,09	103,6	110	110	1,5	1	1,5	-	1,09	103,6	110	110	1,5	1	1,5	-	1,09	103,6	110
DI	33	2,347	3	40	0,5	1	0,5	-	0,86	44	50	40	0,5	1	0,5	-	0,86	44	50	40	0,5	1	0,5	-	0,86	44	50
DI	35	1,252	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83
DI	37	0,186	3	110	1,5	1	1,5	-	1,09	103,6	110	110	1,5	1	1,5	-	1,09	103,6	110	110	1,5	1	1,5	-	1,09	103,6	110
DI	43	1,353	3	40	0,5	1	0,5	-	0,86	44	50	40	0,5	1	0,5	-	0,86	44	50	40	0,5	1	0,5	-	0,86	44	50
DI	55	1,731	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83
DI	57	0,649	3	110	1,5	1	1,5	-	1,09	103,6	110	110	1,5	1	1,5	-	1,09	103,6	110	110	1,5	1	1,5	-	1,09	103,6	110
DI	63	1,151	3	40	0,5	1	0,5	-	0,86	44	50	40	0,5	1	0,5	-	0,86	44	50	40	0,5	1	0,5	-	0,86	44	50
DI	67	1,089	3	40	0,5	1	0,5	-	0,86	44	50	40	0,5	1	0,5	-	0,86	44	50	40	0,5	1	0,5	-	0,86	44	50
DI	71	0,266	3	110	1,5	1	1,5	-	1,09	103,6	110	110	1,5	1	1,5	-	1,09	103,6	110	110	1,5	1	1,5	-	1,09	103,6	110
DI	77 (Su)	18,119	3	40	0,2	1	0,2	-	0,68	34	40	40	0,2	1	0,2	-	0,68	34	40	40	0,2	1	0,2	-	0,68	34	40

DI	81	1,358	3	40	1	1	1	-	1	76,6	83	40	1	1	1	-	1	76,6	83	40	1	1	1	-	1	76,6	83
DI	84	0,781	3	40	1	1	1	-	1	76,6	83	40	1	1	1	-	1	76,6	83	40	1	1	1	-	1	76,6	83
DI	93	1,829	3	40	0,5	1	0,5	-	0,86	44	50	40	0,5	1	0,5	-	0,86	44	50	40	0,5	1	0,5	-	0,86	44	50
DI	99	1,740	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83
DI	103	0,855	3	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83	40	0,75	1	0,75	-	0,92	76,6	83
RC	9	1,134	3	83	1,25	1	1,25	30,09	1,07	76,6	83	83	1,25	1	1,25	30,09	1,07	76,6	83	83	1,25	1	1,25	30,09	1,07	76,6	83
RC	15	0,255	3	110	2,25	1	2,25	26,91	1,23	103,6	110	110	2,25	1	2,25	26,91	1,23	103,6	110	110	2,25	1	2,25	26,91	1,23	103,6	110
RC	26	1,020	3	110	2,25	1	2,25	26,91	1,23	103,6	110	110	2,25	1	2,25	26,91	1,23	103,6	110	110	2,25	1	2,25	26,91	1,23	103,6	110
RC	32	0,304	3	110	2,75	0,82	2,25	26,91	1,23	103,6	110	110	2,75	0,82	2,25	26,91	1,23	103,6	110	110	2,75	0,82	2,25	26,91	1,23	103,6	110
RC	42	1,127	3	83	1,25	1	1,25	30,09	1,07	76,6	83	83	1,25	1	1,25	30,09	1,07	76,6	83	83	1,25	1	1,25	30,09	1,07	76,6	83
RC	54	0,511	3	110	2,25	1	2,25	26,91	1,23	103,6	110	110	2,25	1	2,25	26,91	1,23	103,6	110	110	2,25	1	2,25	26,91	1,23	103,6	110
RC	66	1,034	3	83	1,25	1	1,25	30,09	1,07	76,6	83	83	1,25	1	1,25	30,09	1,07	76,6	83	83	1,25	1	1,25	30,09	1,07	76,6	83
RC	90	0,404	3	110	3,25	0,64	2,08	25,83	1,2	103,6	110	110	3,25	0,46	1,5	21,95	1,09	103,6	110	110	3,25	0,63	2,06	25,73	1,2	103,6	110
RC	91	0,162	3	110	2,75	0,75	2,08	25,83	1,2	103,6	110	110	2,75	0,55	1,5	21,95	1,09	103,6	110	110	2,75	0,68	1,88	24,6	1,17	103,6	110
RC	92	0,687	3	83	1,25	1	1,25	30,09	1,07	76,6	83	83	1,25	1	1,25	30,09	1,07	76,6	83	83	1,25	1	1,25	30,09	1,07	76,6	83
RC	98	0,338	3	83	1,5	1	1,5	33,08	1,13	76,6	83	83	1,5	1	1,5	33,08	1,13	76,6	83	83	1,5	1	1,5	33,08	1,13	76,6	83
CC	2	8,626	2	160	42,65	0,23	9,71	37,06	1,55	153,6	160	110	42,65	0,08	3,27	21,19	1,14	153,6	160	125	42,65	0,19	8,17	33,8	1,48	153,6	160
CC	3	0,283	2	125	41,15	0,23	9,53	36,72	1,55	153,6	160	110	41,15	0,08	3,21	35,96	1,18	103,6	110	125	41,15	0,19	8,01	48,93	1,49	118,6	125
CC	4	1,571	2	110	29,75	0,26	7,72	47,88	1,48	118,6	125	110	29,75	0,09	2,73	33	1,12	103,6	110	110	29,75	0,23	6,74	44,3	1,43	118,6	125
CC	5	0,428	2	110	17	0,31	5,32	47,58	1,35	103,6	110	110	17	0,13	2,25	29,86	1,06	103,6	110	110	17	0,29	4,99	45,85	1,32	103,6	110
CC	6	5,183	2	110	13,5	0,34	4,62	43,89	1,3	103,6	110	110	13,5	0,17	2,25	29,86	1,06	103,6	110	110	13,5	0,33	4,41	42,78	1,28	103,6	110
CC	7	6,33	2	110	7,75	0,42	3,27	36,34	1,18	103,6	110	110	7,75	0,29	2,25	29,86	1,06	103,6	110	110	7,75	0,42	3,28	36,38	1,18	103,6	110
CC	47	0,603	2	110	12	0,36	4,34	42,4	1,28	103,6	110	110	12	0,19	2,25	29,86	1,06	103,6	110	110	12	0,35	4,14	41,31	1,26	103,6	110
CC	48	0,356	2	110	11,25	0,37	4,21	41,65	1,27	103,6	110	110	11,25	0,2	2,25	29,86	1,06	103,6	110	110	11,25	0,36	4	40,53	1,25	103,6	110
CC	49	2,221	2	110	9,75	0,39	3,78	39,27	1,23	103,6	110	110	9,75	0,23	2,25	29,86	1,06	103,6	110	110	9,75	0,38	3,71	38,87	1,22	103,6	110
CC	50	1,161	2	110	4,25	0,56	2,38	30,71	1,08	103,6	110	110	4,25	0,53	2,25	29,86	1,06	103,6	110	110	4,25	0,56	2,38	30,72	1,08	103,6	110
CC	51	2,962	2	110	3,5	0,64	2,25	29,86	1,06	103,6	110	110	3,5	0,64	2,25	29,86	1,06	103,6	110	110	3,5	0,64	2,25	29,86	1,06	103,6	110
CC	76	1,241	2	83	4,4	0,57	2,53	49,27	1,12	76,6	83	83	4,4	0,45	2	28,1	1,03	103,6	83	83	4,4	0,55	2,42	48,06	1,11	76,6	83
CC	79	1,682	2	83	4	0,63	2,53	49,27	1,12	76,6	83	83	4	0,5	2	43,11	1,05	76,6	83	83	4	0,58	2,3	46,67	1,09	76,6	83
CC	80	1,038	2	83	2	1	2	43,11	1,05	76,6	83	83	2	1	2	43,11	1,05	76,6	83	83	2	1	2	43,11	1,05	76,6	83
CE	TH1	1,097	2	160	42,65	0,23	9,71	37,08	1,55	153,6	160	160	42,65	0,08	3,27	21,2	1,14	153,6	160	160	42,65	0,19	8,17	33,82	1,48	153,6	160
CE	TH76 - BA7	1,962	2	83	4,4	0,57	2,53	49,27	1,12	76,6	83	83	4,4	0,45	2	43,11	1,05	76,6	83	83	4,4	0,55	2,42	48,06	1,11	76,6	83

Tabla 37: Resultados con los tres métodos de cypeplumbing sanitary systems

Al analizar los resultados obtenidos, se observa que, en el caso del caudal simultáneo, existe una marcada diferencia entre los valores de los distintos métodos para los tramos que transportan mayor caudal (*Ilustración 73*). Concretamente, el método basado en la UNE EN 12056 presenta resultados notablemente inferiores en comparación con los otros dos métodos considerados.

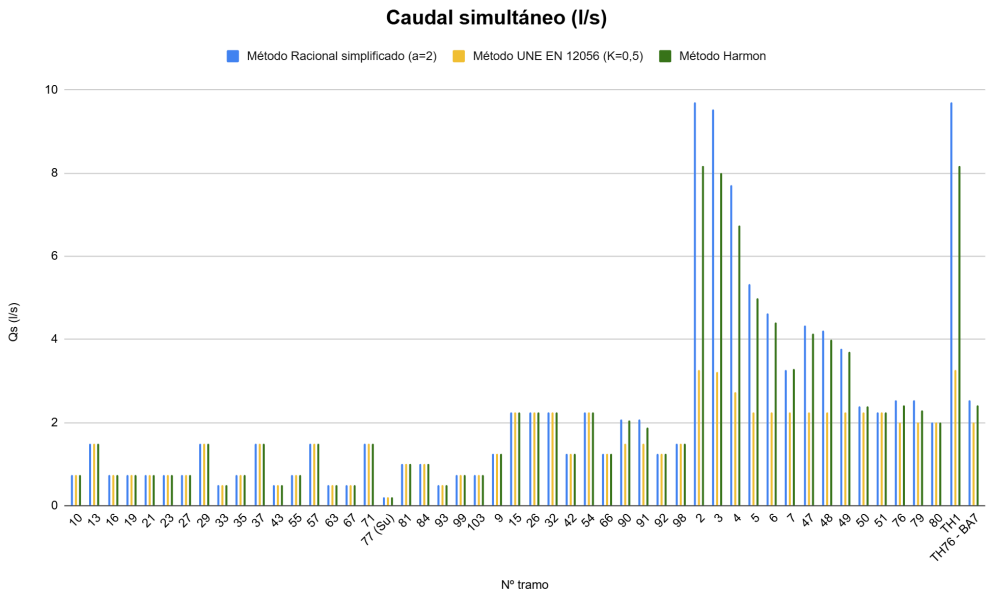


Ilustración 73: Representación gráfica del caudal simultáneo mediante los tres métodos en cypeplumbing sanitary systems

Otro aspecto destacable es que el método UNE EN mantiene prácticamente constante el valor del caudal en todos los tramos, independientemente de la cantidad de aparatos que recoge. Es decir, se aprecia una variación mínima entre el caudal correspondiente a un tramo que recoge fluido de un único aparato (por ejemplo, el tramo 10) y el que transporta el caudal de la totalidad de los aparatos (como el tramo TH1). Esta escasa diferencia, en comparación con lo que ocurre en los demás métodos, sugiere que el método UNE EN tiende a infradimensionar la instalación de agua. En efecto, se ha verificado que, para determinados tramos, el método racional simplificado llega a superar hasta 3 veces los valores transportados por el método UNE EN.

Por otro lado, al comparar el método racional simplificado con el método de Harmon, se observa que el primero se sitúa del lado de la seguridad, ya que proporciona caudales de dimensionamiento superiores. No obstante, ambos métodos resultan válidos para el cálculo y dimensionamiento de la instalación, siendo la elección dependiente de los criterios de diseño adoptados.

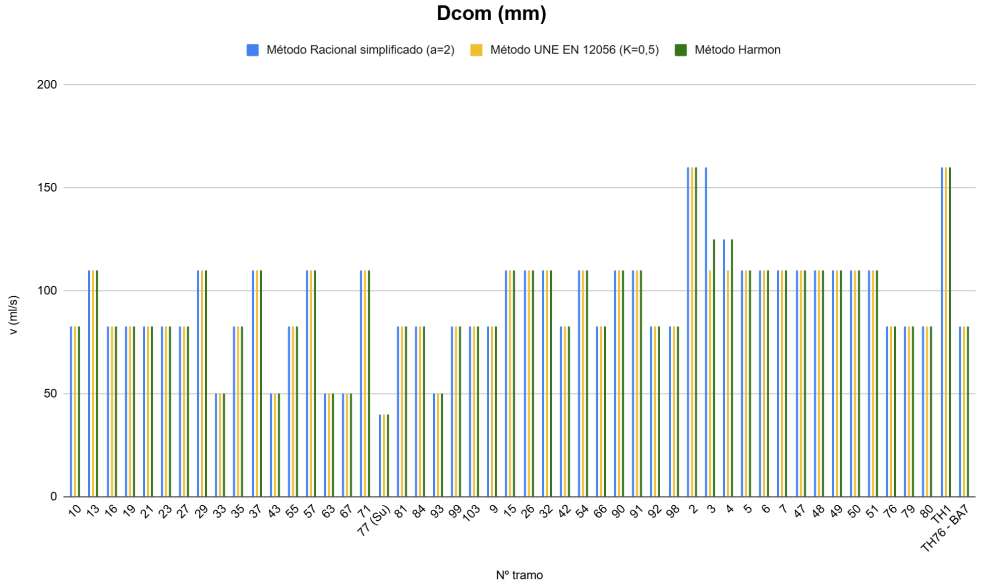


Ilustración 74: Representación gráfica del diámetro comercial mediante los tres métodos en cypeplumbing sanitary systems

Pese a las discrepancias observadas en el caudal simultáneo, la Ilustración 74 muestra que, en la mayoría de los tramos, se mantiene un mismo diámetro comercial. Esta situación se explica porque, aunque el método UNE-EN haya proporcionado una simultaneidad relativamente baja, se ha asignado a cada tramo el diámetro mínimo establecido por la normativa. De esta manera, incluso con un caudal simultáneo reducido, el dimensionado de las tuberías coincide con el de los otros métodos.

En cuanto a los otros dos métodos, a pesar de presentar un caudal mayor, este no supera el requerimiento para asignar un diámetro superior al mínimo normativo, por lo que el dimensionado final resulta similar.

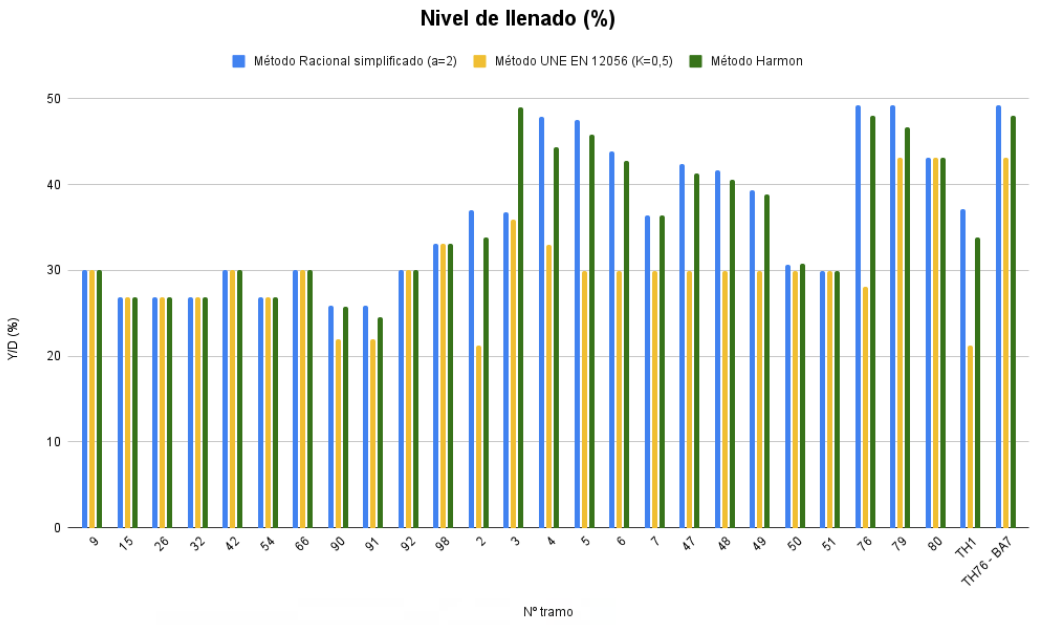


Ilustración 75: Representación gráfica del nivel de llenado mediante los tres métodos en cypeplumbing sanitary systems

Respecto al nivel de llenado de las conducciones (*Ilustración 75*), al conservarse en la mayoría de los tramos un mismo diámetro comercial, los métodos que estiman en un tramo un mayor caudal (como el racional simplificado) generan también un mayor nivel de llenado en comparación, con ese mismo tramo en otro de los métodos que obtiene valores menores (como el de Harmon).

Lo mismo ocurre con la velocidad (*Ilustración 76*): de acuerdo con la ley de continuidad, a igualdad de sección, un mayor caudal conlleva necesariamente una mayor velocidad.

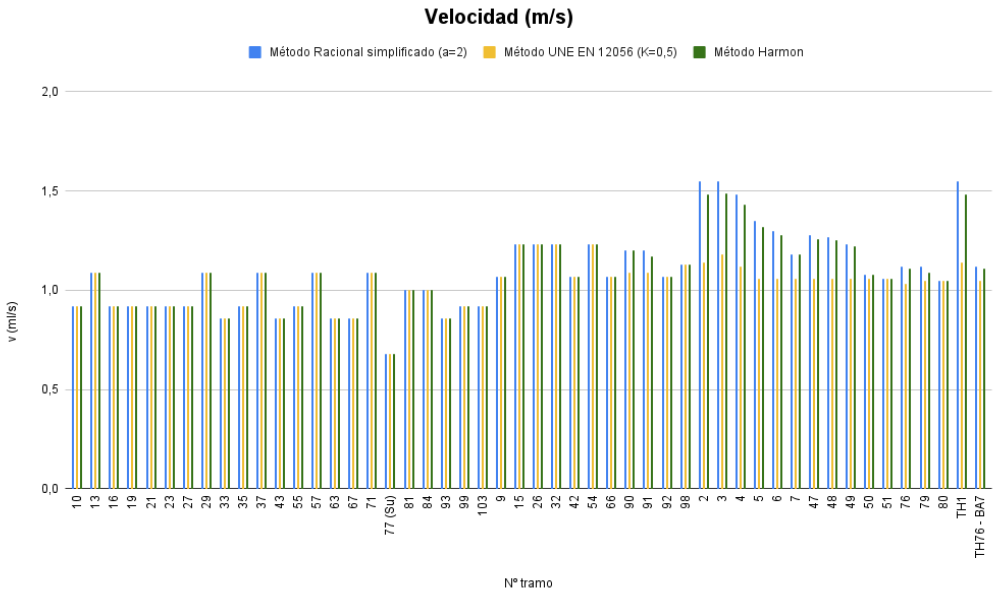


Ilustración 76: Representación gráfica de la velocidad mediante los tres métodos en cypeplumbing sanitary systems

En conclusión, para el presente edificio y con la cantidad de aparatos considerados a evacuar en este proyecto, cualquiera de los métodos empleados resulta adecuado, ya que se obtiene un dimensionado equivalente. No obstante, en el caso de un edificio con otra tipología, el método UNE-EN podría derivar en un infradimensionado de la instalación, mientras que los otros dos métodos proporcionarían una solución más segura. En este contexto, la elección final del método queda bajo el criterio del proyectista, teniendo en cuenta la tipología del edificio, el uso previsto y las prioridades de diseño.

5.DISEÑO Y DIMENSIONADO DE LA RED DE VENTILACIÓN

El diseño y dimensionado de la presente instalación se llevará a cabo de acuerdo con lo establecido en el Documento Básico HS3 "Calidad del aire interior" del Código Técnico de la Edificación (CTE) o, en su defecto, conforme a lo dispuesto en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE). De este modo, se asegura el cumplimiento de los requisitos normativos vigentes en materia de salubridad y ventilación, garantizando unas condiciones adecuadas de calidad del aire en el interior del edificio.

5.1.ÁMBITO DE APLICACIÓN

El ámbito de aplicación del DB HS3 queda limitado a edificios de uso residencial (viviendas), así como a determinados espacios ubicados en su interior, tales como almacenes de residuos, trasteros, aparcamientos y garajes. En consecuencia, dado que el uso previsto del presente edificio no se encuentra contemplado explícitamente dentro del ámbito de aplicación del DB HS3, y al no tratarse de un edificio de viviendas, las exigencias relativas a la calidad del aire interior serán de aplicación conforme a lo establecido en el RITE.

No obstante, el edificio dispone de un garaje, el cual, conforme a lo establecido en el DB HS3 del CTE, deberá cumplir con las exigencias mínimas de ventilación y calidad del aire interior recogidas en dicha normativa, al tratarse de uno de los espacios específicamente contemplados dentro de su ámbito de aplicación.

De igual forma sucede con la cocina, la cual, al estar integrada en una vivienda, queda sujeta al cumplimiento de los requisitos específicos establecidos para este tipo de recintos, contemplados en el Documento Básico HS 3 "Calidad del aire interior" del CTE. Dicho marco normativo establece las condiciones mínimas de ventilación y evacuación de contaminantes que deben garantizarse en la cocina, asegurando un ambiente interior adecuado y conforme a la normativa vigente.

5.2.CONFIGURACIÓN DE RED

La instalación de ventilación del edificio se ha configurado mediante tres redes diferenciadas: el edificio principal, el garaje y el sistema específico de extracción de la cocina. Las configuraciones de estas redes pueden observarse en las *Ilustraciones 77, 78, 79 y 80*, mientras que los detalles constructivos y de trazado se recogen en los *Planos 10, 11, 12 y 13*.

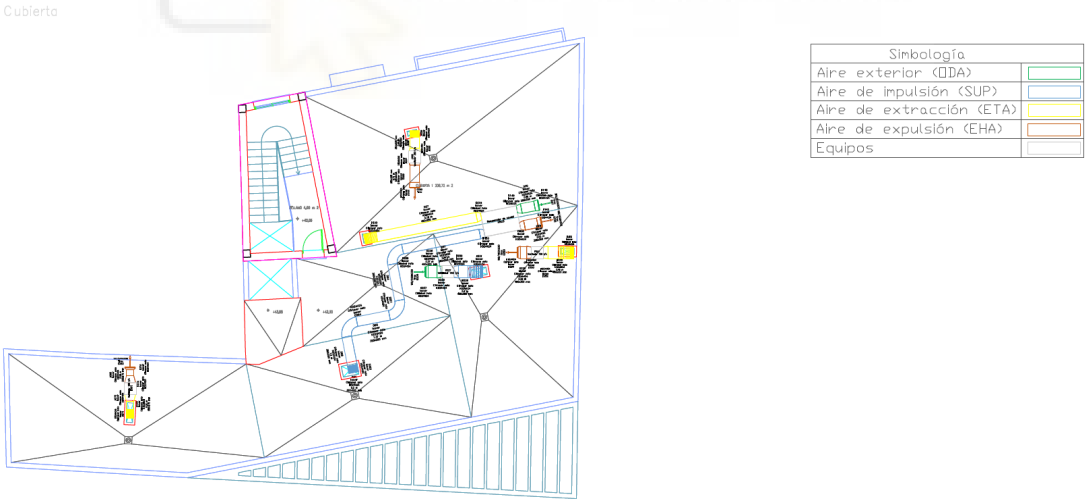


Ilustración 77: Trazado de la red de ventilación en la cubierta

Se ha proyectado la red de impulsión y extracción de aire del edificio principal, la cual se impulsa a través de un recuperador de calor que da servicio tanto a la planta baja como a la primera planta, permitiendo minimizar las pérdidas térmicas entre el aire impulsado y el extraído.

Ilustración 78: Trazado de la red de ventilación en la primera planta

Por otro lado, se ha diseñado una instalación independiente de admisión y extracción destinada al garaje, adaptada a las necesidades particulares de este recinto. En este caso, la admisión de aire se realiza mediante un ventilador específico, distinto del ventilador encargado de la extracción.

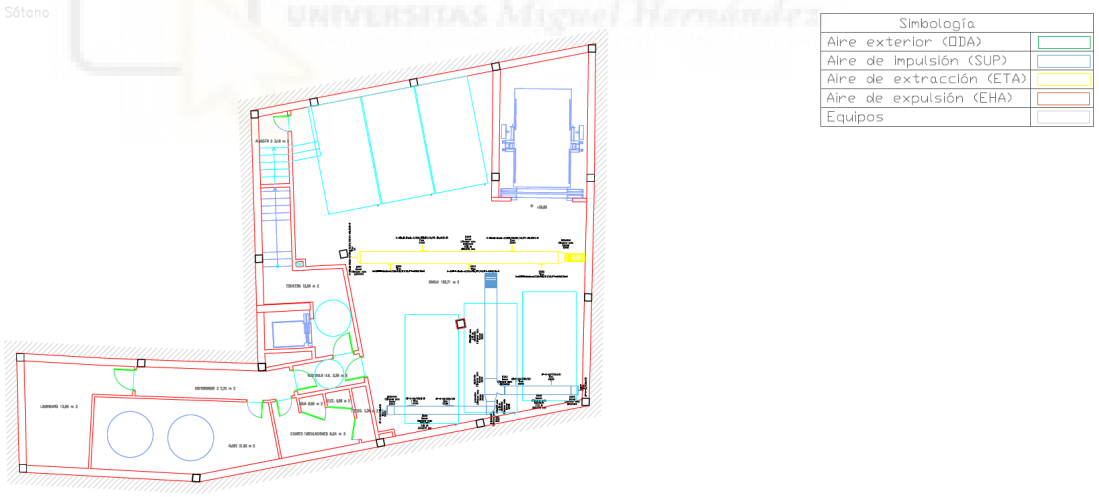


Ilustración 79: Trazado de la red de ventilación en el garaje

Finalmente, se han dimensionado los conductos correspondientes al sistema específico de extracción de la cocina, compuesto por dos redes, cada una de ellas equipada con su propio ventilador. Cada red recoge un conjunto determinado de aparatos.

Ilustración 80: Trazado de la red de ventilación en la planta baja

Con el fin de evitar interferencias y solapes entre los distintos elementos de la instalación, se ha previsto disponer la red de impulsión y extracción del edificio principal a diferentes cotas.

5.2.1.EDIFICIO PRINCIPAL

La red de ventilación del edificio principal proporciona el suministro y la extracción de aire tanto a la planta baja como a la primera planta. La distribución de la red de admisión se realiza mediante un único conducto principal, que desciende a través de un patinillo y desde el cual se suministra aire a ambas plantas del edificio. De forma análoga, la red de extracción recoge el aire sucio de los locales y lo transporta por un único patinillo hasta la cubierta.

En la primera planta, destinada a las habitaciones, la red principal de conductos se ha dispuesto a lo largo del pasillo, de modo que hacia cada estancia únicamente se extienden los ramales de impulsión y extracción con sus correspondientes bocas de ventilación. Esta configuración permite

minimizar la transmisión del ruido generado por la instalación, al concentrar los conductos generales en el pasillo y reducir la presencia de elementos de mayor caudal en el interior de las habitaciones, garantizando así un ambiente más silencioso y confortable para los usuarios.

Se ha procurado disponer en todos los locales las bocas de impulsión lo más alejadas posible de las bocas de extracción. Esta disposición favorece una adecuada distribución del aire, evitando la formación de zonas muertas y asegurando la renovación del aire interior en toda la superficie.

Con el fin de evitar transferencias de aire entre locales húmedos y locales secos, se ha dispuesto una recogida independiente: por un lado el aire extraído de los locales húmedos y por otro el procedente de los locales secos. Ambos flujos se unifican posteriormente en un único conducto para su transporte final hasta la cubierta. Esta configuración se ha aplicado en la planta baja, mientras que en la primera planta únicamente se dispone de aseos, que se corresponden con locales húmedos, por lo que no ha sido necesaria la separación. Cabe señalar que este requisito es de obligado cumplimiento en el CTE para edificios de viviendas. Sin embargo, dado que constituye un trazado eficiente y recomendable para el presente edificio, se ha decidido aplicarlo como criterio de diseño, aun tratándose de un uso distinto.

5.2.2.GARAJE

La instalación de ventilación del garaje se compone de dos redes diferenciadas: una destinada a la extracción y otra a la admisión de aire. Cada una de ellas está constituida por un conducto principal que, mediante la disposición de rejillas a lo largo de su recorrido, distribuye o recoge el aire en el interior del garaje. Ambos conductos ascienden a través de un patinillo de instalaciones hasta la cubierta, donde se conectan con los equipos de ventilación correspondientes.

5.2.3.COCINA

De acuerdo con lo establecido en el Documento Básico HS3 "Calidad del aire interior" del CTE, las cocinas deben disponer de un sistema adicional específico de ventilación con extracción mecánica, destinado a evacuar los vapores y contaminantes generados durante los procesos de cocción.

Para dar cumplimiento a este requisito, se ha diseñado una instalación independiente al resto de la red de ventilación del edificio y del garaje, exclusivamente destinada a la extracción de humos de cocción.

Dada la limitación de espacio disponible en los patinillos y con el fin de evitar el cruce excesivo de conductos, circunstancia motivada por la coexistencia con otras redes de ventilación, se ha decidido proyectar dos redes independientes de extracción específicas para las cocinas, distribuidas en función de la ubicación de las habitaciones:

- Una red atiende a las cocinas correspondientes a las habitaciones 1, 2 y 3.
- La otra red se encarga de las cocinas de las habitaciones 4, 5, 6, 7, 8 y 9, y la cocina de la planta baja.

Dado que los extractores de cocción son dispositivos de uso puntual, y considerando la limitación de espacio disponible en el edificio para el trazado de conductos, ha sido necesario hacer pasar parte de la red por el interior de algunas habitaciones. No obstante, al tratarse de un funcionamiento ocasional, el nivel de ruido generado por dichos sistemas se producirá únicamente de manera puntual, sin que ello suponga una afección significativa al confort de los usuarios.

5.3.TRATAMIENTO DE LA VENTILACIÓN

Todas las redes de ventilación contempladas en el presente proyecto se han diseñado mediante un sistema de ventilación mecánica.

En el caso del edificio principal, el sistema incorpora un recuperador de calor, lo que permite realizar el filtrado del aire de impulsión y la transferencia térmica entre los flujos de aire de entrada y salida. Esta solución técnica contribuye a mejorar el confort térmico en el interior del edificio, al minimizar las pérdidas energéticas y evitar la entrada de corrientes de aire con temperaturas significativamente diferentes a las condiciones interiores establecidas.

Por su parte, la instalación de ventilación del garaje se resuelve mediante un sistema compuesto por un ventilador independiente para la red de impulsión y otro para la red de extracción, garantizando así la adecuada renovación del aire en este recinto conforme a los requisitos normativos.

Tal y como se indicó en el apartado anterior, la instalación de extracción de humos de cocción se ha resuelto mediante dos redes independientes, de manera que cada red recoge los caudales generados en las cocinas asignadas y los transporta de forma individualizada hasta la cubierta del edificio, donde son evacuados al exterior a través de un ventilador.

5.4.MATERIALES

Para la ejecución de la instalación de ventilación se ha contado con varios proveedores, seleccionados en función de las características técnicas requeridas.

En lo que respecta a los conductos de distribución de aire, se ha optado por conductos de sección rectangular, concretamente del fabricante Isover y el modelo Climaver Neto K24424 (*Ilustración 81*) con una rugosidad de 0,2.

Este tipo de conducto está constituido por un panel rígido de lana de vidrio de alta densidad, revestido exteriormente con una lámina de aluminio reforzada con papel kraft y malla de vidrio, lo que le confiere un excelente comportamiento en términos de aislamiento térmico y acústico.

Ilustración 81: Conducto Climaver Neto K24424

La elección de este modelo se justifica por sus buenas prestaciones aislantes y su adecuado comportamiento térmico, aspectos especialmente relevantes dado que parte de los conductos discurren por zonas de descanso y de trabajo (como el salón de juegos, el despacho y la administración), donde resulta fundamental minimizar las posibles molestias acústicas.

En lo que respecta a los puntos de admisión y extracción de aire, se han dispuesto rejillas en la instalación del garaje y bocas de impulsión y extracción en el resto del edificio.

Para el garaje, tanto en las rejillas de admisión como en las de extracción, se ha seleccionado el modelo X-GRILLE Basic del fabricante Trox (*Ilustración 82*), adecuado para garantizar la distribución homogénea del caudal requerido en este tipo de recintos.

Ilustración 82: Rejilla X-GRILLE Basic del fabricante Trox

En la instalación del edificio principal, la impulsión y extracción se realizan mediante bocas de sección circular, adaptadas a las características de cada planta. En la primera planta se han instalado bocas del fabricante Orkli, modelo KNT-RML-100 (*Ilustración 83*), diseñadas para caudales reducidos, como los suministrados y extraídos en las habitaciones de ocupación individual.

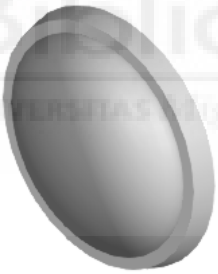


Ilustración 83: Boca modelo KNT-RML-100 del fabricante Orkli

En cambio, en la planta baja, donde se requieren caudales mayores se han dispuesto bocas del fabricante Zehnder, modelo Rejilla Venecia con TVA (*Ilustración 84*), adecuadas para este tipo de aplicación.

Ilustración 84: Boca redonda del modelo Venecia con TVA del fabricante Zehnder

Las rejillas de intemperie situadas en la cubierta, destinadas a la extracción y admisión del aire exterior, se han seleccionado del fabricante Trox, modelo WG (*Ilustración 85*), diseñadas para instalaciones expuestas al ambiente exterior.

Ilustración 85: Rejilla de intemperie modelo WG del fabricante Trox

Tanto en los conductos como en las rejillas y bocas de ventilación, se ha seleccionado la sección correspondiente a las necesidades de la instalación, garantizando que cada elemento se dimensione en función de los caudales de aire requeridos y de las condiciones de funcionamiento previstas.

No obstante, dado que el programa cype no está concebido para el cálculo y dimensionado específico de instalaciones destinadas a la extracción en cocinas, este no dispone de elementos propios que permitan la representación directa de los extractores de humos de cocción. Es importante señalar que este tipo de instalaciones se encuentran contempladas dentro del módulo de protección contra incendios del programa, y no en el de calidad del aire interior, lo cual justifica la necesidad de realizar una adaptación en la modelización. Por este motivo, en el modelo desarrollado se ha optado por simular dichos equipos mediante rejillas, empleando para ello el mismo modelo utilizado en la instalación de ventilación del garaje: X-GRILLE Basic del fabricante Trox.

5.5.FILTRACIÓN DEL AIRE EXTERIOR

El RITE establece la clase mínima de filtración requerida en función de la calidad del aire exterior (ODA) y de la calidad de aire interior necesaria (IDA). Según dicha norma, la calidad del aire exterior (ODA) se clasifica en distintos niveles en función de la concentración de contaminantes atmosférico:

- ODA 1: aire puro que se ensucia sólo temporalmente (por ejemplo polen).
- ODA 2: aire con concentraciones altas de partículas y, o gases contaminantes.
- ODA 3: aire con concentraciones muy altas de gases contaminantes (ODA 3G) y, o de partículas (ODA 3P).

En el presente caso, considerando que el edificio se ubica en la ciudad de Albacete, cuya contaminación principal se atribuye al ozono (O_3), se ha determinado que el aire exterior corresponde a la categoría ODA 2, definida como aire con altas concentraciones de partículas y/o gases contaminantes.

En lo que respecta a la calidad del aire interior, dado el uso del edificio como residencia de estudiantes, se clasifica en la categoría IDA 2, según se detalla con mayor precisión en el apartado *5.6.1. "Cálculo de caudales"*.

Calidad del aire exterior	Calidad del aire interior			
	IDA 1	IDA 2	IDA 3	IDA 4
ODA 1	F9	F8	F7	F5
ODA 2	F7 + F9	F6 + F8	F5 + F7	F5 + F6
ODA 3	F7+GF*+F9	F7+GF+F9	F5 + F7	F5 + F6

Tabla 38: Clase mínima de filtración en función de la clasificación del aire exterior e interior

Por consiguiente, al encontrarse el edificio clasificado como ODA 2 e IDA 2, y de acuerdo con lo establecido en la Tabla 1.4.2.5 “Clases de filtración” (*Tabla 38*), resulta necesario incorporar filtros de tipo F6 y F8 en el sistema de tratamiento de aire. La disposición de estos elementos permitirá reducir de manera eficaz los contaminantes más relevantes presentes en el aire exterior, garantizando así un nivel de calidad de aire interior adecuado en las estancias del edificio, conforme a las exigencias de la normativa vigente.

5.6.CRITERIOS DE DISEÑO Y DIMENSIONADO DE LA PLANTA BAJA Y PRIMERA

5.6.1.CÁLCULO DE CAUDALES

5.6.1.1.INSTALACIÓN DE LA PLANTA BAJA Y PRIMERA

El diseño y dimensionado de las instalaciones de ventilación en la red principal de la residencia de estudiantes se encuentra regulado por el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), el cual establece diferentes métodos de cálculo.

Según lo indicado en el apartado 1.1.4.2.2, *“Categorías de calidad de aire interior en función del uso de edificios”* del RITE, se asigna una categoría de calidad de aire interior (IDA) específica que debe cumplirse en función del tipo de edificio o local. En el caso de la residencia de estudiantes, corresponde la categoría IDA 2.

Asimismo, el apartado 1.1.4.2.3 del RITE establece el cálculo del caudal mínimo de aire exterior de ventilación, contemplando cinco métodos para su cálculo. Para el presente proyecto se ha seleccionado el denominado Método A, basado en el cálculo indirecto del caudal de aire exterior por persona. Este procedimiento fija un caudal mínimo en función del número de ocupantes y del tipo de IDA, considerando una actividad metabólica de 1,2 met.

Categoría	dm³/s por persona
IDA 1	20
IDA 2	12,5
IDA 3	8
IDA 4	5

Tabla 39: Clasificación de los caudales según la calidad del aire interior en el método A

De acuerdo con la tabla 1.4.2.1 *"Caudales de aire exterior"* del RITE (*Tabla 39*), para edificios con categoría IDA 2 se requiere un aporte de 12,5 dm³/s por persona.

Conforme el diseño de ocupación definido para el edificio, en función de los diferentes espacios y su uso previsto, se han determinado los caudales de ventilación en base al número de personas asignadas a cada espacio. En la primera planta, se dispone de un total de 9 habitaciones, cada una equipada con una cama individual, considerando la presencia de 1 persona por habitación. En la planta baja, la distribución de ocupación ha sido la siguiente:

- Despacho: 2 personas
- Administración: 4 personas
- Cocina: 2 personas
- Zona de descanso y juegos: 14 personas (9 estudiantes y 5 personas externas de la residencia)

La *Tabla 40* recoge los puntos de admisión y extracción establecidos en la instalación, garantizando en todo momento el equilibrio entre los caudales de aire impulsados y extraídos. De este modo, se asegura que el sistema mantenga unas condiciones de ventilación adecuadas, evitando desequilibrios de presión en los distintos recintos del edificio.

		Q (IDA 2) (l/s)	12,5						
	Admisión	Personas	Bocas de impulsión	% Aire x abertura	Caudal (l/s)	Extracción	Bocas de extracción	% Aire x abertura	Caudal (l/s)
Planta Primera	HB1	1	1	100	12,5	EHB1	1	100	12,5
	HB2	1	1	100	12,5	EHB2	1	100	12,5
	HB3	1	1	100	12,5	EHB3	1	100	12,5
	HB4	1	1	100	12,5	EHB4	1	100	12,5
	HB5	1	1	100	12,5	EHB5	1	100	12,5
	HB6	1	1	100	12,5	EHB6	1	100	12,5
	HB7	1	1	100	12,5	EHB7	1	100	12,5
	HB8	1	1	100	12,5	EHB8	1	100	12,5
	HB9	1	1	100	12,5	EHB9	1	100	12,5
Planta baja	D (despacho)	2	1	100	25	ED (despacho)	1	100	25
	A (administrac)	4	1	100	50	EA (administrac)	1	100	50
	C (cocina)	2	4	25	50	EC (cocina)	4	40	80
	S1 (Descanso)	14		25	50	EA1 (Aseo)		10	20
	S2 (Descanso)			25	50	EA2 (Aseo)		10	20
	S3 (Descanso)			25	50	ES1 (Descanso)		40	80
					387,5				387,5

Tabla 40: Resumen de los caudales asignados a cada punto de extracción e impulsión en la red de ventilación mediante el método A

En la primera planta, cada habitación dispone de un punto de admisión situado en la entrada y un punto de extracción ubicado en el baño, garantizando el equilibrio de caudales en cada estancia, de modo que el caudal impulsado coincide con el caudal extraído.

En la planta baja, tanto en el despacho como en la administración se han dispuesto un punto de admisión y otro de extracción, dimensionados para introducir y evacuar la misma cantidad de caudal.

En la zona de descanso y juegos junto con la cocina de la planta baja, se han instalado cuatro bocas de impulsión que en conjunto impulsan la misma cantidad que el total extraído, garantizando así el equilibrio del sistema. La extracción se distribuye mediante dos puntos ubicados en los baños y dos en la cocina. Cada uno de los puntos situados en los baños asume el 10 % del caudal total evacuado, mientras que los correspondientes a la cocina absorben

el 40 % cada uno, asegurando de este modo una adecuada distribución de la ventilación y un control eficaz de la calidad del aire en las zonas con mayor generación de contaminantes.

Dado que en determinados espacios no se produce una ocupación humana permanente, como es el caso del vestíbulo situado en la planta primera, no resulta aplicable la estimación del caudal de ventilación mediante el método A (*cálculo indirecto del caudal de aire exterior por persona*). Por este motivo, el dimensionamiento se ha realizado empleando el procedimiento previsto para tales situaciones, es decir, el método D (*cálculo indirecto del caudal de aire exterior por unidad de superficie*), conforme a los criterios establecidos en el RITE.

Categoría	$dm^3/(s \cdot m^2)$
IDA 1	No aplicable
IDA 2	0,83
IDA 3	0,55
IDA 4	0,28

Tabla 41: Clasificación de los caudales según la calidad del aire interior en el método D

De acuerdo con lo establecido en la tabla 1.4.2.4 “Caudales de aire exterior por unidad de superficie de locales no dedicados a ocupación humana permanente” (*Tabla 41*), para edificios clasificados en categoría IDA 2 se requiere un caudal de ventilación de 0,83 dm^3/s por metro cuadrado de superficie. Siendo la superficie del vestíbulo de 10,42 m^2, se obtiene un caudal necesario de 8,65 l/s (*Tabla 42*), el cual deberá ser impulsado y extraído mediante una boca de impulsión y una boca de extracción respectivamente, a fin de garantizar las condiciones de calidad del aire interior exigidas por la normativa vigente.

	Admisión	A (m2)	Bocas de impulsión	Caudal (l/s)	Extracción	Bocas de extracción	Caudal (l/s)
Vestíbulo	V2	10,42	1	8,65	EV2	1	8,65

Tabla 42: Resumen de los caudales asignados a cada punto de extracción e impulsión en la red de ventilación mediante el método D

5.6.1.1.INSTALACIÓN DEL GARAJE

Siendo el garaje del edificio objeto de cumplimiento del CTE, se procederá a determinar los caudales de ventilación siguiendo dicha normativa vigente. De acuerdo con lo establecido en la Tabla 2.2 "Caudales de ventilación mínimos en locales no habitables" de dicha norma (*Tabla 43*), para aparcamientos y garajes el caudal de ventilación se define en función del número de plazas de vehículos, siendo el caudal mínimo requerido de 120 l/s por plaza.

Tabla 2.2 *Caudales de ventilación* mínimos en *locales* no habitables

	Caudal mínimo q_v en l/s	
Locales	**Por m² útil**	**En función de otros parámetros**
Trasteros y sus zonas comunes	0,7	
Aparcamientos y garajes		120 por plaza
Almacenes de residuos	10	

Tabla 43: Caudales de ventilación mínimos en locales no habitables

El garaje del presente edificio dispone de 6 plazas, por lo que el caudal necesario de extracción y admisión asciende a 720 l/s. Para garantizar la correcta distribución del aire, en ambos casos (admisión y extracción) se han dispuesto 6 rejillas a lo largo de las tuberías que recorren el garaje, de manera que cada rejilla impulse un caudal de 120 l/s (*Tabla 44*), asegurando un adecuado régimen de ventilación y el cumplimiento de los requisitos normativos de calidad del aire.

GARAJE	nº plazas	Q/plaza	Qtotal (l/s)	Rejillas impulsión	Q/rejilla (l/s)
ADMISIÓN	6	120	720	6	120
RETORNO	6	120	720	6	120

Tabla 44: Resumen de los caudales asignados a cada punto de extracción e impulsión en la red de ventilación del garaje

A diferencia de las instalaciones de fontanería y saneamiento, en la presente instalación de ventilación no se aplica el criterio de simultaneidad de caudales, dado que tanto la admisión como la extracción de aire se realizan de forma continua.

5.6.1.3.EXTRACCIÓN ESPECÍFICA EN LAS COCINAS

De acuerdo con lo establecido en el apartado 2 del Documento Básico HS 3 *"Calidad del aire interior"* del CTE, el sistema de extracción en la zona de cocción debe garantizar un caudal mínimo de 50 l/s por aparato de cocción, con el objetivo de asegurar la adecuada evacuación de los contaminantes generados durante su uso.

En cumplimiento de esta exigencia, se ha asignado un caudal de 50 l/s para cada cocina. De este modo, la red de extracción que da servicio a las habitaciones 1, 2 y 3 transporta un caudal total de 150 l/s, mientras que la red destinada a la habitación 4 a la 9, junto con la cocina común de la planta baja, transporta un caudal total de 350 l/s.

5.6.2.DIMENSIONADO DE LAS ABERTURAS DE VENTILACIÓN

Dado que el RITE no establece criterios específicos para el dimensionado de las aberturas de ventilación, se ha optado por aplicar lo dispuesto en el apartado 4.1 "Aberturas de ventilación" del DB HS 3 "Calidad del aire interior" del CTE.

Según lo indicado en dicho apartado, el área efectiva de las aberturas de ventilación de cada local debe cumplir con los valores mínimos establecidos en la *Tabla 45*. En particular:

- Aberturas de admisión y extracción: se requiere que su área efectiva sea superior a cuatro veces el caudal de ventilación previsto.

- Aberturas de paso (en este caso, las puertas): deben disponer de un área efectiva superior a 70 cm². Este requisito se garantizará mediante la disposición de un espacio libre de 1 cm entre la parte inferior de la puerta y el suelo.

Aberturas de ventilación	***Aberturas de admisión***	$4 \cdot q_v$ ó $4 \cdot q_{va}$
	Aberturas de extracción	$4 \cdot q_v$ ó $4 \cdot q_{ve}$
	Aberturas de paso	70 cm² ó $8 \cdot q_{vp}$
	Aberturas mixtas (1)	$8 \cdot q_v$

Tabla 45: Área efectiva según el tipo de abertura

En la *Tabla 46, Tabla 47 y Tabla 48 se* presenta un resumen del cálculo de las distintas aberturas de ventilación consideradas tanto en el garaje como en la planta baja y planta primera, detallando el cumplimiento de las exigencias normativas.

	Admisión	Caudal (l/s)	Abertura efectiva (cm2)	Extracción	Caudal (l/s)	Abertura efectiva (cm2)
Planta Primera	HB1	12,5	50	EHB1	12,5	50
	HB2	12,5	50	EHB2	12,5	50
	HB3	12,5	50	EHB3	12,5	50
	HB4	12,5	50	EHB4	12,5	50
	HB5	12,5	50	EHB5	12,5	50
	HB6	12,5	50	EHB6	12,5	50
	HB7	12,5	50	EHB7	12,5	50
	HB8	12,5	50	EHB8	12,5	50
	HB9	12,5	50	EHB9	12,5	50
Planta baja	D (despacho)	25	100	ED (despacho)	25	100
	A (administrac)	50	200	EA (administrac)	50	200
	C (cocina)	50	200	EC (cocina)	80	320
	S1 (Descanso)	50	200	EA1 (Aseo)	20	80
	S2 (Descanso)	50	200	EA2 (Aseo)	20	80
	S3 (Descanso)	50	200	ES1 (Descanso)	80	320
		387,5			387,5	

Tabla 46: Resumen de las aberturas efectivas en la red de principal del edificio

	Admisión	Caudal (l/s)	Abertura efectiva (cm2)	Extracción	Caudal (l/s)	Abertura efectiva (cm2)
Vestíbulo	V2	8,65	34,59	EV2	8,65	34,59

Tabla 47: Resumen de las aberturas efectivas en el vestíbulo

GARAJE	nº plazas	Q/plaza	Qtotal (l/s)	Rejillas impulsión	Q/rejilla (l/s)	Abertura efectiva (cm2)
ADMISIÓN	6	120	720	6	120	480
RETORNO	6	120	720	6	120	480

Tabla 48: Resumen de las aberturas efectivas en el garaje

5.6.3.DIMENSIONADO DE LOS CONDUCTOS

En el presente proyecto se llevará a cabo el dimensionado de los conductos de ventilación mediante el método de rozamiento constante, siguiendo el criterio de la pendiente hidráulica, tal y como se ha explicado y desarrollado en el apartado 2.3.2.1. “Instalaciones a presión (fontanería y ventilación)” en la sección de ventilación.

En la red de ventilación resulta necesario calcular el diámetro equivalente debido a que los conductos de la instalación presentan sección rectangular.

$$D_{eq} = 1,3\frac{(b\cdot h)^{0,625}}{(b+h)^{0,25}}$$

Para el diseño de la red, y conforme a las recomendaciones prácticas, se ha considerado un intervalo de pendiente hidráulica comprendido entre 0,5 y 0,95 Pa/m, que se emplea como criterio de referencia. Se seleccionarán las dimensiones de los conductos que aseguren el cumplimiento del rango de trabajo establecido, garantizando así un comportamiento hidráulico óptimo de la red de ventilación.

$$j\ [Pa/m] = \frac{\Delta p_f}{L} = \frac{\lambda}{D_{eq}^5}\rho\frac{8Q^2}{\pi^2}$$

5.6.4.CÁLCULO DE PRESIONES

Se ha aplicado el procedimiento establecido en el apartado 2.3.3. “Cálculo de Presiones”, mediante el cual, empleando la ecuación de Darcy-Weisbach junto con la correspondiente pendiente hidráulica, se han obtenido las pérdidas de carga primarias asociadas al rozamiento en los distintos tramos de la instalación, así como las pérdidas secundarias asociadas a los accesorios.

$$j = \frac{\Delta p_f}{L} \Rightarrow \Delta p_f = L * j$$

$$\Delta p_m = K\rho\frac{v^2}{2}\ [Pa]$$

Las pérdidas de carga secundarias se encuentran definidas por un coeficiente de pérdida local (K). Este coeficiente depende de las características geométricas del accesorio y puede variar según el fabricante o el proveedor de los conductos utilizados. No obstante, existen tablas generalizadas que

permiten estimar el valor de dicho coeficiente en función del tipo de accesorio, del área transversal de paso y del caudal que circula por el conducto.

En el presente proyecto, el software cypehvac realiza el cálculo directo de las pérdidas de carga reales en cada uno de los accesorios de la instalación. De este modo, se han empleado los valores obtenidos por el programa para determinar de forma más precisa y representativa las necesidades de presión de los equipos de ventilación, garantizando un dimensionamiento más ajustado a las condiciones reales de funcionamiento.

5.6.5.CÁLCULO DE EQUIPOS

Para la determinación de la presión necesaria en el ventilador, se procederá a realizar el cálculo de sus características considerando el tramo más desfavorable de la instalación. De este modo, se garantiza que, al dimensionarse para dicho tramo, el ventilador cumplirá con los requisitos de funcionamiento en el resto de la red de conductos.

El análisis se llevará a cabo mediante el principio de conservación de la energía con las simplificaciones realizadas gracias a la caracterización en ventilación del apartado 2.2.4.1 "*Flujos Incompresibles a Presión*".

$$\Delta p_v = (p_2 - p_1) + \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2) + g(\rho - \rho_a)(z_2 - z_1) + \Delta p_{T_{12}}$$

Dado que se considera que todo el aire extraído e impulsado mantiene la misma temperatura, y que tanto la presión como la velocidad del flujo permanecen constantes a lo largo del sistema, la expresión para determinar la presión que debe vencer el equipo se simplifica conforme a dichas condiciones.

$$\Delta p_v = \Delta p_{T_{12}}$$

5.6.5.1.RECUPERADOR DE CALOR DE LA INSTALACIÓN PRINCIPAL

En la instalación principal del edificio, gestionada mediante un recuperador de calor, se han identificado los puntos más desfavorables para admisión y extracción.

En la red de admisión de aire, el punto más desfavorable corresponde a la boca de impulsión situada en la planta baja, en la zona de administración (A). En la *Tabla 49* se recogen los distintos tramos que conforman el recorrido hasta dicho punto, incluyendo la información detallada de cada uno de ellos y el cálculo de las pérdidas de carga correspondientes. Como resultado del análisis, se ha obtenido que la pérdida total en el punto más desfavorable asciende a 319,56 Pa.

Por otro lado, en la red de extracción, el punto más desfavorable se localiza en la barra de la cocina (ES1). En la *Tabla 50* se detalla la información correspondiente a los distintos tramos hasta alcanzar dicho punto, indicando los parámetros característicos de cada uno de ellos y las pérdidas de carga calculadas, siendo la pérdida total en el punto más desfavorable de la red de extracción de 783,01 Pa.

Estos puntos son los más desfavorables debido a que manejan el mayor caudal de aire y, además, se encuentran a una mayor distancia respecto a la salida del recuperador de calor, lo que incrementa las pérdidas de carga en dichas secciones de la instalación.

	Nº Tramo Cype	Descripción	L (m)	Q (l/s)	b (mm)	h(mm)	Deq (mm)	v (m/s)	Re	ε/D	λ	j (Pa/m)	Apf (Pa)	Apm (Pa)	ApT (Pa)
Aire exterior	G57	Rejilla intemperie												148,51	148,51
	D146	Transición												0,41	0,41
	D30	Aire exterior	0,56	396,15	350	250	322,23	4,53	104356,13	0,000621	0,02081	0,91	0,51		0,51
	D149	Transición												1,62	1,62
	HRU3								Recuperador de calor						
Impulsión	D150	Transición												11,08	11,08
	D31	Cubierta	3,24	396,15	350	250	322,23	4,53	104356,13	0,000621	0,02081	0,91	2,96		2,96
	D205	Codo												2,36	2,36
	D54	Cubierta	1,51	396,15	350	250	322,23	4,53	104356,13	0,000621	0,02081	0,91	1,38		1,38
	D221	Codo												2,36	2,36
	D55	Cubierta	1,37	396,15	350	250	322,23	4,53	104356,13	0,000621	0,02081	0,91	1,25		1,25
	D364	Codo												2,36	2,36
	D58	Cubierta	1,2	396,15	350	250	322,23	4,53	104356,13	0,000621	0,02081	0,91	1,097		1,097
	D363	Codo												13,34	13,34
	D61	Vertical	0,2	396,15	350	250	322,23	4,53	104356,13	0,000621	0,02081	0,91	0,183		0,18
	D77	Bifurcación												0,22	0,22
	D78	Transición												0,23	0,23
	D63	Vertical	2,47	275	300	225	283,28	4,07	82401,13	0,000706	0,02174	0,877	2,165		2,17
	D79	Codo												1,56	1,56
	D64	Planta baja	0,48	275	300	225	283,28	4,07	82401,13	0,000706	0,02174	0,877	0,42		0,42
	D80	Bifurcación												2,94	2,94
	D82	Transición												0,15	0,15
	D66	Salon de descanso	0,09	200	300	175	248,24	3,81	68387,91	0,000806	0,02261	0,93	0,08		0,08
	D83	Codo												11,76	11,76
	D100	Salon de descanso	0,22	200	300	175	248,24	3,81	68387,91	0,000806	0,02261	0,93	0,21		0,21
	D84	Bifurcación												3,46	3,46
	D101	S1+S2+S3	3,1	150	250	175	227,75	3,43	55905,27	0,000878	0,02345	0,84	2,60		2,60
	D98	Bifurcación												0,08	0,08
	D153	Transición												0,19	0,19
	D67	S2+S3	3,62	100	175	175	191,30	3,27	44370,56	0,001045	0,02470	0,938	3,39		3,39
	D85	Bifurcación												0,36	0,36
	D86	Transición												0,17	0,17
	D68	S3	3,24	50	150	125	149,53	2,67	28382,65	0,001338	0,02716	0,88	2,86		2,86
	D87	Transición												0,19	0,19
	S3	Boca												97,09	97,09
															319,56

Tabla 49: Resumen del tramo más desfavorable de la red de impulsión en el edificio principal de la instalación de ventilación

	Nº Tramo Cype	Descripción	L (m)	Q (l/s)	b (mm)	h(mm)	Deq (mm)	v (m/s)	Re	ε/D	λ	j (Pa/m)	Apf (Pa)	Apm (Pa)	ApT (Pa)
Extracción	ES1	Boca												580,55	580,55
	D32	Transición												5,79	5,79
	D216	ES1	1,14	80	175	150	176,98	3,05	38369,00	0,001130	0,02545	0,91	1,04		1,04
	D34	Codo												1,01	1,01
	D222	ES1	3,65	80	175	150	176,98	3,05	38369,00	0,001130	0,02545	0,91	3,33		3,33
	D56	Transición												0,12	0,12
	D103	Bifurcación												1,96	1,96
	D1	ES1+EC	0,5	160	250	175	227,75	3,66	59632,28	0,000878	0,02325	0,94	0,47		0,47
	D104	Transición												4,35	4,35
	D2	ES1+EC+EA2	1,36	180	275	175	238,30	3,74	64116,44	0,000839	0,02291	0,939	1,278		1,278
	D108	Transición												0,13	0,13
	D109	Bifurcación												4,90	4,9
	D3	ES1+EC+EA2+EA1	0,19	200	300	175	248,24	3,81	68387,91	0,000806	0,02261	0,93	0,18		0,18
	D110	Transición												0,26	0,26
	D111	Bifurcación												3,07	3,07
	D6	ES1+EC+EA2+EA1+EA+ED	0,79	275	300	225	283,28	4,07	82401,13	0,000706	0,02174	0,877	0,69		0,69
	D128	Codo												1,89	1,89
	D16	Vertical	2,36	275	300	225	283,28	4,07	82401,13	0,000706	0,02174	0,877	2,069		2,069
	D59	Transición												0,35	0,35
	D60	Bifurcación												0,74	0,74
	D18	Vertical	0,09	396,15	350	250	322,23	4,53	104356,13	0,000621	0,02081	0,91	0,08		0,08
	D130	Codo												1,90	1,90
	D27	Cubierta	4,18	396,15	350	250	322,23	4,53	104356,13	0,000621	0,02081	0,91	3,82		3,82
	D215	Transición												1,85	1,85
	HRU3	Recuperador de calor													
Aire exterior	D136	Transición												9,69	9,69
	D29	Aire exterior	0,53	396,15	350	250	322,23	4,53	104356,13	0,000621	0,02081	0,91	0,48		0,48
	D145	Transición												2,49	2,49
	G222	Rejilla intemperie												148,51	148,51
															783,01

Tabla 50: Resumen del tramo más desfavorable de la red de extracción en el edificio principal de la instalación de ventilación

Para el dimensionado del recuperador de calor es necesario considerar tanto el caudal a transportar como la pérdida de carga a superar hasta el punto más desfavorable. En ambos casos, tanto en extracción como en admisión, se transporta un caudal de 396,15 l/s. Sin embargo, las pérdidas de carga difieren entre ambas redes debido a que presentan trazados distintos y, en consecuencia, cada tramo conduce diferentes caudales. La *Tabla 51* presenta un resumen de las necesidades de ambas redes, indicando los valores obtenidos en cada caso. Para el dimensionado se considera la situación más desfavorable, resultando necesaria una unidad que sea capaz de transportar un caudal de 396,15 l/s con una pérdida de carga de 783,01 Pa (*Tabla 52*).

Impulsión	Q (l/s)	396,15
	Ap (Pa)	319,56
Extracción	Q (l/s)	396,15
	Ap (Pa)	783,01

Tabla 51: Necesidades de la red de admisión y extracción de la red del edificio principal

RECUPERADOR DE CALOR	
Q (l/s)	Ap (Pa)
396,15	783,01

Tabla 52: Punto de diseño del recuperador de calor

5.6.5.2.VENTILADOR DE LA RED DE ADMISIÓN DEL GARAJE

En la red de admisión del garaje, la *Tabla 53* recoge el tramo más desfavorable junto con sus principales características.

	Nº Tramo Cype	Descripción	L (m)	Q (l/s)	b (mm)	h(mm)	Deq (mm)	v (m/s)	Re	ε/D	λ	j (Pa/m)	Apf (Pa)	Apm (Pa)	ApT (Pa)
Aire exterior	G235	Rejilla de intemperie												270,01	270,01
	D227	Transición												0,47	0,47
	D236	Cubierta	0,37	720	450	300	399,61	5,33	152937,76	0,000500	0,01943	0,96	0,36		0,36
	D229	Transición												1,98	1,98
	F237	Ventilador													
Impulsión	D230	Transición												14,09	14,09
	D238	Cubierta	0,4	720	450	300	399,61	5,33	152937,76	0,000500	0,01943	0,96	0,38		0,38
	D231	Codo												2,56	2,56
	D239	Vertical	5,42	720	450	300	399,61	5,33	152937,76	0,000500	0,01943	0,96	5,2		5,2
	D233	Codo												2,56	2,56
	D240	Garaje	3,76	720	450	300	399,61	5,33	152937,76	0,000500	0,01943	0,96	3,6		3,6
	D234	Bifurcación												0,95	0,95
	D235	Transición												0,44	0,44
	D241	Garaje	0,19	360	300	275	313,91	4,36	97344,46	0,000637	0,02105	0,87	0,17		0,17
	D237	Codo												13,91	13,91
	D242	Garaje	3,81	360	300	275	313,91	4,36	97344,46	0,000637	0,02105	0,87	3,3		3,3
	D243	Transición												0,26	0,26
	G243	Rejilla impulsión												4,72	4,72
															325

Tabla 53: Resumen del tramo más desfavorable de la red de impulsión en el garaje de la instalación de ventilación

La impulsión de aire se realiza mediante un ventilador, el cual debe ser capaz de impulsar un caudal de 720 l/s con una pérdida de carga de 325 Pa (*Tabla 54*).

Impulsión garaje	Q (l/s)	720
	Ap (Pa)	325

Tabla 54: Necesidades de las red de admisión del garaje

5.6.5.3.VENTILADOR DE LA RED DE EXTRACCIÓN DEL GARAJE

La red de extracción del garaje presenta un único recorrido hasta el punto más desfavorable, cuyos tramos y características se detallan en la *Tabla 55*.

	Nº Tramo Cype	Descripción	L (m)	Q (l/s)	b (mm)	h(mm)	Deq (mm)	v (m/s)	Re	ε/D	λ	j (Pa/m)	Apf (Pa)	Apm (Pa)	ApT (Pa)
Extracción	G1	Rejilla Retorno												69,84	69,84
	D247	Transición												7,76	7,76
	D224	Garaje	8,15	720	450	300	399,61	5,33	152937,76	0,000500	0,01943	0,96	7,8		7,8
	D249	Codo												3,3	3,3
	D225	Vertical	5,19	720	450	300	399,61	5,33	152937,76	0,000500	0,01943	0,96	4,99		4,99
	D251	Codo												2,56	2,56
	D226	Cubierta	0,45	720	450	300	399,61	5,33	152937,76	0,000500	0,01943	0,96	0,43		0,43
	D252	Transición												2,35	2,35
	F227	Ventilador													
Aire exterior	D253	Transición												11,89	11,89
	D228	Cubierta	0,26	720	450	300	399,61	5,33	152937,76	0,000500	0,01943	0,96	0,25		0,25
	D254	Transición												0,08	0,08
	G229	Rejilla Intemperie												270,01	270,01
															381,30

Tabla 55: Resumen del tramo más desfavorable de la red de extracción en el garaje de la instalación de ventilación

En este caso, el ventilador de extracción debe ser capaz de extraer un caudal de 720 l/s y vencer una pérdida de presión de 381,3 Pa (*Tabla 56*).

Extracción garaje	Q (l/s)	720
	Ap (Pa)	381,30

Tabla 56: Necesidades de las red de extracción del garaje

5.6.5.4.VENTILADOR 1 DE LA RED DE EXTRACCIÓN DE LA COCINA

El ventilador encargado de la extracción de la red específica de la cocina situada en la zona oeste del edificio se dimensiona a partir del tramo más desfavorable, los cuales presentan un mayor caudal y longitud en comparación con el resto de la red. Dichos tramos se recogen en la *Tabla 57*, donde se detallan sus características principales.

	Nº Tramo Cype	Descripción	L (m)	Q (l/s)	b (mm)	h(mm)	Deq (mm)	v (m/s)	Re	ε/D	λ	j (Pa/m)	Apf (Pa)	Apm (Pa)	ApT (Pa)
Ventilador 1	C3	Rejilla extracción												29,59	29,59
	D261	Transición												0,19	0,19
	D255	C3	1,67	50	150	125	149,53	2,67	28382,65	0,001338	0,02716	0,88	1,475		1,475
	D263	Codo												0,78	0,78
	D256	C3	3,81	50	150	125	149,53	2,67	28382,65	0,001338	0,02716	0,88	3,365		3,365
	D270	Codo												0,78	0,78
	D257	C3	0,51	50	150	125	149,53	2,67	28382,65	0,001338	0,02716	0,88	0,45		0,45
	D341	Codo												0,78	0,78
	D258	C3	2,32	50	150	125	149,53	2,67	28382,65	0,001338	0,02716	0,88	2,049		2,049
	D342	Transición												0,22	0,22
	D343	Bifurcación												3,44	3,44
	D264	C3+C2+C1	0,54	150	250	175	227,75	3,43	55905,27	0,000878	0,02345	0,84	0,45		0,45
	D344	Codo												1,36	1,36
	D268	C3+C2++C1	0,8	150	250	175	227,75	3,43	55905,27	0,000878	0,02345	0,84	0,67		0,67
	D345	Codo												1,08	1,08
	D259	C3+C2++C1	0,08	150	250	175	227,75	3,43	55905,27	0,000878	0,02345	0,84	0,067		0,067
	D271	Codo												1,08	1,08
	D260	C3+C2+C1	0,32	150	250	175	227,75	3,43	55905,27	0,000878	0,02345	0,84	0,27		0,27
	D272	Transición												1,92	1,92
	F261							Ventilador							
Aire exterior	D273	Transición												0,35	0,35
	D262	Aire exterior	0,24	150	250	175	227,75	3,43	55905,27	0,000878	0,02345	0,84	0,2		0,2
	D274	Transición												3,80	3,80
	G263	Rejilla intemperie												56,17	56,17
															110,54

Tabla 57: Resumen del tramo más desfavorable de la red de extracción 1 de la cocina

Como resultado del cálculo, el ventilador requiere la capacidad de transportar un caudal de 150 l/s y de superar una pérdida de presión de 110,54 Pa (*Tabla 58*).

Ventilador 1 cocina extracción	Q (l/s)	150
	Ap (Pa)	110,54

Tabla 58: Necesidades de las red de extracción 1 de la cocina

5.6.5.5.VENTILADOR 2 DE LA RED DE EXTRACCIÓN DE LA COCINA

El tramo más desfavorable de la red de extracción del humo de cocción correspondiente al resto de cocinas del edificio se presenta en la *Tabla 59*, donde se detallan sus características principales.

	Nº Tramo Cype	Descripción	L (m)	Q (l/s)	b (mm)	h(mm)	Deq (mm)	v (m/s)	Re	ε/D	λ	j (Pa/m)	Apf (Pa)	Apm (Pa)	ApT (Pa)
Ventilador 2	C5	Rejilla extracción												29,59	29,59
	D192	Transición												0,19	0,19
	D300	C5	0,7	50	150	125	149,53	2,67	28382,65	0,001338	0,02716	0,88	0,618		0,618
	D204	Codo												0,78	0,78
	D301	C5	1,81	50	150	125	149,53	2,67	28382,65	0,001338	0,02716	0,88	1,599		1,599
	D218	Transición												0,15	0,15
	D220	Bifurcación												1,09	1,09
	D302	C5+C4	2,45	100	175	175	191,30	3,27	44370,56	0,001045	0,02470	0,94	2,298		2,298
	D296	Codo												1,09	1,09
	D303	C5+C4	1,96	100	175	175	191,30	3,27	44370,56	0,001045	0,02470	0,94	1,838		1,838
	D297	Transición												0,27	0,27
	D298	Bifurcación												0,13	0,13
	D304	C5+C4+C6	0,75	150	250	175	227,75	3,43	55905,27	0,000878	0,02345	0,84	0,63		0,63
	D299	Codo												1,36	1,36
	D305	C5+C4+C6	0,38	150	250	175	227,75	3,43	55905,27	0,000878	0,02345	0,84	0,32		0,32
	D311	Codo												1,36	1,36
	D306	C5+C4+C6	3,9	150	250	175	227,75	3,43	55905,27	0,000878	0,02345	0,84	3,27		3,27
	D313	Transición												0,20	0,20
	D315	Bifurcación												1,36	1,36
	D307	C5+C4+C6+C7	0,76	200	300	175	248,24	3,81	68387,91	0,000806	0,02261	0,93	0,709		0,709
	D317	Codo												1,71	1,71
	D308	C5+C4+C6+C7	3,87	200	300	175	248,24	3,81	68387,91	0,000806	0,02261	0,93	3,6		3,6
	D319	Transición												0,22	0,22
	D320	Bifurcación												2,40	2,40
	D309	C5+C4+C6+C7+C8	0,79	250	275	225	271,58	4,04	78137,77	0,000736	0,02199	0,905	0,715		0,715
	D321	Transición												0,15	0,15
	D322	Bifurcación												2,16	2,16
	D310	C5+C4+C6+C7+C8+C9	0,83	300	300	250	299,07	4,00	85147,94	0,000669	0,02151	0,787	0,65		0,65
	D323	Transición												0,09	0,09
	D324	Bifurcación												4,68	4,68
	D286	C5+C4+C6+C7+C8+C9+CPB	0,1	350	350	225	304,92	4,44	97432,51	0,000656	0,02112	0,95	0,10		0,10
	D329	Codo												12,49	12,49
	D287	C5+C4+C6+C7+C8+C9+CPB	0,45	350	350	225	304,92	4,44	97432,51	0,000656	0,02112	0,95	0,43		0,43
	D330	Transición												0,11	0,11
	F288	Ventilador													
Aire exterior	D331	Transición												0,04	0,04
	D289	Aire exterior	0,71	350	350	225	304,92	4,44	97432,51	0,000656	0,02112	0,95	0,678		0,678
	D332	Transición												2,87	2,87
	G290	Rejilla de intemperie												131,20	131,20
															213,15

Tabla 59: Resumen del tramo más desfavorable de la red de extracción 2 de la cocina

El ventilador asociado a esta red deberá disponer de la capacidad de extraer un caudal de 350 l/s y de superar una pérdida de carga de 213,15 Pa (*Tabla 60*).

Ventilador 2 cocina extracción	Q (l/s)	350
	Ap (Pa)	213,15

Tabla 60: Necesidades de las red de extracción 2 de la cocina

5.7.DISEÑO CON LA HERRAMIENTA CYPE

El dimensionado de la instalación de ventilación se ha llevado a cabo mediante el software cype, empleando su módulo específico para el diseño de instalaciones de climatización (calefacción, ventilación y aire acondicionado). Para el presente edificio, se ha utilizado exclusivamente la parte correspondiente a ventilación, dado que constituye el alcance requerido para la definición y cálculo de la instalación objeto de este proyecto.

5.7.1.CONFIGURACIÓN PREVIA

Se han definido los criterios generales que utilizará el programa cypehvac para el dimensionamiento y cálculo de la instalación de ventilación.

Dado que el programa utilizado presenta ciertas limitaciones funcionales, como la imposibilidad de introducir un valor fijo de pendiente hidráulica, y únicamente permite definir un valor máximo admisible (*Ilustración 86*), ha sido necesario ajustar los parámetros de cálculo correspondientes a la velocidad del aire y a la caída de presión máxima permitida en los conductos. Debido a esto, se ha establecido un amplio rango de velocidades, de modo que el dimensionamiento de la instalación se realice en función de la pendiente hidráulica, priorizando este criterio como variable de control principal en el proceso de cálculo.

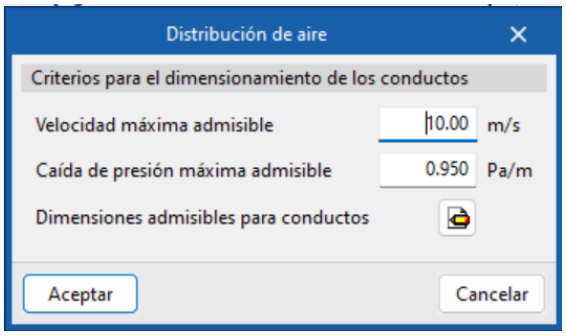


Ilustración 86: Criterios para el dimensionamiento de los conductos en cypehvac

Los materiales empleados en el trazado de la instalación, así como los dispositivos de impulsión y expulsión, se corresponden con los descritos previamente en el apartado *5.4. Materiales.*

Para la ejecución del trazado de los conductos, se ha seleccionado el conducto rectangular del fabricante Isover, modelo Climaver Neto K24424 (*Ilustración 87*).

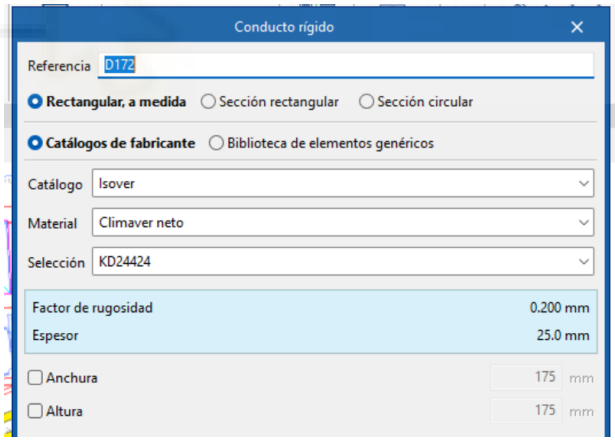


Ilustración 87: Selección del conducto utilizado en cypehvac

Las bocas de impulsión y extracción correspondientes a las distintas habitaciones se han dispuesto del fabricante Orkli (*Ilustración 88*).

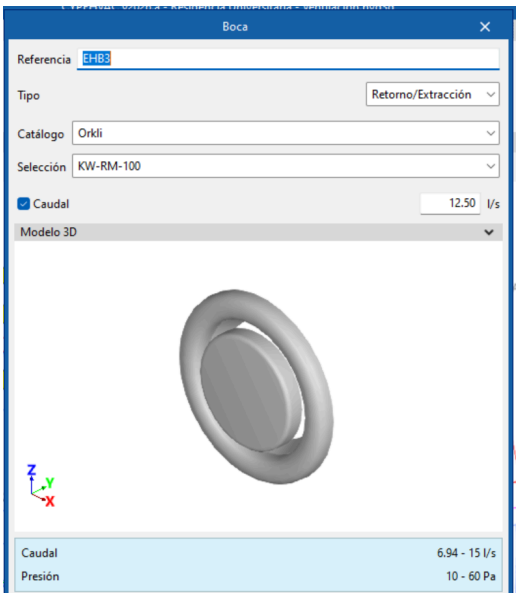


Ilustración 88: Selección de las bocas de impulsión y extracción de las habitaciones en cypehvac

En cuanto a las bocas de extracción y admisión de la planta baja, estas pertenecen al fabricante Zehnder (*Ilustración 89*).

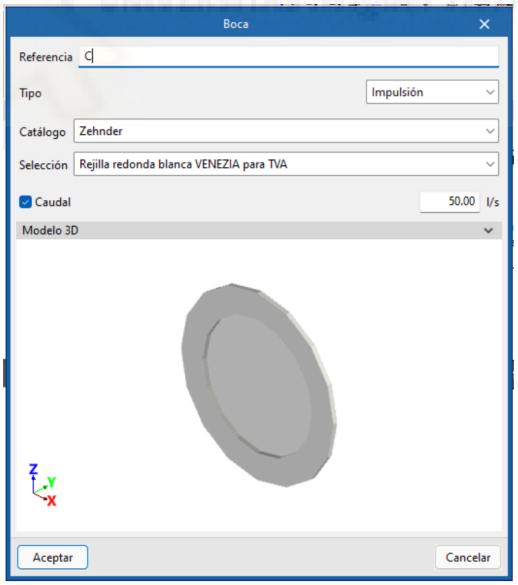


Ilustración 89: Selección de las bocas de impulsión y extracción de la planta baja en cypehvac

Las rejillas utilizadas tanto en la admisión y expulsión del garaje como en la simulación del sistema de extracción de humos de cocción corresponden al modelo X-GRILLE Basic del fabricante Trox (*Ilustración 90*).

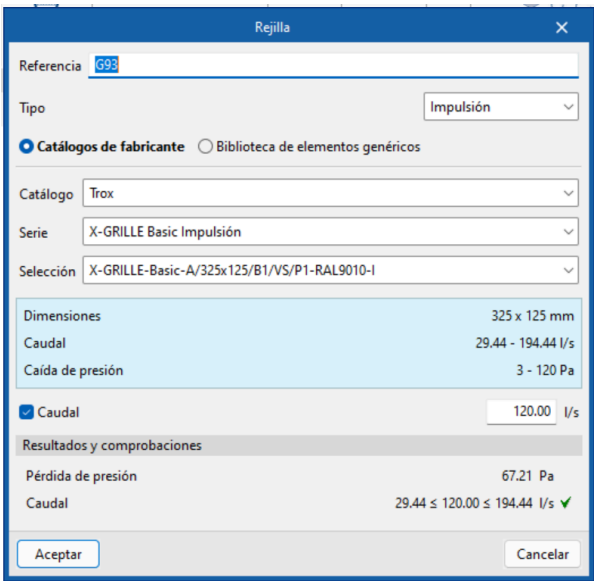


Ilustración 90: Selección de las rejillas de interior en cypehvac

Por último, para las rejillas de intemperie, se ha empleado el modelo WG, también del fabricante Trox (*Ilustración 91*).

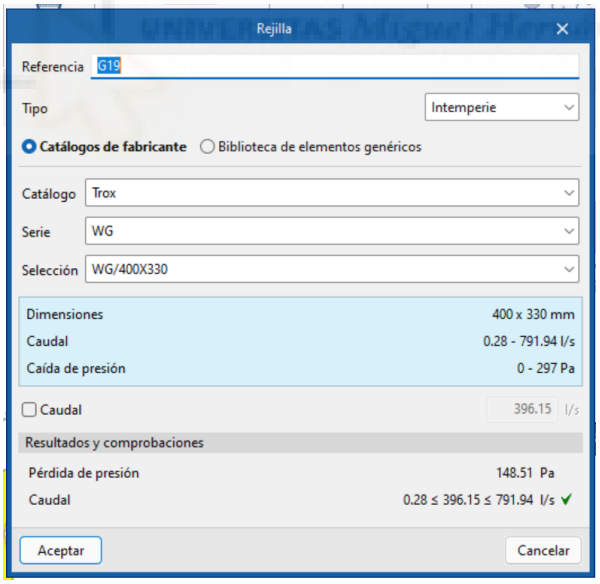


Ilustración 91: Selección de las rejillas de intemperie en cypehvac

Dado que el programa cype no dispone de la funcionalidad para asignar de forma automática los caudales de aire a cada uno de los aparatos de admisión y extracción, dichos valores se han introducido manualmente, siguiendo los datos establecidos en el apartado *5.6.1. Cálculo de caudales.*

5.7.2.RESULTADOS

Una vez realizado el dimensionamiento de la instalación mediante el programa cypehvac, se han obtenido los resultados correspondientes a el tramo más desfavorable de la red. En la *Tabla 61* se incluyen los tramos rectos calculados mediante el método de pendiente hidráulica constante y en la *Tabla 60* se recogen los accesorios. Ambas tablas recogen los tramos pertenecientes a la red del edificio principal, del garaje y del sistema específico de cocción, proporcionando una visión global y detallada del comportamiento hidráulico de la instalación en su conjunto.

		Método pendiente hidráulica constante						
Referencia	Caudal [l/s]	Diámetro equivalente [mm]	Dimensiones [mm]		Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Pérdida de presión lineal [Pa/m]	Pérdida de presión total [Pa]
			Anchura	Altura				
D216	80	177	175	150	3,05	1,14	0,912	1,04
D222	80	177	175	150	3,05	3,65	0,912	3,33
D1	160	228	250	175	3,66	0,5	0,943	0,47
D2	180	238	275	175	3,74	1,36	0,937	1,27
D3	200	248	300	175	3,81	0,19	0,931	0,18
D6	275	283	300	225	4,07	0,79	0,873	0,69
D16	275	283	300	225	4,07	2,36	0,873	2,06
D18	396,15	322	350	250	4,53	0,09	0,908	0,08
D27	396,15	322	350	250	4,53	4,18	0,908	3,8
D29	396,15	322	350	250	4,53	0,53	0,908	0,48
D30	396,15	322	350	250	4,53	0,56	0,908	0,51
D31	396,15	322	350	250	4,53	3,24	0,908	2,94
D54	396,15	322	350	250	4,53	1,51	0,908	1,37
D55	396,15	322	350	250	4,53	1,37	0,908	1,24
D58	396,15	322	350	250	4,53	1,2	0,908	1,09
D61	396,15	322	350	250	4,53	0,2	0,908	0,18
D63	275	283	300	225	4,07	2,47	0,873	2,15
D64	275	283	300	225	4,07	0,48	0,873	0,42
D66	200	248	300	175	3,81	0,09	0,931	0,08
D100	200	248	300	175	3,81	0,22	0,931	0,21
D101	150	228	250	175	3,43	3,1	0,837	2,6
D67	100	191	175	175	3,27	3,62	0,937	3,39
D68	50	150	150	125	2,67	3,24	0,881	2,85
D255	50	150	150	125	2,67	1,67	0,881	1,47
D256	50	150	150	125	2,67	3,81	0,881	3,36
D257	50	150	150	125	2,67	0,51	0,881	0,45
D258	50	150	150	125	2,67	2,32	0,881	2,04
D264	150	228	250	175	3,43	0,54	0,837	0,45

D268	150	228	250	175	3,43	0,8	0,837	0,67
D259	150	228	250	175	3,43	0,08	0,837	0,06
D260	150	228	250	175	3,43	0,32	0,837	0,27
D262	150	228	250	175	3,43	0,24	0,837	0,2
D300	50	150	150	125	2,67	0,7	0,881	0,61
D301	50	150	150	125	2,67	1,81	0,881	1,59
D302	100	191	175	175	3,27	2,45	0,937	2,29
D303	100	191	175	175	3,27	1,96	0,937	1,83
D304	150	228	250	175	3,43	0,75	0,837	0,63
D305	150	228	250	175	3,43	0,38	0,837	0,32
D306	150	228	250	175	3,43	3,9	0,837	3,27
D307	200	248	300	175	3,81	0,76	0,931	0,7
D308	200	248	300	175	3,81	3,87	0,931	3,6
D309	250	272	275	225	4,04	0,79	0,901	0,72
D310	300	299	300	250	4	0,83	0,784	0,65
D286	350	305	350	225	4,44	0,1	0,948	0,1
D287	350	305	350	225	4,44	0,45	0,948	0,43
D289	350	305	350	225	4,44	0,71	0,948	0,67
D236	720	400	450	300	5,33	0,37	0,948	0,35
D238	720	400	450	300	5,33	0,4	0,948	0,38
D239	720	400	450	300	5,33	5,42	0,948	5,14
D240	720	400	450	300	5,33	3,76	0,948	3,56
D241	360	314	300	275	4,36	0,19	0,865	0,16
D242	360	314	300	275	4,36	3,81	0,865	3,29
D224	720	400	450	300	5,33	8,15	0,948	7,73
D225	720	400	450	300	5,33	5,19	0,948	4,92
D226	720	400	450	300	5,33	0,45	0,948	0,42
D228	720	400	450	300	5,33	0,26	0,948	0,24

Tabla 61: Resumen del tramo más desfavorable de la instalación de ventilación

Los valores obtenidos para el tramo más desfavorable de conductos rectos de la instalación mediante el software cypehvac presentan en su mayoría una coincidencia con los resultados calculados manualmente.

Sin embargo, en el caso de las pérdidas de carga correspondientes a los accesorios (pérdidas secundarias), se observa que en varios elementos los valores exportados aparecen como nulos (*Tabla 62*). Este hecho se debe a un error de exportación de resultados del programa, que omite aquellos valores cuya magnitud es reducida. No obstante, en el apartado *5.6.5. "Cálculo de equipos"* se muestran de forma detallada las pérdidas de carga asociadas a

cada accesorio, las cuales han sido obtenidas directamente del software cypehvac.

		Método pendiente hidráulica constante
Referencia	**Caudal [l/s]**	**Pérdida de presión total [Pa]**
ES1	80	580,55
D32	80	0
D34	80	1,01
D56	80	0,12
D103	160	0
D104	180	0
D108	180	0,13
D109	200	0
D110	200	0,26
D111	275	0
D112	275	0
D128	275	1,89
D59	275	0,35
D60	396,15	0
D76	396,15	0
D130	396,15	1,9
D215	396,15	0
D136	396,15	0
D145	396,15	0
G222	396,15	148,51
G57	396,15	148,51
D146	396,15	0
D149	396,15	0
D150	396,15	0
D205	396,15	0
D221	396,15	0
D364	396,15	0
D363	396,15	0
D77	275	-0,22
D78	275	0
D79	275	0
D80	200	2,94
D82	200	0
D83	200	0

D84	150	3,46
D98	100	-0,08
D153	100	0
D85	50	0,36
D86	50	0
D87	50	0
S3	50	97,09
C3	50	29,59
D261	50	0
D263	50	0,78
D270	50	0,78
D341	50	0,78
D342	50	0,22
D343	150	0
D344	150	1,36
D345	150	1,08
D271	150	1,08
D272	150	0
D273	150	0
D274	150	0
G263	150	56,17
C5	50	29,59
D192	50	0
D204	50	0,78
D218	50	0,15
D220	100	0
D296	100	1,09
D297	100	0,27
D298	150	0
D299	150	1,36
D311	150	1,36
D313	150	0,2
D315	200	0
D317	200	1,71
D319	200	0,22
D320	250	0
D321	250	0,15
D322	300	0
D323	300	0,09

D324	350	0
D329	350	12,49
D330	350	0
D331	350	0
D332	350	0
G290	350	131,2
G235	720	270,01
D227	720	0
D229	720	0
D230	720	0
D231	720	0
D232	720	0
D233	720	0
D234	360	0,95
D235	360	0
D237	360	0
D243	120	0
G243	120	4,72
G1	120	69,84
D247	120	0
D248	720	0
D249	720	3,3
D250	720	0
D251	720	2,56
D252	720	0
D253	720	0
D254	720	0
G229	720	270,01

Tabla 62: Resumen de los accesorios más desfavorables de la instalación de ventilación

Cabe destacar que las pérdidas secundarias generadas en las rejillas y en las bocas adquieren una relevancia considerable, provocando un incremento significativo de la pérdida de presión total en la instalación.

La *Tabla 63* presenta una comparativa entre las necesidades reales de los equipos obtenidas mediante el cálculo con CYPE y las estimaciones obtenidas manualmente.

		RECUPERADOR DE CALOR		GARAJE		COCINA	
		IMPULSIÓN	EXTRACCIÓN	IMPULSIÓN	EXTRACCIÓN	VENTILADOR 1	VENTILADOR 2
Cálculo con excel	Q (l/s)	396,15	396,15	720	720	150	350
	Ap (Pa)	319,56	783,01	325	381,3	110,54	213,15
Cálculo con CYPE	Q (l/s)	396,15	396,15	720	720	150	350
	Ap (Pa)	318,88	779,60	324,85	381,11	106,31	212,67

Tabla 63: Comparativa de las necesidades de los equipos en el cálculo mediante excel y cype

Se ha detectado una pequeña discrepancia en los valores de la diferencia de presión de los equipos, atribuible a errores de aproximación decimal durante el proceso de cálculo y redondeo de los resultados. Esta diferencia es mínima y no tiene repercusión significativa en el dimensionamiento de la instalación.

5.8.COMPARACIÓN DE MÉTODOS

El dimensionamiento de los conductos de una instalación de ventilación puede abordarse mediante distintos métodos de cálculo, como se ha expuesto en el en la sección de ventilación del apartado 2.3.2.1. “Instalaciones a presión (fontanería y ventilación)”. En el presente proyecto, el desarrollo de la instalación se ha realizado aplicando el método de rozamiento constante.

Siguiendo la línea de análisis adoptada en instalaciones anteriores, se pretende plantear una comparativa con el fin de evaluar las posibles variaciones en los resultados obtenidos mediante criterios alternativos. Dado que el software cypehvac empleado para la obtención de los resultados de la comparativa, presenta determinadas limitaciones funcionales (entre ellas, la imposibilidad de dimensionar la instalación mediante un método distinto, o de introducir valores fijos de velocidad o de pendiente hidráulica, permitiendo únicamente definir valores máximos admisibles), se han establecido previamente unos parámetros de referencia. En concreto, se definió un límite máximo de velocidad de 10 m/s y una pendiente hidráulica de 0,95 Pa/m (*Ilustración 86*).

Para realizar la comparativa, se fija un nuevo límite de velocidad de 5 m/s, manteniéndose la pendiente hidráulica en 0,95 Pa/m (*Ilustración 92*). De este modo, se restringe específicamente el parámetro de velocidad, forzando al software a dimensionar la instalación en función de dicho criterio, permitiendo así analizar las diferencias frente al criterio adoptado inicialmente.

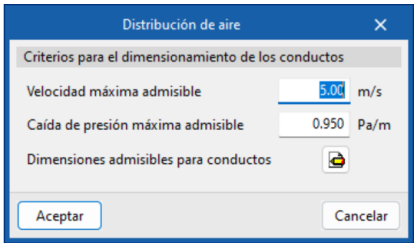


Ilustración 92: Criterios del dimensionado de los conductos en cypehvac para la comparativa

La *Tabla 64* presenta la comparación de resultados obtenidos en los conductos rectos para ambos criterios. A partir de la comparativa, se han elaborado las *Ilustraciones 93, 94 y 95*, en las que se comparan las variables de diámetro equivalente, velocidad y pendiente hidráulica, con el objetivo de analizar las diferencias de comportamiento entre ambos criterios de dimensionamiento.

		Criterio de velocidad máxima de 10 m/s							Criterio de velocidad máxima de 5 m/s						
Referencia	Caudal [l/s]	Diámetro equivalente [mm]	Dimensiones [mm]		Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Pérdida de presión lineal [Pa/m]	Pérdida de presión total [Pa]	Diámetro equivalente [mm]	Dimensiones [mm]		Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Pérdida de presión lineal [Pa/m]	Pérdida de presión total [Pa]
			Anchura	Altura						Anchura	Altura				
D216	80	177	175	150	3,05	1,14	0,912	1,04	177	175	150	3,05	1,14	0,912	1,04
D222	80	177	175	150	3,05	3,65	0,912	3,33	177	175	150	3,05	3,65	0,912	3,33
D1	160	228	250	175	3,66	0,5	0,943	0,47	228	250	175	3,66	0,5	0,943	0,47
D2	180	238	275	175	3,74	1,36	0,937	1,27	238	275	175	3,74	1,36	0,937	1,27
D3	200	248	300	175	3,81	0,19	0,931	0,18	248	300	175	3,81	0,19	0,931	0,18
D6	275	283	300	225	4,07	0,79	0,873	0,69	283	300	225	4,07	0,79	0,873	0,69
D16	275	283	300	225	4,07	2,36	0,873	2,06	283	300	225	4,07	2,36	0,873	2,06
D18	396,15	322	350	250	4,53	0,09	0,908	0,08	322	350	250	4,53	0,09	0,908	0,08
D27	396,15	322	350	250	4,53	4,18	0,908	3,8	322	350	250	4,53	4,18	0,908	3,8
D29	396,15	322	350	250	4,53	0,53	0,908	0,48	322	350	250	4,53	0,53	0,908	0,48
D30	396,15	322	350	250	4,53	0,56	0,908	0,51	322	350	250	4,53	0,56	0,908	0,51
D31	396,15	322	350	250	4,53	3,24	0,908	2,94	322	350	250	4,53	3,24	0,908	2,94
D54	396,15	322	350	250	4,53	1,51	0,908	1,37	322	350	250	4,53	1,51	0,908	1,37
D55	396,15	322	350	250	4,53	1,37	0,908	1,24	322	350	250	4,53	1,37	0,908	1,24
D58	396,15	322	350	250	4,53	1,2	0,908	1,09	322	350	250	4,53	1,2	0,908	1,09
D61	396,15	322	350	250	4,53	0,2	0,908	0,18	322	350	250	4,53	0,2	0,908	0,18

D63	275	283	300	225	4,07	2,47	0,873	2,15	283	300	225	4,07	2,47	0,873	2,15
D64	275	283	300	225	4,07	0,48	0,873	0,42	283	300	225	4,07	0,48	0,873	0,42
D66	200	248	300	175	3,81	0,09	0,931	0,08	248	300	175	3,81	0,09	0,931	0,08
D100	200	248	300	175	3,81	0,22	0,931	0,21	248	300	175	3,81	0,22	0,931	0,21
D101	150	228	250	175	3,43	3,1	0,837	2,6	228	250	175	3,43	3,1	0,837	2,6
D67	100	191	175	175	3,27	3,62	0,937	3,39	191	175	175	3,27	3,62	0,937	3,39
D68	50	150	150	125	2,67	3,24	0,881	2,85	150	150	125	2,67	3,24	0,881	2,85
D255	50	150	150	125	2,67	1,67	0,881	1,47	150	150	125	2,67	1,67	0,881	1,47
D256	50	150	150	125	2,67	3,81	0,881	3,36	150	150	125	2,67	3,81	0,881	3,36
D257	50	150	150	125	2,67	0,51	0,881	0,45	150	150	125	2,67	0,51	0,881	0,45
D258	50	150	150	125	2,67	2,32	0,881	2,04	150	150	125	2,67	2,32	0,881	2,04
D264	150	228	250	175	3,43	0,54	0,837	0,45	228	250	175	3,43	0,54	0,837	0,45
D268	150	228	250	175	3,43	0,8	0,837	0,67	228	250	175	3,43	0,8	0,837	0,67
D259	150	228	250	175	3,43	0,08	0,837	0,06	228	250	175	3,43	0,08	0,837	0,06
D260	150	228	250	175	3,43	0,32	0,837	0,27	228	250	175	3,43	0,32	0,837	0,27
D262	150	228	250	175	3,43	0,24	0,837	0,2	228	250	175	3,43	0,24	0,837	0,2
D300	50	150	150	125	2,67	0,7	0,881	0,61	150	150	125	2,67	0,7	0,881	0,61
D301	50	150	150	125	2,67	1,81	0,881	1,59	150	150	125	2,67	1,81	0,881	1,59
D302	100	191	175	175	3,27	2,45	0,937	2,29	191	175	175	3,27	2,45	0,937	2,29
D303	100	191	175	175	3,27	1,96	0,937	1,83	191	175	175	3,27	1,96	0,937	1,83
D304	150	228	250	175	3,43	0,75	0,837	0,63	228	250	175	3,43	0,75	0,837	0,63
D305	150	228	250	175	3,43	0,38	0,837	0,32	228	250	175	3,43	0,38	0,837	0,32
D306	150	228	250	175	3,43	3,9	0,837	3,27	228	250	175	3,43	3,9	0,837	3,27
D307	200	248	300	175	3,81	0,76	0,931	0,7	248	300	175	3,81	0,76	0,931	0,7
D308	200	248	300	175	3,81	3,87	0,931	3,6	248	300	175	3,81	3,87	0,931	3,6
D309	250	272	275	225	4,04	0,79	0,901	0,72	272	275	225	4,04	0,79	0,901	0,72
D310	300	299	300	250	4	0,83	0,784	0,65	299	300	250	4	0,83	0,784	0,65
D286	350	305	350	225	4,44	0,1	0,948	0,1	305	350	225	4,44	0,1	0,948	0,1
D287	350	305	350	225	4,44	0,45	0,948	0,43	305	350	225	4,44	0,45	0,948	0,43
D289	350	305	350	225	4,44	0,71	0,948	0,67	305	350	225	4,44	0,71	0,948	0,67
D236	720	400	450	300	5,33	0,37	0,948	0,35	420	500	300	4,8	0,28	0,739	0,21
D238	720	400	450	300	5,33	0,4	0,948	0,38	420	500	300	4,8	0,4	0,739	0,3
D239	720	400	450	300	5,33	5,42	0,948	5,14	420	500	300	4,8	5,32	0,739	3,94
D240	720	400	450	300	5,33	3,76	0,948	3,56	420	500	300	4,8	3,76	0,739	2,78
D241	360	314	300	275	4,36	0,19	0,865	0,16	314	300	275	4,36	0,1	0,865	0,08
D242	360	314	300	275	4,36	3,81	0,865	3,29	314	300	275	4,36	3,81	0,865	3,29
D224	720	400	450	300	5,33	8,15	0,948	7,73	420	500	300	4,8	7,96	0,739	5,89
D225	720	400	450	300	5,33	5,19	0,948	4,92	420	500	300	4,8	5,02	0,739	3,72
D226	720	400	450	300	5,33	0,45	0,948	0,42	420	500	300	4,8	0,45	0,739	0,33
D228	720	400	450	300	5,33	0,26	0,948	0,24	420	500	300	4,8	0,16	0,739	0,12

Tabla 64: Comparativa del tramo rectos más desfavorable de la instalación de ventilación para ambos criterios

La *Tabla 65* presenta una comparativa de las pérdidas de carga generadas en los accesorios para ambos criterios.

		Criterio de velocidad máxima de 10 m/s	Criterio de velocidad máxima de 5 m/s
Referencia	**Caudal [l/s]**	**Pérdida de presión total [Pa]**	**Pérdida de presión total [Pa]**
ES1	80	580,55	580,55
D32	80	0	0
D34	80	1,01	1,01
D56	80	0,12	0,12
D103	160	0	0
D104	180	0	0
D108	180	0,13	0,13
D109	200	0	0
D110	200	0,26	0,26
D111	275	0	0
D112	275	0	0
D128	275	1,89	1,89
D59	275	0,35	0,35
D60	396,15	0	0
D76	396,15	0	0
D130	396,15	1,9	1,9
D215	396,15	0	0
D136	396,15	0	0
D145	396,15	0	0
G222	396,15	148,51	148,51
G57	396,15	148,51	148,51
D146	396,15	0	0
D149	396,15	0	0
D150	396,15	0	0
D205	396,15	0	0
D221	396,15	0	0
D364	396,15	0	0
D363	396,15	0	0
D77	275	-0,22	-0,22
D78	275	0	0
D79	275	0	0
D80	200	2,94	2,94
D82	200	0	0
D83	200	0	0
D84	150	3,46	3,46
D98	100	-0,08	-0,08
D153	100	0	0
D85	50	0,36	0,36
D86	50	0	0
D87	50	0	0
S3	50	97,09	97,09
C3	50	29,59	29,59
D261	50	0	0

D263	50	0,78	0,78
D270	50	0,78	0,78
D341	50	0,78	0,78
D342	50	0,22	0,22
D343	150	0	0
D344	150	1,36	1,36
D345	150	1,08	1,08
D271	150	1,08	1,08
D272	150	0	0
D273	150	0	0
D274	150	0	0
G263	150	56,17	56,17
C5	50	29,59	29,59
D192	50	0	0
D204	50	0,78	0,78
D218	50	0,15	0,15
D220	100	0	0
D296	100	1,09	1,09
D297	100	0,27	0,27
D298	150	0	0
D299	150	1,36	1,36
D311	150	1,36	1,36
D313	150	0,2	0,2
D315	200	0	0
D317	200	1,71	1,71
D319	200	0,22	0,22
D320	250	0	0
D321	250	0,15	0,15
D322	300	0	0
D323	300	0,09	0,09
D324	350	0	0
D329	350	12,49	12,49
D330	350	0	0
D331	350	0	0
D332	350	0	0
G290	350	131,2	131,2
G235	720	270,01	270,01
D227	720	0	0
D229	720	0	0
D230	720	0	0
D231	720	0	0
D232	720	0	0
D233	720	0	0
D234	360	0,95	0,77
D235	360	0	0
D237	360	0	0
D243	120	0	0

G243	120	4,72	4,72
G1	120	69,84	69,84
D247	120	0	0
D248	720	0	0
D249	720	3,3	2,71
D250	720	0	0
D251	720	2,56	2,03
D252	720	0	0
D253	720	0	0
D254	720	0	0
G229	720	270,01	270,01

Tabla 65: Comparativa de los accesorios de la instalación de ventilación para ambos criterios

En la *Ilustración 93*, se comparan los valores del diámetro equivalente y se observa que los resultados son coincidentes en la mayoría de los tramos, excepto en ocho de los tramos, los cuales, cuatro de ellos corresponden a los tramos de impulsión de la red que abastece al garaje, mientras que los cuatro restantes pertenecen a los tramos de extracción de dicha red. Todos ellos transportan un caudal de 720 l/s, lo que representa el mayor caudal transportado en la instalación del edificio objeto de estudio.

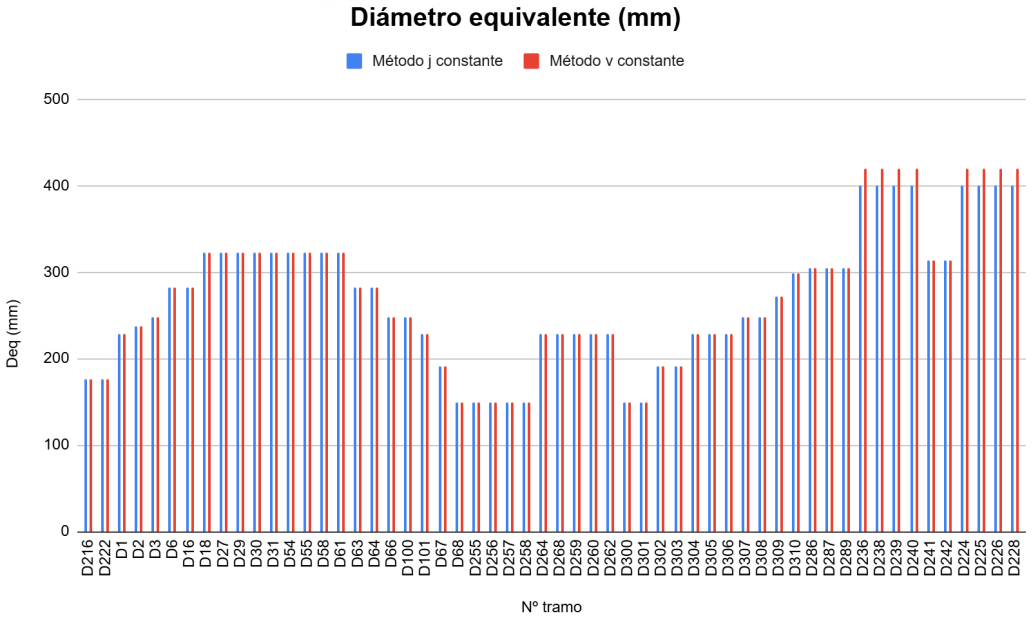


Ilustración 93: Representación gráfica de la comparativa del diámetro equivalente para la instalación de ventilación

Las *Ilustraciones 94 y 95* muestran respectivamente la variación de la velocidad y de la pendiente hidráulica. En ambas se aprecia un comportamiento análogo al observado en la *Ilustración 93*: los valores permanecen constantes para ambos criterios a lo largo de la mayoría de los tramos, salvo en los ocho mencionados anteriormente. Esta desviación se explica por la relación directa existente del diámetro equivalente con la velocidad del fluido y la pendiente hidráulica. En efecto, la velocidad depende del área del conducto, mientras que la pendiente hidráulica está directamente influenciada por el diámetro equivalente o hidráulico. Por tanto, una variación en este último valor repercute necesariamente en las otras dos variables.

De este comportamiento puede concluirse que, la limitación de la velocidad máxima establecida en cype afecta únicamente a los tramos con caudal elevado. En el resto de la red, los caudales son menores, lo que implica dimensiones reducidas de los conductos y velocidades más bajas, de modo que la restricción de velocidad no produce efectos apreciables. En cambio, los tramos con caudal más alto requieren velocidades mayores para mantener el equilibrio hidráulico, al aplicarse la limitación máxima impuesta en el segundo criterio, el software ajusta el valor de la velocidad, incrementando consecuentemente las dimensiones del conducto.

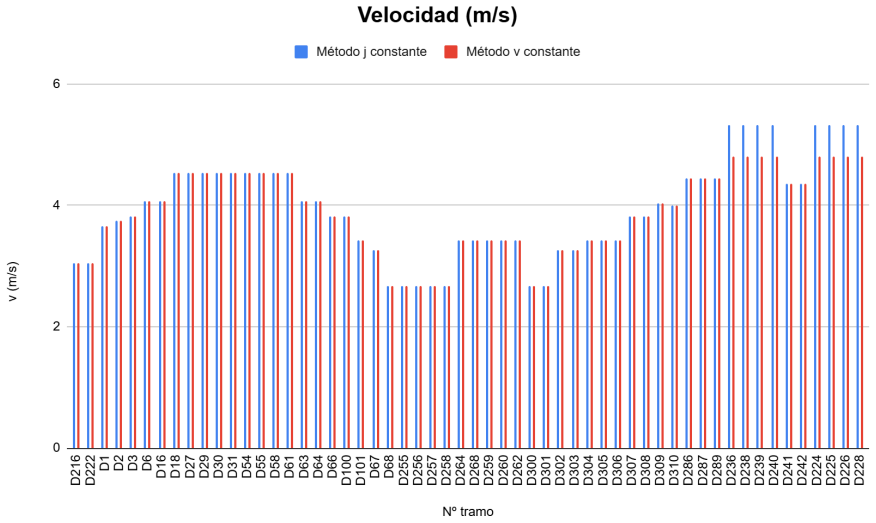


Ilustración 94: Representación gráfica de la comparativa de la velocidad para la instalación de ventilación

Cabe destacar la similitud en la forma de las curvas obtenidas en las gráficas de comparación del diámetro equivalente y de la velocidad, lo cual confirma el cumplimiento de la ley de continuidad. Dado que el caudal se mantiene constante, se preserva una relación de proporcionalidad entre ambas magnitudes, verificando así la ley de conservación de la masa.

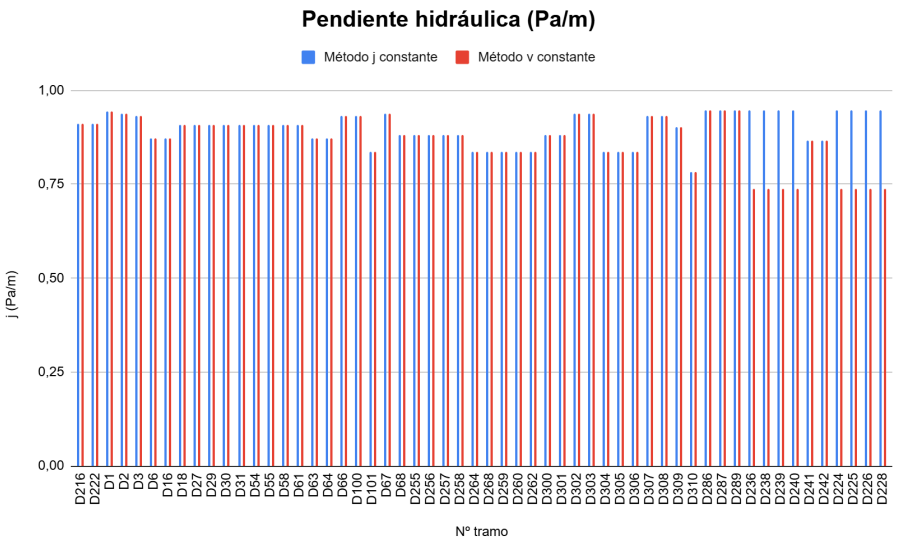


Ilustración 95: Representación gráfica de la comparativa del pendiente hidráulica para la instalación de ventilación

No se ha elaborado una representación gráfica de las pérdidas de carga en los accesorios, debido a la incongruencia del software con la exportación de valores nulos para la pérdida de presión en determinados tramos, en los cuales sí presentan pérdidas, por lo que, la elaboración de una gráfica carecía de sentido al no reflejar con precisión los valores reales obtenidos en el cálculo. Asimismo, es importante señalar que las pérdidas asociadas a bocas y rejillas son notablemente superiores a las producidas en codos, bifurcaciones o transiciones, siendo esta diferencia un rango de valores excesivamente amplio dentro de una misma representación, lo que dificulta la correcta visualización y la comparación con las pérdidas de menor magnitud en el gráfico. No obstante, la comparación cuantitativa de los valores puede realizarse de forma adecuada mediante la visualización de la *Tabla 65,* en la que se observa que, al igual que en los parámetros analizados previamente, los resultados son coincidentes para ambos métodos, excepto en los tramos de la red del garaje que transportan un caudal elevado. En estos casos, se mantiene la misma justificación expuesta anteriormente, relativa a la influencia del caudal y del diámetro equivalente sobre el comportamiento hidráulico del sistema.

En conclusión, al presentar el edificio analizado un valor bajo de caudales, no constituye el caso más representativo para evaluar en profundidad las diferencias entre ambos criterios.

6.CONCLUSIONES

El presente proyecto tiene por objeto la realización de una comparativa entre diferentes métodos de cálculo empleados en el dimensionado de redes de fontanería, evacuación de aguas y ventilación en edificaciones de carácter no residencial. El propósito principal de este estudio es identificar las posibles carencias y limitaciones de la normativa vigente, la cual, en numerosos casos, resulta insuficiente para garantizar un dimensionado óptimo de las instalaciones. En consecuencia, se hace necesario recurrir a normativas de carácter no obligatorio o, incluso, a procedimientos basados en la experiencia profesional, con el fin de obtener resultados más ajustados a las condiciones reales de funcionamiento de las instalaciones.

Tras la realización de la comparación técnica de distintos métodos de cálculo aplicados a las instalaciones de fontanería, saneamiento y ventilación. Dicha comparativa ha permitido analizar las variaciones obtenidas en función del método utilizado y evaluar el impacto que estas diferencias tienen en la funcionalidad de las instalaciones.

Los resultados obtenidos muestran que, dependiendo del método de cálculo empleado, se pueden generar situaciones tanto de sobredimensionado como de infradimensionado.

- El sobredimensionado conduce a un incremento innecesario de los costes de ejecución y a una reducción de la eficiencia del sistema.

- El infradimensionado, por el contrario, puede ocasionar insuficiencias hidráulicas, pérdidas de carga excesivas y problemas de salubridad en el funcionamiento de la instalación.

6.1.INSTALACIÓN DE FONTANERÍA

En el caso particular de la instalación de fontanería, la principal problemática identificada reside en los métodos de determinación de los caudales simultáneos. Para evaluar esta cuestión se ha realizado una comparativa entre el método racional simplificado y el método establecido en la norma UNE 149201:2017.

Los resultados de la comparación indican que ambos métodos proporcionan un dimensionado equivalente, es decir, conducen a la selección de un mismo diámetro comercial en todos los tramos, sin apreciarse diferencias.

El método racional simplificado presenta caudales basados en un carácter más conservador en los tramos con caudales reducidos, mientras que la norma UNE 149201:2017 resulta más conservadora en caudales elevados.

No obstante, las diferencias observadas en caudal simultáneo entre ambos métodos se consideran razonables y justificadas por las fórmulas de cálculo empleadas, sin que ninguno de ellos conduzca a un sobredimensionado ni a un infradimensionado significativo de la instalación.

Asimismo, del análisis realizado se desprende una limitación recurrente en la aplicación del Código Técnico de la Edificación (CTE), ya que, en múltiples ocasiones, no es posible cumplir simultáneamente los rangos de trabajo establecidos para la velocidad (entre 0,5 y 3,50 m/s) y junto con el rango de trabajo de la pendiente hidráulica (entre 30 y 40 mm/m). Esta incompatibilidad evidencia la necesidad de revisar y actualizar los criterios normativos actuales, con el objetivo de adaptarlos a las condiciones reales de diseño y funcionamiento de las instalaciones hidráulicas.

6.2.INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO

En el caso de la instalación de saneamiento, se ha llevado a cabo una comparativa de dimensionado empleando diversos métodos de cálculo con el objetivo de evaluar su coherencia y aplicabilidad práctica.

En este tipo de instalación se han identificado varias problemáticas principales. Por un lado, la discrepancia existente entre el dimensionado mediante el uso de tablas y el dimensionado a través de fórmulas de cálculo; y, por otro, las diferencias derivadas de la determinación de los caudales simultáneos cuando se aplica el método por tablas.

La comparativa entre el método de las unidades de desagüe (UD), correspondiente al método por tablas, y el método mediante fórmula, empleando el método racional simplificado para la estimación de los caudales simultáneos, muestran resultados donde el método por tablas tiende a producir un infradimensionado del diámetro comercial de las conducciones. Esta situación se origina porque las tablas no contemplan las particularidades de uso del edificio, sino que asignan un número de unidades de desagüe por aparato sanitario en función de si el uso es privado o público.

Adicionalmente, se ha realizado una comparativa complementaria aplicando el método racional simplificado y el método establecido en la norma UNE 149201:2017, originalmente concebido para instalaciones de fontanería. Al aplicar esta norma al sistema de saneamiento, los resultados obtenidos son significativamente inferiores a los calculados mediante el método racional simplificado, lo cual corrobora la exclusión del método UNE 149201:2017 para el dimensionado de redes de evacuación.

El programa cypeplumbing ofrece diversas opciones para el cálculo de la simultaneidad de caudales, entre las cuales se incluyen dos métodos adicionales que no habían sido considerados en el presente estudio inicial.

Aprovechando dicha situación, se ha llevado a cabo una comparativa entre estos métodos y el método racional simplificado, con el objetivo de analizar sus diferencias y valorar su idoneidad para el dimensionado de la instalación.

Los resultados obtenidos muestran que los caudales simultáneos obtenidos mediante el método establecido en la norma UNE-EN 12056 tiende a infradimensionar en exceso la instalación, ya que calcula una diferencia poco significativa entre un tramo que transporta únicamente la evacuación de un aparato sanitario y aquél que conduce el agua hasta la acometida general, lo que evidencia una escasa sensibilidad del método frente a variaciones en la configuración del sistema.

Por otro lado, los métodos racional simplificado y Harmon proporcionan resultados más coherentes, pudiendo considerarse ambos como válidos para el dimensionamiento de la instalación. No obstante, cabe destacar que el método de Harmon ofrece una solución más eficiente, al requerir caudales simultáneos ligeramente menores sin comprometer el rendimiento, mientras que el método racional simplificado se sitúa del lado de la seguridad, presentando valores algo más conservadores.

6.3.INSTALACIÓN DE VENTILACIÓN

El dimensionado de la instalación de ventilación se ha llevado a cabo mediante el método de rozamiento constante. Dadas las limitaciones del software cype para aplicar otros procedimientos de cálculo, la comparación se ha realizado empleando dos criterios de diseño distintos. Del análisis efectuado se desprende que ambos métodos ofrecen resultados equivalentes, sin apreciarse diferencias en los diámetros en la mayoría de los tramos.

Esta coincidencia se atribuye a los bajos caudales de aire establecidos tanto para el suministro como para la extracción, resultado de la reducida capacidad de ocupación del edificio y del uso característico asociado a su tipología.

Por tanto, se concluye que, para el caso particular de la presente instalación, cualquiera de los dos criterios resulta válido para el dimensionado, dado que el dimensionado no genera grandes diferencias entre ambos criterios.

6.4.ANÁLISIS GLOBAL

De forma general, se concluye que el edificio seleccionado para el desarrollo del presente proyecto, dadas sus características de uso y tipología, transporta y evacua caudales relativamente pequeños en comparación con otros tipos de edificaciones que presentan mayores demandas hidráulicas.

Por este motivo, los resultados obtenidos y las diferencias detectadas entre los métodos analizados podrían variar significativamente si el estudio se aplicase a un edificio con mayores caudales de evacuación, pudiendo encontrarse diferencias más llamativas.

En definitiva, los análisis realizados ponen de manifiesto la necesidad de adaptar los métodos de cálculo y las tablas de dimensionado a las condiciones reales de uso y simultaneidad de los aparatos sanitarios, con el fin de garantizar el correcto funcionamiento hidráulico de las instalaciones.

7.BIBLIOGRAFÍA

https://www.aquatherm.de/fileadmin/user_upload/Catalogo-Tecnico-aquatherm-green.pdf

https://www.isover.es/productos/climaver-neto#descriptions

https://www.trox.es/instalaci%C3%B3n-en-pared-antepecho-y-conducto/x-grille-basic-614f628676d0717e

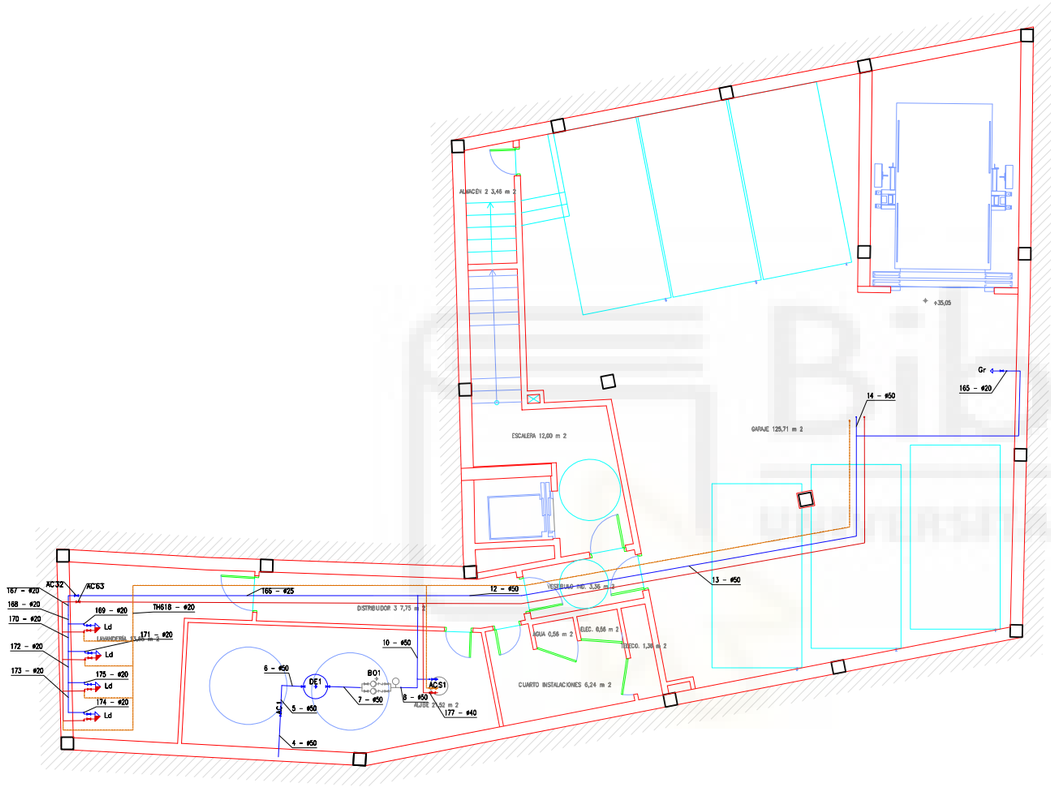
https://www.sasmak.com/rejilla-redonda-blanco-zehnder-venezia-dn-160.html?srsltid=AfmBOoqfxiXzajFIvudmYs_9G-wdL7y7SzQjp0ZKxwUjx357QD7IpYcT

https://www.trox.es/rejas-para-instalaci%C3%B3n-a-intemperie/wg-dd519e9a741f8667

Biblioteca
UNIVERSITAS Miguel Hernández

Producido por una versión educativa de CYPE

Sótano



Simbología		
Tipo	Referencia	Símbolo
Consumo	Lavadora doméstica	
Consumo	Grifo en garaje	
Producción de A.C.S.	Producción de A.C.S. con acumulación	
Accesorio	Llave de local húmedo	
Accesorio	Llave de local húmedo	
Accesorio	Llave de corte general	
Depósito	Depósito auxiliar de alimentación	
Sistema de bombeo	Grupo de presión	
Tubería agua fría	Derivación de aparato	
Tubería agua fría	Local húmedo	
Tramo más desfavorable agua fría	Tubo de alimentación	
Tubería agua caliente	Derivación de aparato	
Tubería agua caliente	Local húmedo	
Tramo más desfavorable agua caliente	Derivación particular	
Tubería retorno de agua caliente	Retorno de A.C.S.	

Consumos		
Ld	Lavadora doméstica	20 mm
Gr	Grifo en garaje	12 mm

Catálogo de tuberías	
Aquatherm green pipe [Serie 5 / SDR 11]	Tubería de polipropileno copolímero random, PP-R, monocapa (S), Serie 5 / SDR 11, opaca, con coeficiente de dilatación térmica 0,15 mm/m°C, de color verde RAL 6018 con 4 franjas azules, fabricada según UNE EN ISO 15874, con certificado AENOR de producto.

Instalación de fontanería
Sótano

Expediente:
378

Situación:
Albacete

Número de plano:
1

Promotor:
Universidad Miguel Hernández

Residencia de estudiantes

Escala:
1/150

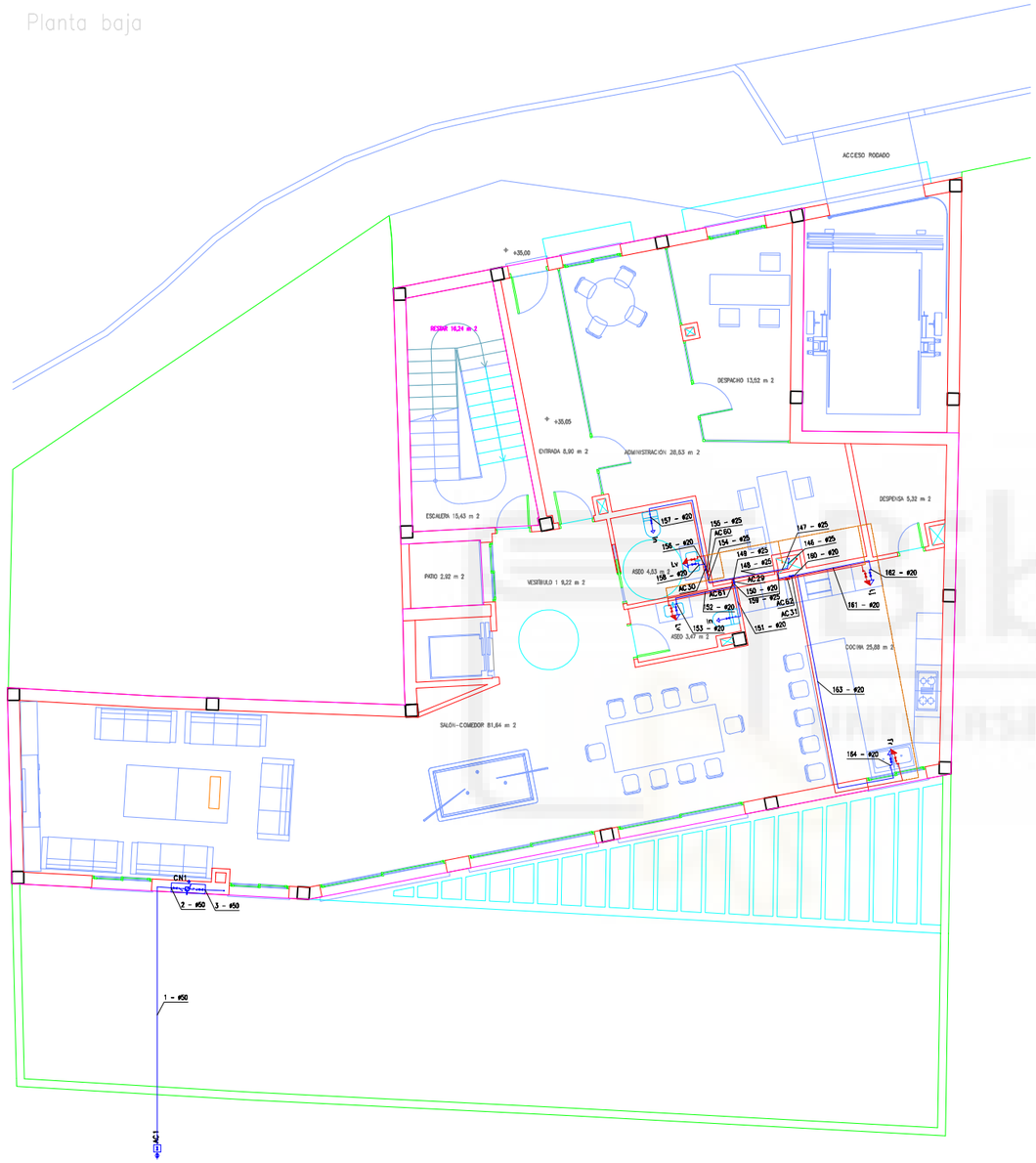
Ingeniera Mecánica
María Cantos Murcia

Fecha:
30/10/2025

Producido por una versión educativa de CYPE
Producido por una versión educativa de CYPE
Producido por una versión educativa de CYPE

Producido por una versión educativa de CYPE

Planta baja



Simbología		
Tipo	Referencia	Símbolo
Consumo	Lavavajillas doméstico	
Consumo	Fregadero doméstico	
Consumo	Lavabo	
Consumo	Inodoro con cisterna	
Punto de acometida	Punto de acometida	
Contador	Preinstalación de contador	
Accesorio	Llave de local húmedo	
Accesorio	Llave de local húmedo	
Tubería agua fría	Derivación de aparato	
Tubería agua fría	Local húmedo	
Tubería agua fría	Tubo de alimentación	
Tubería agua caliente	Derivación particular	
Tubería agua caliente	Derivación de aparato	
Tramo más desfavorable agua fría	Acometida	
Tubería agua caliente	Local húmedo	
Tubería retorno de agua caliente	Retorno de A.C.S.	

Consumos		
Lj	Lavavajillas doméstico	12 mm
Fr	Fregadero doméstico	12 mm
Lv	Lavabo	12 mm
In	Inodoro con cisterna	12 mm

Catálogo de tuberías	
Aquatherm green pipe [Serie 5 / SDR 11]	Tubería de polipropileno copolímero random, PP-R, monocapa (S), Serie 5 / SDR 11, opaca, con coeficiente de dilatación térmica 0,15 mm/m°C, de color verde RAL 6018 con 4 franjas azules, fabricada según UNE EN ISO 15874, con certificado AENOR de producto.

Instalación de fontanería
Planta baja

Expediente:
378

Situación:
Albacete

Número de plano:
2

Promotor:
Universidad Miguel Hernández

Residencia de estudiantes

Escala:
1/150

Ingeniera Mecánica
María Cantos Murcia

Fecha:
30/10/2025

Producido por una versión educativa de CYPE
Producido por una versión educativa de CYPE
Producido por una versión educativa de CYPE

Producido por una versión educativa de CYPE

Planta 1

Simbología		
Tipo	Referencia	Símbolo
Consumo	Lavabo	
Consumo	Ducha	
Consumo	Inodoro con cisterna	
Consumo	Fregadero doméstico	
Accesorio	Llave de abonado, para agua caliente	
Accesorio	Llave de abonado	
Accesorio	Llave de local húmedo	
Accesorio	Llave de local húmedo	
Tubería agua fría	Derivación de aparato	
Tramo más desfavorable agua fría	Local húmedo	
Tubería agua fría	Derivación particular interior	
Tramo más desfavorable agua fría	Tubo de alimentación	
Tramo más desfavorable agua caliente	Derivación particular	
Tubería agua caliente	Derivación de aparato	
Tramo más desfavorable agua caliente	Local húmedo	
Tramo más desfavorable agua caliente	Derivación particular interior	
Tubería retorno de agua caliente	Retorno de A.C.S.	

Consumos		
Lv	Lavabo	12 mm
Du	Ducha	12 mm
In	Inodoro con cisterna	12 mm
Fr	Fregadero doméstico	12 mm

Catálogo de tuberías	
Aquatherm green pipe [Serie 5 / SDR 11]	Tubería de polipropileno copolímero random, PP-R, monocapa (S), Serie 5 / SDR 11, opaca, con coeficiente de dilatación térmica 0,15 mm/m°C, de color verde RAL 6018 con 4 franjas azules, fabricado según UNE EN ISO 15874, con certificado AENOR de producto.

Instalación de fontanería
Planta primera

Expediente:
378

Situación:
Albacete

Número de plano:
3

Promotor:
Universidad Miguel Hernández

Residencia de estudiantes

Escala:
1/150

Ingeniera Mecánica
María Cantos Murcia

Fecha:
30/10/2025

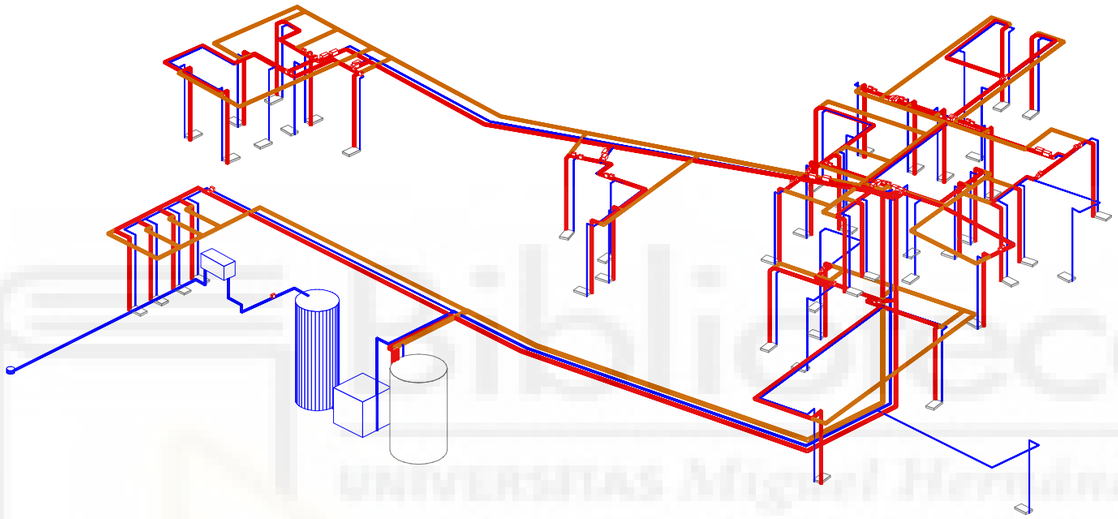
Producido por una versión educativa de CYPE
Producido por una versión educativa de CYPE
Producido por una versión educativa de CYPE

Producido por una versión educativa de CYPE

Producido por una versión educativa de CYPE

Producido por una versión educativa de CYPE

3D

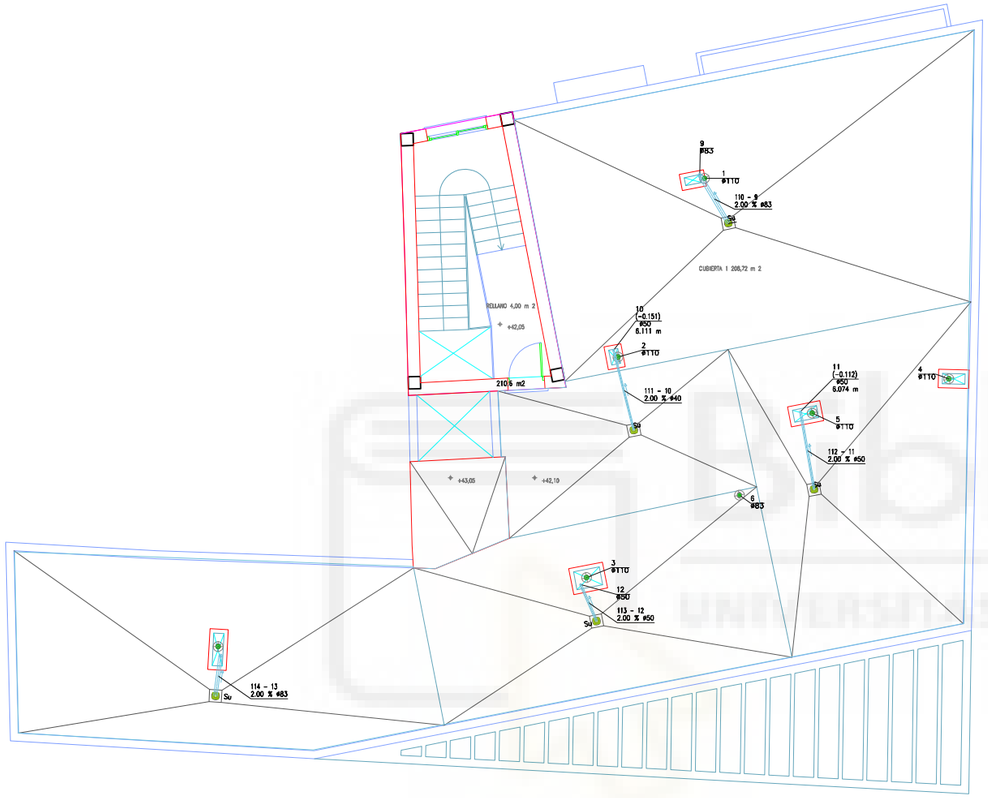


Instalación de fontanería Diseño 3D	Expediente: 378
Situación: Albacete	Número de plano: 4
Promotor: Universidad Miguel Hernández	
Residencia de estudiantes	Escala: 1/150
Ingeniera Mecánica María Cantos Murcia	Fecha: 30/10/2025

Producido por una versión educativa de CYPE

Producido por una versión educativa de CYPE

Cubierta



Simbología		
Accesorio	Aguas residuales y pluviales	
Descarga	Aguas pluviales	
Bajante	Aguas residuales	
Tramo maestro	Aguas pluviales	
Bajante	Aguas pluviales	

Descargas					
Su	Sumidero	Sumidero para uso privado	40 mm	Aguas pluviales	

Tubería horizontal			
Bajante de aguas	Tubería TERRAIN PVC-U FECAL - Aplicación B	Aguas residuales	
Ramal colector (P)	Tubería TERRAIN PVC-U FECAL - Aplicación B	Aguas pluviales	
Bajante de aguas (P)	Tubería TERRAIN PVC-U FECAL - Aplicación B	Aguas pluviales	

Catálogo de tuberías	
Tubería TERRAIN PVC-U FECAL - Aplicación B	Para la aplicación B según UNE-EN 1329-1:2014+A1:2018, capaz de resistir descargas intermitentes de agua a 95°C. Resistencia al fuego B-s1,d0. Color gris RAL 7003.

Instalación de saneamiento
Cubierta

Expediente:
378

Situación:
Albacete

Número de plano:
5

Promotor:
Universidad Miguel Hernández

Residencia de estudiantes

Escala:
1/150

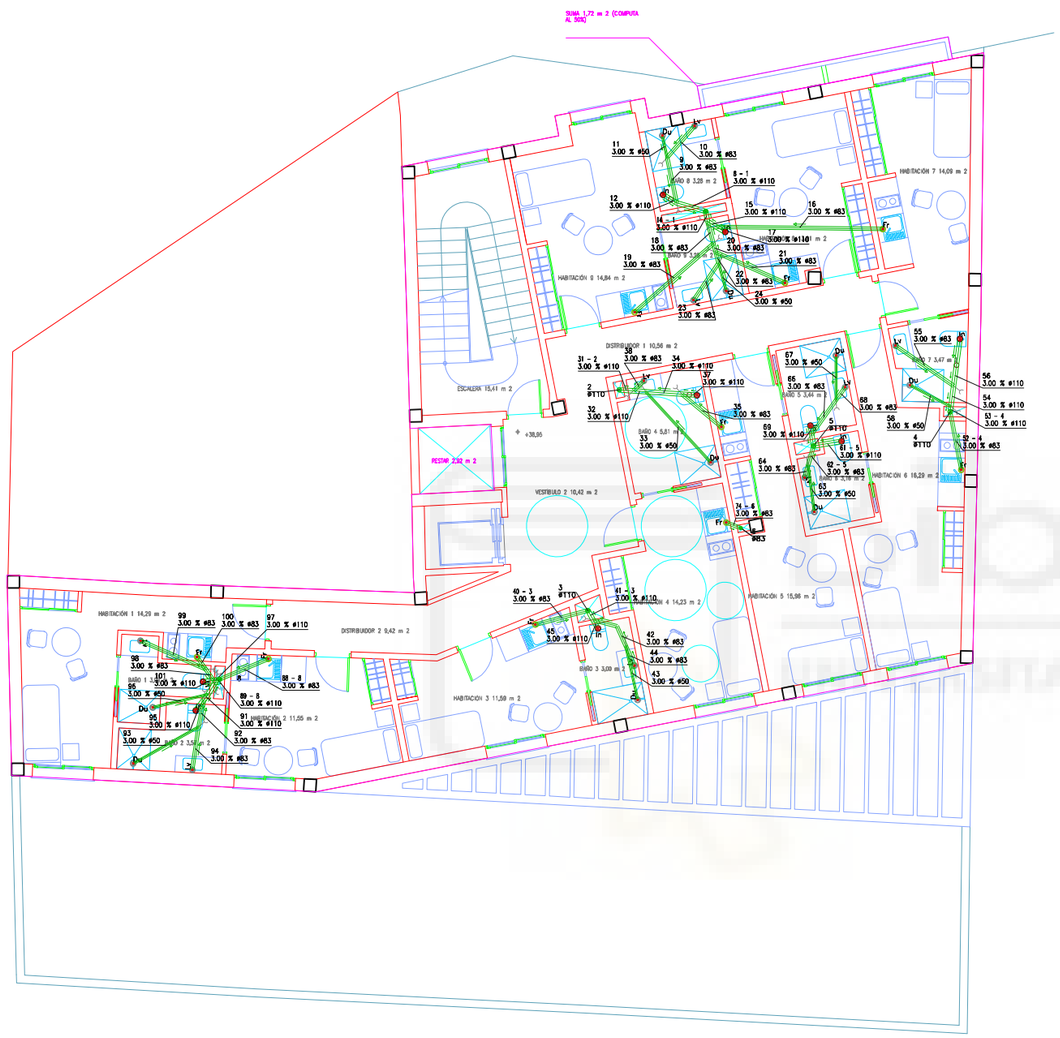
Ingeniera Mecánica
María Cantos Murcia

Fecha:
30/10/2025

Producido por una versión educativa de CYPE
Producido por una versión educativa de CYPE
Producido por una versión educativa de CYPE

Producido por una versión educativa de CYPE

Planta 1



Simbología		
Accesorio	Aguas residuales y pluviales	
Accesorio	Aguas residuales	
Descarga	Aguas residuales	
Descarga	Aguas residuales	
Descarga	Aguas residuales	
Descarga	Aguas residuales	
Bajante	Aguas residuales	
Tubería horizontal	Aguas residuales	
Tubería horizontal	Aguas residuales	
Tramo maestro	Aguas residuales	
Tramo maestro	Aguas residuales	
Bajante	Aguas residuales	

Descargas					
In	Inodoro con cisterna	Inodoro con cisterna, para uso privado	100 mm	Aguas residuales	
Lv	Lavabo	Lavabo para uso privado	32 mm	Aguas residuales	
Du	Ducha	Ducha para uso privado	40 mm	Aguas residuales	
Fr	Fregadero de cocina	Fregadero de cocina, para uso privado	40 mm	Aguas residuales	

Tubería horizontal			
Bajante de aguas	Tubería TERRAIN PVC-U FECAL - Aplicación B	Aguas residuales	
Derivación individual	Tubería TERRAIN PVC-U FECAL - Aplicación B	Aguas residuales	
Ramal colector	Tubería TERRAIN PVC-U FECAL - Aplicación B	Aguas residuales	
Derivación individual	Tubo fonoabsorbente, una boca	Aguas residuales	

Catálogo de tuberías	
Tubería TERRAIN PVC-U FECAL - Aplicación B	Para la aplicación B según UNE-EN 1329-1:2014+A1:2018, capaz de resistir descargas intermitentes de agua a 95°C. Resistencia al fuego B-s1,d0. Color gris RAL 7003.
Tubo fonoabsorbente, una boca	dBlue. Evaluación insonorizada 10 dB a 2 l/s. Fabricado con PP-MD.

Instalación de saneamiento
Planta primera

Expediente:
378

Situación:
Albacete

Número de plano:
6

Promotor:
Universidad Miguel Hernández

Residencia de estudiantes

Escala:
1/150

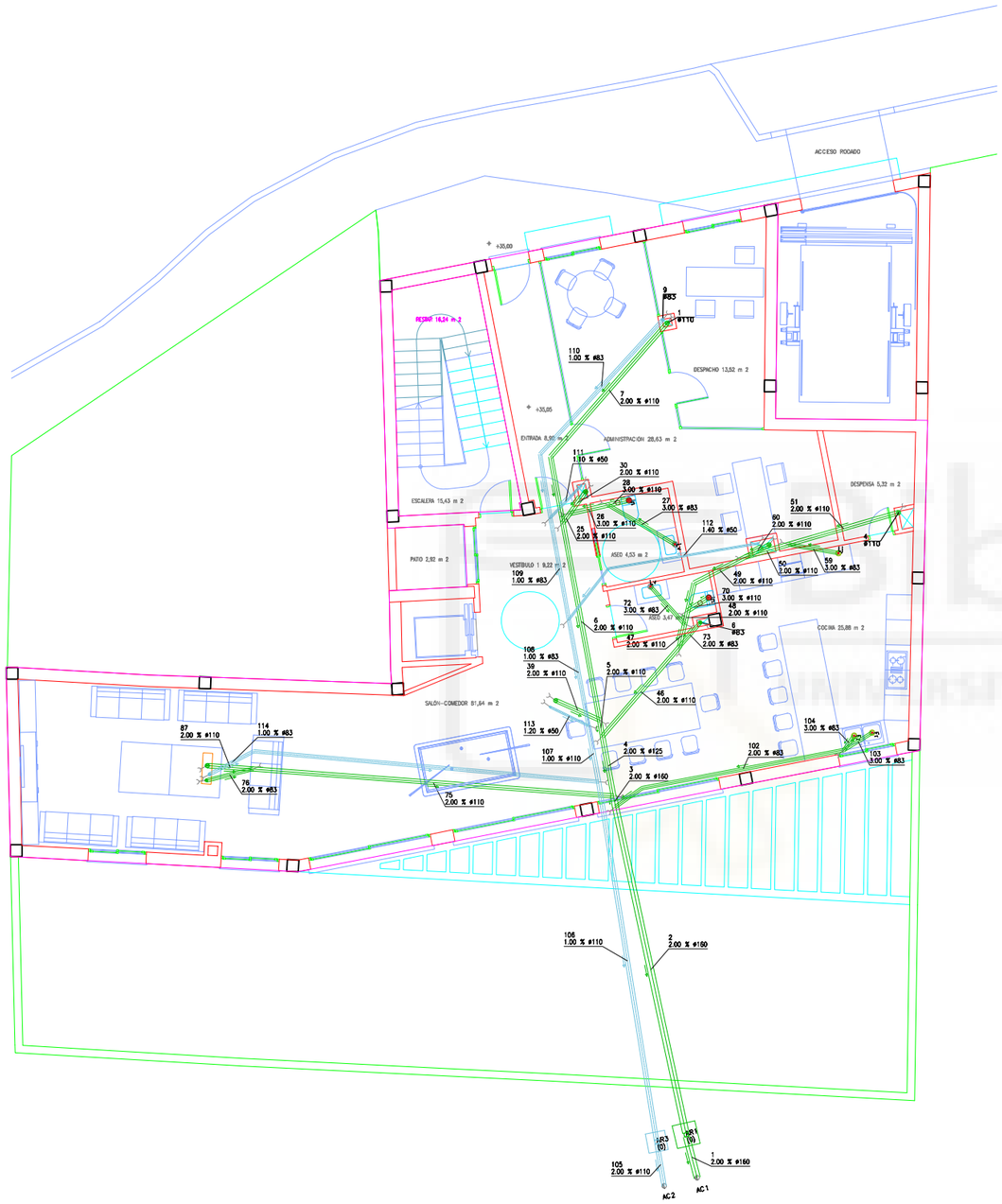
Ingeniera Mecánica
María Cantos Murcia

Fecha:
30/10/2025

Producido por una versión educativa de CYPE
Producido por una versión educativa de CYPE
Producido por una versión educativa de CYPE

Producido por una versión educativa de CYPE

Planta baja



Catálogo de tuberías	
Tubería TERRAIN PVC-U FECAL - Aplicación B	Para la aplicación B según UNE-EN 1329-1:2014+A1:2018, capaz de resistir descargas intermitentes de agua a 95°C. Resistencia al fuego B-s1,d0. Color gris RAL 7003.
Tubo fonoabsorbente, una boca	dBlue. Evaluación insonorizada 10 dB a 2 l/s. Fabricado con PP-MD.

Simbología		
Punto de acometida	Aguas residuales y pluviales	
Arqueta	Aguas residuales	
Arqueta	Aguas pluviales	
Accesorio	Aguas residuales y pluviales	
Accesorio	Aguas residuales	
Descarga	Aguas residuales	
Descarga	Aguas residuales	
Descarga	Aguas residuales	
Descarga	Aguas residuales	
Bajante	Aguas residuales	
Tramo maestro	Aguas residuales	
Tubería horizontal	Aguas residuales	
Tramo maestro	Aguas residuales	
Tramo maestro	Aguas residuales	
Tubería horizontal	Aguas residuales	
Bajante	Aguas residuales	
Tubería horizontal	Aguas pluviales	
Tramo maestro	Aguas pluviales	
Bajante	Aguas pluviales	
Tramo maestro	Aguas residuales	
Tramo maestro	Aguas pluviales	

Tubería horizontal			
Bajante de aguas	Tubería TERRAIN PVC-U FECAL - Aplicación B	Aguas residuales	
Colector colgado	Tubería TERRAIN PVC-U FECAL - Aplicación B	Aguas residuales	
Derivación individual	Tubería TERRAIN PVC-U FECAL - Aplicación B	Aguas residuales	
Ramal colector	Tubería TERRAIN PVC-U FECAL - Aplicación B	Aguas residuales	
Derivación individual	Tubo fonoabsorbente, una boca	Aguas residuales	
Colector colgado (P)	Tubería TERRAIN PVC-U FECAL - Aplicación B	Aguas pluviales	
Bajante de aguas (P)	Tubería TERRAIN PVC-U FECAL - Aplicación B	Aguas pluviales	
Colector enterrado	Tubería TERRAIN PVC-U FECAL - Aplicación B	Aguas residuales	
Colector enterrado (P)	Tubería TERRAIN PVC-U FECAL - Aplicación B	Aguas pluviales	

Descargas					
In	Inodoro con cisterna	Inodoro con cisterna, para uso privado	100 mm	Aguas residuales	
Lj	Lavavajillas	Lavavajillas para uso privado	40 mm	Aguas residuales	
Fr	Fregadero de cocina	Fregadero de cocina, para uso privado	40 mm	Aguas residuales	
Lv	Lavabo	Lavabo para uso privado	32 mm	Aguas residuales	

Arquetas					
AR1	Arqueta de paso	Arqueta de paso, de obra de fábrica	0.6x0.6x0.55m	Aguas residuales	
AR3	Arqueta de paso (P)	Arqueta de paso, de obra de fábrica	0.5x0.5x0.35m	Aguas pluviales	

Instalación de saneamiento
Planta baja

Expediente:
378

Situación:
Albacete

Número de plano:
7

Promotor:
Universidad Miguel Hernández

Residencia de estudiantes

Escala:
1/150

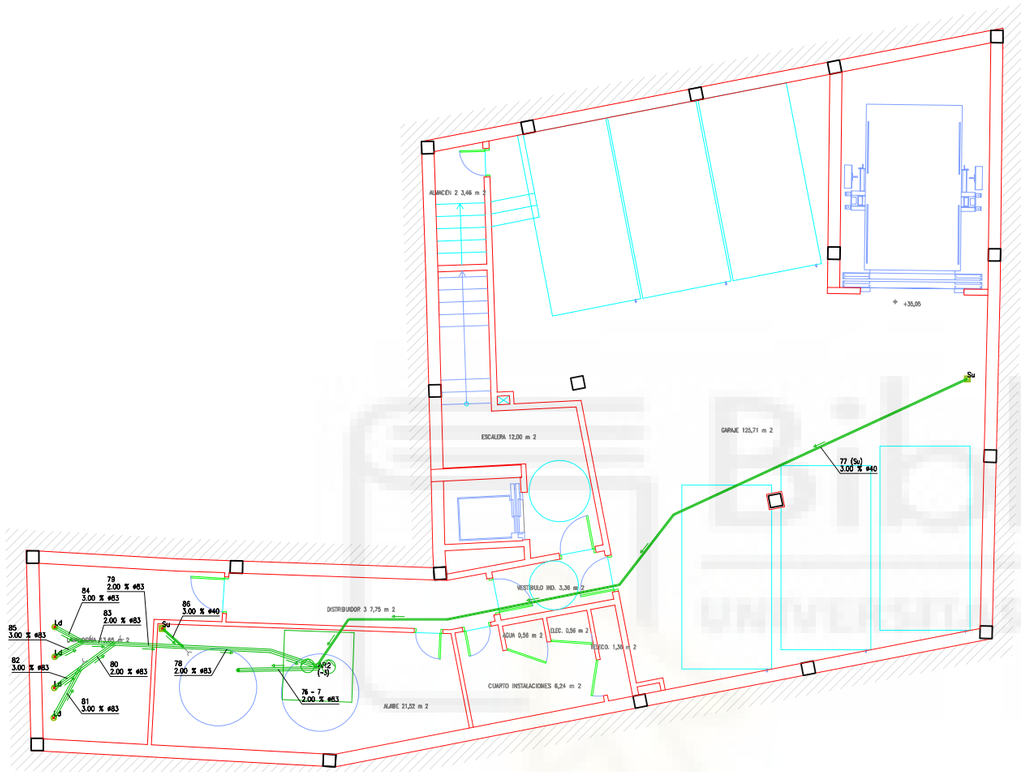
Ingeniera Mecánica
María Cantos Murcia

Fecha:
30/10/2025

Producido por una versión educativa de CYPE
Producido por una versión educativa de CYPE
Producido por una versión educativa de CYPE

Producido por una versión educativa de CYPE

Sótano



Simbología		
Arqueta	Aguas residuales	
Accesorio	Aguas residuales y pluviales	
Descarga	Aguas residuales	
Descarga	Aguas residuales	
Tramo maestro	Aguas residuales	
Tubería horizontal	Aguas residuales	
Tubería horizontal	Aguas residuales	
Tramo maestro	Aguas residuales	
Tramo maestro	Aguas residuales	
Bajante	Aguas residuales	
Bajante	Aguas residuales	

Descargas					
Ld	Lavadora	Lavadora para uso privado	40 mm	Aguas residuales	
Su	Sumidero sifónico	Sumidero sifónico, para uso privado	40 mm	Aguas residuales	

Tubería horizontal			
Derivación individual	Tubería TERRAIN PVC-U FECAL - Aplicación B	Aguas residuales	
Colector colgado	Tubería TERRAIN PVC-U FECAL - Aplicación B	Aguas residuales	
Colector enterrado	Tubería TERRAIN PVC-U FECAL - Aplicación B	Aguas residuales	
Bajante de aguas	Tubería TERRAIN PVC-U FECAL - Aplicación B	Aguas residuales	
Derivación individual	Tubo fonoabsorbente, una boca	Aguas residuales	

Arquetas					
AR2	Arqueta de bombeo	Arqueta de bombeo, de obra de fábrica	1.7x1.7x0.55m	Aguas residuales	

Catálogo de bombas de presión	
Tipo 4 (1,4 kW)	Electrobombas sumergibles

Catálogo de tuberías	
Tubería TERRAIN PVC-U FECAL - Aplicación B	Para la aplicación B según UNE-EN 1329-1:2014+A1:2018, capaz de resistir descargas intermitentes de agua a 95°C. Resistencia al fuego B-s1,d0. Color gris RAL 7003.
Tubo fonoabsorbente, una boca	dBlue. Evaluación insonorizada 10 dB a 2 l/s. Fabricado con PP-MD.

Instalación de saneamiento
Sótano

Expediente:
378

Situación:
Albacete

Número de plano:
8

Promotor:
Universidad Miguel Hernández

Residencia de estudiantes

Escala:
1/150

Ingeniera Mecánica
María Cantos Murcia

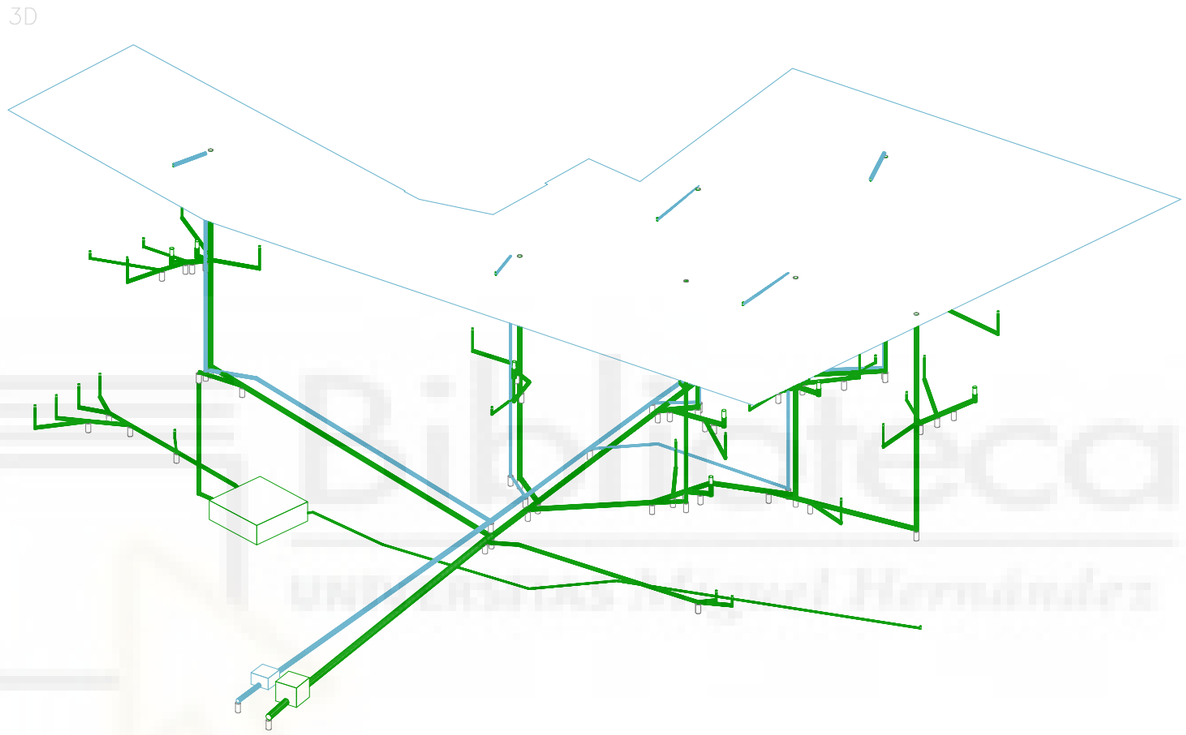
Fecha:
30/10/2025

Producido por una versión educativa de CYPE
Producido por una versión educativa de CYPE
Producido por una versión educativa de CYPE

Producido por una versión educativa de CYPE

Producido por una versión educativa de CYPE

Producido por una versión educativa de CYPE

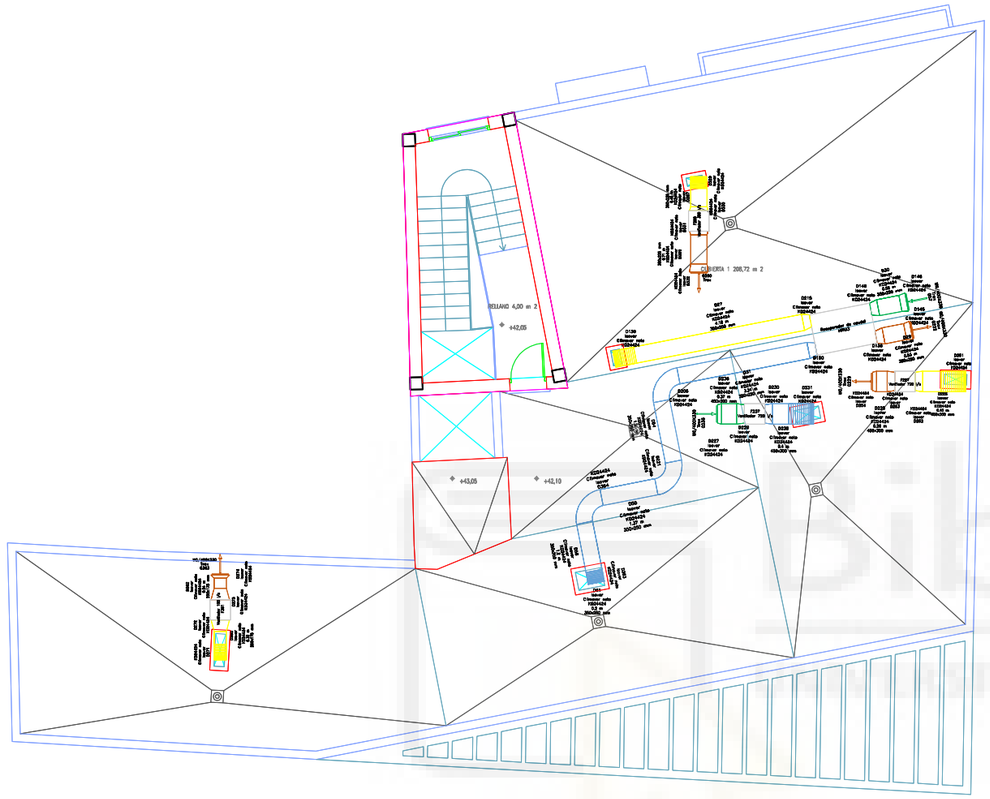


Instalación de saneamiento Diseño 3D	Expediente: 378
Situación: Albacete	Número de plano: 9
Promotor: Universidad Miguel Hernández	
Residencia de estudiantes	Escala: 1/150
Ingeniera Mecánica María Cantos Murcia	Fecha: 30/10/2025

Producido por una versión educativa de CYPE

Producido por una versión educativa de CYPE

Cubierta



Simbología	
Aire exterior (ODA)	
Aire de impulsión (SUP)	
Aire de extracción (ETA)	
Aire de expulsión (EHA)	
Equipos	

Biblioteca
Universidad Miguel Hernández

Instalación de ventilación Cubierta	Expediente: 378
Situación: Albacete	Número de plano: 10
Promotor: Universidad Miguel Hernández	
Residencia de estudiantes	Escala: 1/150
Ingeniera mecánica María Cantos Murcia	Fecha: 30/10/2025

Producido por una versión educativa de CYPE
Producido por una versión educativa de CYPE
Producido por una versión educativa de CYPE

Producido por una versión educativa de CYPE

Planta 1

Simbología	
Aire exterior (ODA)	
Aire de impulsión (SUP)	
Aire de extracción (ETA)	
Aire de expulsión (EHA)	
Equipos	

Instalación de ventilación Planta primera	Expediente: 378
Situación: Albacete	Número de plano: 11
Promotor: Universidad Miguel Hernández	
Residencia de estudiantes	Escala: 1/150
Ingeniera mecánica María Cantos Murcia	Fecha: 30/10/2025

Producido por una versión educativa de CYPE

Producido por una versión educativa de CYPE

Producido por una versión educativa de CYPE

Producido por una versión educativa de CYPE

Planta baja

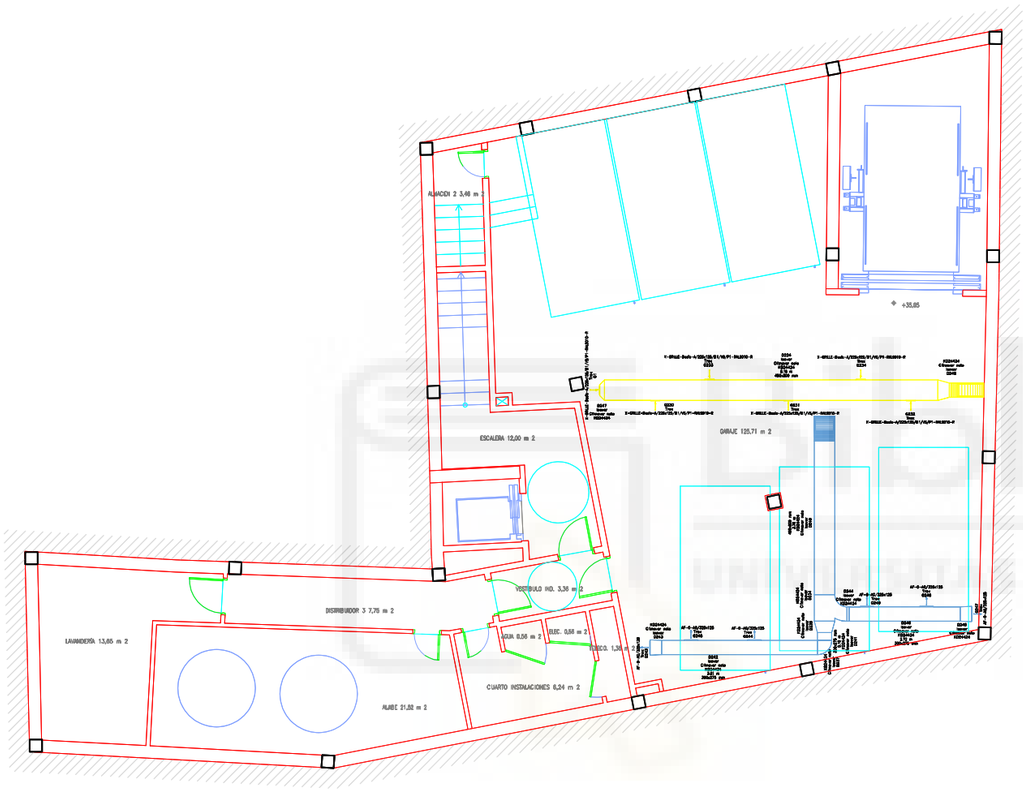
Simbología	
Aire exterior (ODA)	
Aire de impulsión (SUP)	
Aire de extracción (ETA)	
Aire de expulsión (EHA)	
Equipos	

Instalación de ventilación Planta baja	Expediente: 378
Situación: Albacete	Número de plano: 12
Promotor: Universidad Miguel Hernández	
Residencia de estudiantes	Escala: 1/150
Ingeniera mecánica María Cantos Murcia	Fecha: 30/10/2025

Producido por una versión educativa de CYPE
Producido por una versión educativa de CYPE
Producido por una versión educativa de CYPE

Producido por una versión educativa de CYPE

Sótano



Simbología	
Aire exterior (ODA)	
Aire de impulsión (SUP)	
Aire de extracción (ETA)	
Aire de expulsión (EHA)	
Equipos	

Instalación de ventilación Sótano	Expediente: 378
Situación: Albacete	Número de plano: 13
Promotor: Universidad Miguel Hernández	
Residencia de estudiantes	Escala: 1/150
Ingeniera mecánica María Cantos Murcia	Fecha: 30/10/2025

Producido por una versión educativa de CYPE
Producido por una versión educativa de CYPE
Producido por una versión educativa de CYPE