



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Estrategias de optimización del drenaje y uso del agua: el Parque Pignatelli como caso de estudio en el ámbito de la ciudad de Zaragoza

Strategies for the optimization of water drainage and use: the Pignatelli Park as a case study in the city of Zaragoza

Autora
Irene Cobo Pérez

Directora
Almudena Espinosa Fernández

Co-Directora
Marta Gómez Gil

ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Curso 2022 / 2023



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe remitirse a seceina@unizar.es dentro del plazo de depósito)

TRABAJOS DE FIN DE GRADO / FIN DE MÁSTER

D./D^a. Irene Cobo Pérez ,

en aplicación de lo dispuesto en el art. 14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de Estudios de la titulación de
Estudios en Arquitectura (Título del Trabajo)

Estrategias de optimización del drenaje y uso del agua: el Parque Pignatelli como caso de estudio en el ámbito de la ciudad de Zaragoza

Strategies for the optimization of water drainage and use: the Pignatelli Park as a case study in the city of Zaragoza

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, 30 de agosto de 2023

Fdo: Irene Cobo Pérez

ESTRATEGIAS DE OPTIMIZACIÓN DEL DRENAJE Y USO DEL AGUA:

EL PARQUE PIGNATELLI COMO CASO DE ESTUDIO EN EL ÁMBITO DE LA CIUDAD DE ZARAGOZA

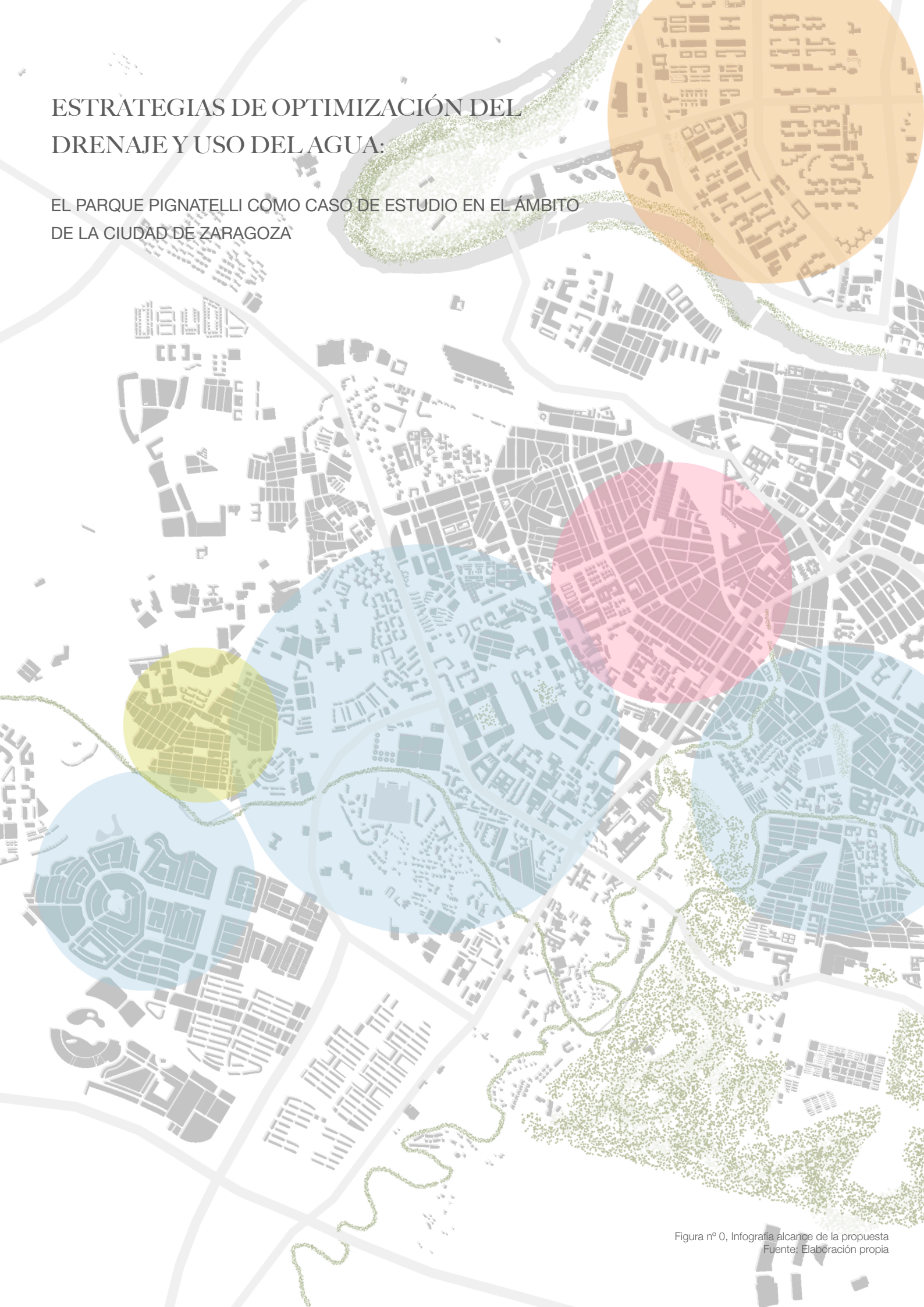


Figura nº 0, Infografía alcance de la propuesta
Fuente: Elaboración propia

MOTIVACIONES

Siempre se ha escuchado la importancia de luchar contra el cambio climático, el calentamiento global... han sido temas recurrentes y conocidos por todo el mundo. Desde el colegio tratan de inculcar unos comportamientos sensibles a esta situación, se inculcan hábitos y se realiza una labor de concienciación.

Por parte de las autoridades, cada vez son más sonadas ciertas medidas para combatir esta realidad. Desde el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD) se llevan a cabo una serie de planes como la compensación de la Huella de Carbono, medidas para sustituir vehículos muy contaminantes (desde la renovación de tractores hasta el fomento de medios de transporte con menor impacto ambiental), planes que tratan de reducir las emisiones contaminantes del sector turístico español... (1).

Por otra parte, en el sector de la arquitectura y la construcción, existen una serie de normas, algunas vienen impuestas por el CTE (que presenta un documento explícito para el ahorro de energía (DB HE) y otras son avaladas por Estándares y Certificaciones de Sostenibilidad como BREEAM, Passive House Institute, Activehouse, GBCe, VERDE...

Desde que estalló la guerra en Ucrania el pasado febrero de 2022, la energía ha sido una gran preocupación a nivel europeo. Servicios que se creían asegurados como la luz y el gas han subido exponencialmente de precio, volviéndose inalcanzables para algunas familias. Esta situación provocó una gran alarma, lo que hizo que las autoridades impusieran desde ese mismo verano, una serie de medidas para el ahorro de energía, generando debate en nuestra sociedad.

Esta situación me hizo reflexionar acerca de los recursos que disponemos. Estamos acostumbrados a pulsar botones y que las luces se enciendan, de la misma manera que cuando abrimos un grifo esperamos que salga el agua. Actualmente, España sufre uno de los periodos con más sequías de la historia y pensamos que por tener dinero para pagar una factura somos dueños de los bienes.

El cambio climático ha supuesto una alteración del régimen pluvial, prolongando y haciendo más severos los periodos de sequías y lluvias torrenciales. Cada vez los veranos son más secos y severos y los periodos de lluvias y tormentas más destructoras. Existe muy poco porcentaje de agua pluvial reutilizado en nuestro día a día y numerosas actividades en las que se desperdicia el agua potable.

Los recursos son limitados, y es posible que pronto se produzcan escaseces hídricas mayores. Por ello, nuestras ciudades deben adaptarse a los cambios que se están produciendo para optimizar los medios que nos ofrece el planeta.

ÍNDICE

- 0. RESUMEN
- 1. GLOSARIO
- 2. INTRODUCCIÓN
 - 2.1 CONTEXTO ACTUAL
 - 2.2 FENÓMENOS CLIMÁTICOS EN LAS CIUDADES
 - 2.3 PROBLEMÁTICA DEL DRENAJE URBANO
 - 2.4 ¿QUÉ DICE EUROPA?
 - 2.5 SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE
 - 2.6 IMPLANTACIÓN DE SUDS, EJEMPLO
- 3. METODOLOGÍA
 - 3.1 ANÁLISIS DEL ÁREA URBANA
 - 3.2 PLANTEAMIENTO DE LOS PARÁMETROS A ESCALA DE EFICACIA
 - 3.3 AGUA PLUVIAL
 - 3.4 AGUA RECIRCULADA
- 4. CASO PRÁCTICO
 - 4.1 DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO
 - 4.1.1 INTRODUCCIÓN
 - 4.1.2 ANÁLISIS DEL ÁREA URBANA
 - 4.1.3 PROPUESTA ACTUAL DE PROYECTO
 - 4.2 PROPUESTAS DE MEJORA MEDIANTE LA INTRODUCCIÓN DE SISTEMAS PARA EL AHORRO HÍDRICO
 - 4.2.1 PLANTEAMIENTO DE LOS PARÁMETROS
 - 4.2.2 AGUA PLUVIAL
 - 4.2.3 AGUA RECIRCULADA
 - 4.2.4 PROPUESTAS COMPLEMENTARIAS EN EL PARQUE URBANO
- 5. CONCLUSIONES
 - 5.1 ALCANCE INDIVIDUAL
 - 5.2 ALCANCE COLECTIVO
- 6. REFERENCIAS
- 7. ANEXOS

0. RESUMEN

El presente trabajo aborda la escasez de recursos hídricos y su relación con el cambio climático a través de un análisis previo. Se busca el inicio de la alteración, desde cuándo sucede y los motivos que dieron lugar al nuevo paradigma.

Partiendo de los problemas actuales, se encuentran algunas de las razones que fundamentan la situación actual. La observación y el análisis son las estrategias que dan cuerpo a este ámbito del trabajo.

Las inundaciones y las sequías se convierten en las protagonistas del capítulo y el despliegue de estas proporciona una larga lista de factores que las agravan. La alteración de escorrentía natural, la construcción en zonas inundables o la impermeabilización de las calles son algunas de estas.

Se buscan medidas que traten de combatir el problema estudiado, desde estrategias y planes de acción europeos hasta modelos más sencillos que a través de pequeñas actuaciones luchan contra esta realidad.

Los Sistemas Urbanos de Desarrollo Sostenible (SUDS) aparecen como una alternativa eficaz y amplia para su implantación en futuros proyectos.

A través de los SUDS, se realiza una re-lectura crítica sobre un proyecto de la ciudad de Zaragoza en la que se tratan de implementar los sistemas expuestos a lo largo de la memoria del trabajo. El ejercicio explora las posibilidades analizadas y trata de desarrollarla en un caso real.

1. GLOSARIO

A lo largo de este breve capítulo se introducirán una serie de conceptos clave para la comprensión del trabajo.

- **Red de saneamiento:** Se trata del sistema de recogida de aguas.
Será una red unitaria cuando las aguas residuales de la vivienda y las precipitaciones pluviales vayan por el mismo conducto. También existen redes separativas, las cuales diferencian el conducto de las aguas negras y las aguas pluviales.
Las redes de saneamiento constituyen un papel fundamental en el drenaje sostenible de la ciudad ya que su evolución incorporaría un gran avance en el reciclaje de aguas, evitaría la contaminación difusa, facilitaría la limpieza de las aguas y depuradoras etc. Sin embargo, a día de hoy las redes de alcantarillado de las ciudades continúan siendo unitarias y su adaptación es complicada y de costes elevados.
- **Aguas grises:** Las aguas grises son aquellas aguas residuales que si bien están contaminadas, su carga fecal es muy inferior al de las aguas negras. Son aquellas provenientes de lavamanos, duchas, fregaderos, lavadoras etc.
Son clave en el desarrollo del caso de estudio ya que se pueden reciclar para usos como el WC. No obstante, no todas las aguas grises son aptas para ello puesto que algunas contienen altos niveles de detergentes como las provenientes de la lavadora o lavavajillas.
- **Aguas negras:** También llamadas aguas fecales, son aquellas aguas residuales con alto porcentaje de residuo fecal, contienen una alta presencia de agentes tóxicos y nocivos para su consumo. Estas deben eliminarse ya que su reciclaje es difícil en un uso doméstico.
- **Desplazamiento climático:** Se trata de un fenómeno que se caracteriza por los cambios estacionales a largo plazo. Estas variaciones en temperatura y periodos de lluvias, inicialmente se producían debido a procesos naturales, sin embargo, debido a la acción humana y la revolución industrial se ha acelerado la transformación.
Uno de los efectos secundarios más conocidos son los refugiados climáticos; personas que se ven obligadas a dejar sus regiones debido a la dificultad para vivir.
- **Drenaje urbano:** Se trata de una serie de medidas que administran y gestionan la evacuación de aguas en la ciudad.
- **Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible:** Se trata de una serie de mecanismos que buscan una mayor eficacia y optimización en los procesos hídricos. Toman como referencia, modelos similares a los que propone la economía circular, buscando un retorno a soluciones naturales y lógicas.
Los SUDS recogen un gran número de soluciones que tienen un común denominador: el acopio de las precipitaciones tan pronto como sea posible para evitar la contaminación difusa, tratar el

agua y ponerla a circular dentro de la vida pública. Algunos ejemplos son las cubiertas vegetales, pavimentos drenantes, cunetas verdes, jardines de lluvia...

- **Impermeabilidad de las calles:** Se trata de una de las características principales de las urbes contemporáneas. Esta cualidad dificulta la absorción de precipitaciones y por ello, se producen inundaciones y anegaciones en periodos de lluvias torrenciales.

Las calles están en su mayoría pavimentadas o asfaltadas, por lo contrario, si presentasen un mayor porcentaje de superficie verde o de grava, sería más fácil administrar las precipitaciones.

- **Contaminación difusa:** En el presente trabajo, la contaminación difusa habla del fenómeno que se produce cuando las aguas pluviales alcanzan superficies "contaminadas". Se trata de uno de los problemas que conlleva la falta de captación de aguas pluviales, las redes unitarias y la impermeabilidad en las calles.

Las aguas no contaminadas se juntan con las mermadas puesto que no existe ningún mecanismo previo que las retenga y ponga en funcionamiento.

- **Escorrentía natural:** Da nombre al fenómeno por el cual las aguas pluviales discurren por gravedad a través de un terreno natural sin previas modificaciones. Se trata de un proceso importante a la hora de comprender el drenaje de la ciudad. Su alteración puede producir grandes problemas de inundaciones, por el contrario, puede ser beneficiosa si se estudia el terreno y el entorno.

2. INTRODUCCIÓN

2.1 CONTEXTO ACTUAL

El concepto de **cambio climático** siempre ha rondado por la mente de la población, ha sido una idea recurrente, recurrente en telediarios y medios de comunicación. Se ha presentado como un escenario dantesco y lejano. Se hablaba del aumento de temperaturas, el cambio en los regímenes de estaciones y periodos estacionarios más intensos pero siempre parecía un problema a futuro que podíamos solucionar disminuyendo nuestra huella de carbono.

Si bien esto es cierto, en los últimos años el cambio climático se ha presentado en nuestra vida casi sin darnos cuenta.

Las **grandes variaciones de temperaturas en cortos periodos de tiempo**, las **intensas olas de calor** del verano pasado, las **sequías** que se han vivido y seguimos presenciando este año, los **bosques devastados por el fuego...** no son fruto de casualidad. Finalmente el cambio climático ha dejado de ser un mito y se ha presentado en la cotidianidad de la vida.

Simplificando el problema, podemos encontrar el origen de este suceso en la quema de combustibles fósiles, los cuales producen la emisión de gases de efecto invernadero. El aumento de estos gases produce, entre otros efectos, temperaturas más elevadas. Actualmente la Tierra es 1,1 °C más caliente que a finales del siglo XIX, es decir, antes de la revolución industrial. (2)

DESPLAZAMIENTO DEL CLIMA

Se está produciendo un desplazamiento del clima.

La Tierra trabaja como un conjunto, es un sistema en el que todo está conectado, por ende, este incremento de temperaturas supone una repercusión en los ciclos y estaciones, haciéndolas cada vez más extremas.

Poco a poco desaparecen las estaciones más suaves, dando paso a cambios de temperaturas más bruscos, épocas de sequía extrema que dan paso a lluvias torrenciales, corrimientos de tierra provocados por inundaciones, grandes incendios etc.

El Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente ha elaborado un documento en el que confirma estos movimientos, produciéndose en promedio global y por década 17 kilómetros hacia los polos y ascensos en altitud de 11 m. Esto significa que poco a poco, el clima de la Península Ibérica se asemejará más al del Sáhara, mientras que el de Irlanda y Reino Unido al nuestro.

En las últimas décadas se ha producido un aumento de intensidad en el ciclo de precipitación debido al aumento de temperaturas. El agua circula por el ambiente a través de fenómenos como la evaporación, condensación, precipitación o transpiración y en este proceso toman parte

elementos como la vegetación, el océano, la tierra, depósitos de hielo etc. Con el incremento de temperaturas, en las últimas décadas se ha producido un aumento general de las tasas de precipitación y evaporación. (3)

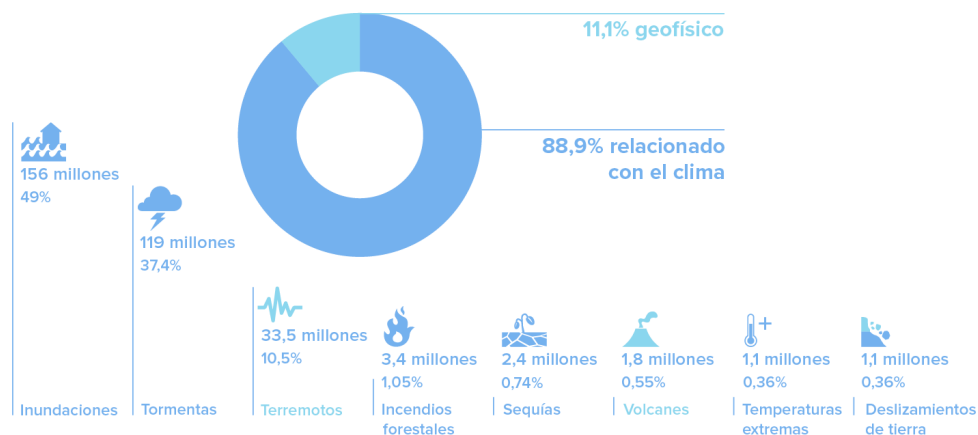


Figura nº 1, Nuevos desplazamientos por desastres: desglosado por amenazas (2008-2020) En línea. (International Displacement. Org)

2.2 FENÓMENOS CLIMÁTICOS EN LAS CIUDADES

Este nuevo paradigma implica una revisión de la constitución de las ciudades. Se ha de dotar a las construcciones de medios para gestionar el agua de una manera eficiente.

Partiendo de lo general a lo particular; **el sistema urbano debe dar cabida a un sistema de drenaje natural y posterior recogida para su almacenaje.** En términos más particulares a nivel de edificio, se han de buscar medidas que permitan el uso de ese agua pluvial y su posterior recirculación como medio de aprovechamiento.

Las ciudades deben ser capaces de captar los recursos de los que disponen para poder utilizarlos en el beneficio de la población, disminuyendo así la demanda de medios exteriores.

Se ha de proyectar de manera responsable, tratando de hacer las áreas urbanas seguras y sostenibles. Este nuevo paradigma requiere una manera diferente de pensar, tratando la ciudad y el edificio como un todo en el que trabajen en sintonía.



Figura nº 2, Infografía aguas pluviales Fuente: Elaboración propia

2.3 PROBLEMÁTICA DEL DRENAJE URBANO

Debido a la alteración del régimen de lluvias, **las ciudades están presentando una serie de problemas debidos a su dificultad por adaptarse al medio. La preocupación se centra principalmente en las inundaciones y las sequías.**

Aunque las **inundaciones** se producen mayoritariamente debido a lluvias torrenciales o deshielos tempranos, existen factores que agravan esta situación.

Ejemplo de ello es la **impermeabilidad de las calles**. El desarrollo urbanístico y el crecimiento de las ciudades han provocado el sellado de grandes extensiones a través de superficies estancas y nuevas infraestructuras viarias.

Cada vez que llueve en las urbes no existe ningún sistema capaz de drenar el agua, las aceras se han vuelto impermeables, imposibilitando la recogida de este agua para su posterior uso y creando zonas inundadas que dificultan las acciones cotidianas.

La gran parte de las áreas urbanas presentan un **déficit de zonas verdes** capaces de absorber de manera orgánica el agua de la lluvia. Los jardines no tienen en la ciudad únicamente un papel ornamental, también son una vía que ayuda a gestionar el exceso de precipitaciones. A su vez, son una alternativa para mejorar la calidad del aire, mitigar el calentamiento urbano mejorando el confort térmico, aumentar el aislamiento acústico...

Por otro lado, la creación de infraestructuras viarias, ha provocado en ocasiones una **alteración del drenaje natural**. Las nuevas vías suponen una segmentación del recorrido habitual, inundando zonas que hasta entonces no habían tenido problemas y generando acumulaciones de agua que anteriormente no existían. Se han creado barreras que dificultan el paso inherente en el agua.

Para finalizar, otro de los problemas que ha provocado anegaciones en las urbes ha sido la **construcción en zonas de riesgo de inundación**. La construcción próxima a las riberas, ha destruido los límites naturales del río, instalando dichas edificaciones en una situación de riesgo frente a los desbordamientos.

Por otra parte, la **sequía** también es un grave problema en la vida de las ciudades. Con el aumento de los periodos climatológicos extremos, la población europea corre riesgo de escasez hídrica. Tras las olas de calor y las épocas de sequía extrema, la demanda del agua debe ajustarse de una manera más limitada a los recursos disponibles.

Uno de los problemas que afectan a la sequía es el **déficit de captación de aguas pluviales**. Existe una falta de preocupación a nivel de edificio de tratar y reutilizar el agua de captación pluvial.

Esta podría ser empleada en usos como el riego de jardines, el abastecimiento de inodoros o la limpieza de zonas públicas.

Sin embargo, una vez recogida este agua, independientemente del sistema de drenaje del edificio, se dirige a la red de drenaje municipal, produciéndose el **fenómeno de contaminación difusa**. Se trata de un proceso de polución del agua sin un punto de origen determinado sino que se genera en amplias superficies. Esto también implica un esfuerzo mayor por parte de las depuradoras para limpiar y filtrar el agua. Pasamos de obtener un agua pluvial potencialmente aprovechable para ciertos usos, a tener un agua contaminada que debemos tratar. (4)

A su vez, **las redes de saneamiento son principalmente unitarias**. Esto significa que, a diferencia de las separativas, solo existe un único conducto para evacuar las aguas contaminadas y las pluviales, lo que implica una contaminación directa de aquellas precipitaciones relativamente limpias.

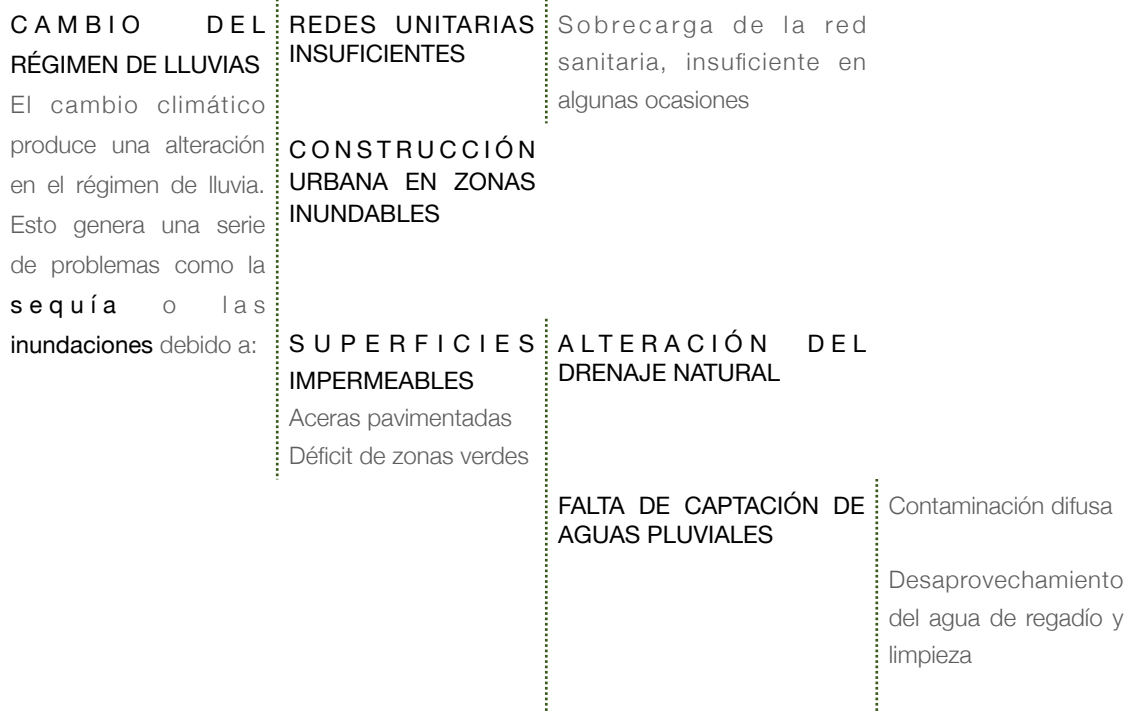


Tabla nº 1, Problemática del drenaje urbano
Fuente: Elaboración propia

2.4 ¿QUÉ DICE EUROPA?

Cada día son más recurrentes las normativas europeas en cuanto al ahorro de energía y optimización de recursos. En este tipo de medidas se está empezando a prever un escenario en el que la escasez de electricidad y la carencia de materias primas condicionan la construcción y nuestra vida cotidiana. Algunas de estas estrategias y planes de acción son:

- **Objetivos de desarrollo sostenible (ODS).** Desde 2015, la ONU adoptó una serie de medidas que tienen como fin acabar con la pobreza, proteger el planeta y asegurar una continuidad del mundo. Abordan aspectos muy generales en diecisiete puntos distintos. Aunque el apartado 6 y 14 hablan del agua en distintos aspectos, es el objetivo 11 el que se centra en alcanzar ciudades más sostenibles y resilientes. Este a su vez se desglosa en diferentes aspectos muy generales que hablan de la desigualdad entre personas, el cambio climático y cómo este afecta a la seguridad de la población y la protección del patrimonio cultural. (5)
- **Next Generation EU.** Se trata de un plan de recuperación económico en el que uno de los objetivos es la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Abogan por una Europa climáticamente neutral, buscando un equilibrio entre nuestras emisiones y las que el ecosistema puede absorber naturalmente. Parten de tres principales aspectos; la mejora de la calidad del agua de ríos y mares, la creación de espacios verdes y uso de energías renovables en las ciudades y la búsqueda de una agricultura más respetuosa con el medio ambiente y una comida más saludable. (6)

A pesar de no existir a día de hoy un marco normativo claro respecto a medidas que tengan que ver directamente con la optimización del uso del agua y los recursos hídricos, en el Parlamento Europeo se está comenzando a hablar de estos aspectos. En el documento de la sesión del día 15 de febrero del 2023 sobre la propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a la eficiencia energética de los edificios (7), hablan ampliamente sobre el papel que puede tener el agua caliente en la recuperación de calor con el fin de disminuir el gasto de energía. Además de ello, en el documento del 15 de febrero del 2023 se inicia una defensa sobre el papel que pueden tener las superficies verdes a la hora de absorber la escorrentía pluvial y mejorar la calidad del aire:

“La integración de infraestructura verde, como tejados y muros verdes, en la planificación urbanística y el diseño de infraestructura puede ser una herramienta muy eficaz para la adaptación al clima y para reducir los efectos perjudiciales del cambio climático en las zonas urbanas. Los Estados miembros deben fomentar la instalación de superficies con vegetación, que ayudan a retener y contener las aguas pluviales, de tal manera que reducen las escorrentías urbanas y mejoran la gestión de las aguas pluviales. La infraestructura verde también reduce el efecto isla de calor urbano, al refrigerar los edificios y su entorno durante el verano y los episodios de ola de calor.” (7)

2.5 SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE

Antes de comenzar a hablar sobre los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), es interesante conocer el concepto de economía circular y su implicación en la arquitectura.

La construcción representa a día de hoy en la Unión Europea el 40% del consumo de energía, el 35% de la emisión de gases de efecto invernadero, el 50% de la extracción de materias primas, el 30% de consumo de agua, el 35% del total de los residuos generados. Por otra parte, hablando de la gestión de residuos, el porcentaje de los materiales de demolición enviados al vertedero varía entre el 54% y el 2%. (8)

La **economía circular** es un concepto que cobró impulso a finales de los años 70. Frente a modelos económicos límites que priorizan la extracción, producción y deshecho, este **se basa en la reducción, reutilización, recuperación y reciclaje de materiales y energía.** (9) La economía circular promueve un modelo inspirado en los mecanismos de los ecosistemas naturales, que gestionan los recursos a largo plazo en un proceso de continuo reciclaje. Trata de aumentar el ciclo de vida de los productos, promoviendo un desarrollo resiliente y proporcionando beneficios ambientales y sociales.

Este proceso va más allá de un simple reciclaje de residuos, abarca tanto el rediseño de procesos, productos y nuevos modelos hasta la optimización de los recursos. Busca la eficiencia en los materiales y los ciclos, minimizar la extracción de la materia prima, maximizar la reutilización y desarrollar nuevos modelos de negocio.

Tras la Segunda Guerra Mundial, resurgió en algunos países la idea de una realidad que asemeja nuestro mundo a una naturaleza más compleja, más similar a un metabolismo que a una máquina. Por ello, la economía circular surge en la búsqueda de un modelo biológico donde las materias son diseñadas para volver al sistema. Los ciclos recuperan y restauran, reciclan y reutilizan. (10)

El cambio a una economía circular viene potenciado por numerosas cuestiones, la principal es la **escasez de recursos frente al aumento poblacional.** Las materias son finitas frente a un modelo de producción que no vela por el reciclaje. El crecimiento de la urbe precisa un constante suministro y los recursos son limitados. Por ello es conveniente abogar por una industrialización óptima que alargue la vida de los productos.

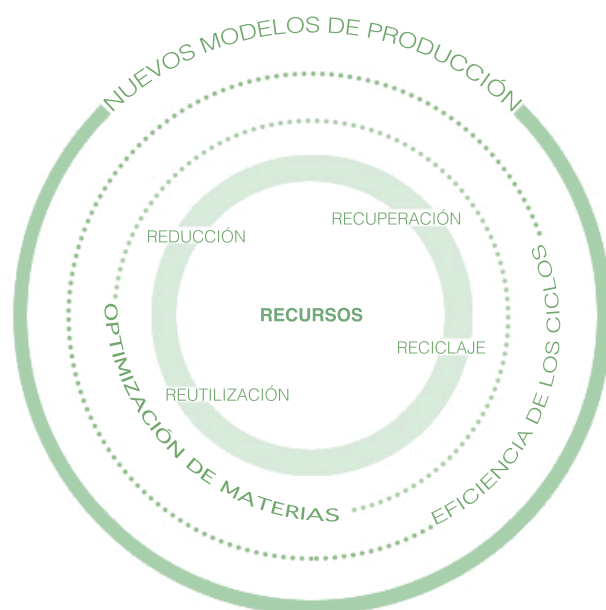


Figura nº 3, Infografía Economía Circular
Fuente: Elaboración propia

El impacto en el clima es otro de los principales factores a tener en cuenta para el cambio de modelo productivo. La extracción de materias primas produce importantes consecuencias medioambientales, tanto por la emisión de CO₂ como por el impacto visual. Igualmente, se crean situaciones de conflictos bélicos y desigualdades en todo el planeta.

Por otra parte, también es conveniente recalcar la dependencia política entre países que genera la escasez de recursos y materias primas.

Tras esta introducción, se desarrollará el concepto de **Sistemas Urbanos de Desarrollo Sostenible**.

Este concepto está orientado hacia una **economía circular** y se basa en **procesos naturales a largo plazo**. Se trata de una serie de **mecanismos previos al sistema de saneamiento** que favorecen tanto la **captación de agua** como su uso en la vida pública a través de **zonas ajardinadas e infraestructuras**. Trabajan una serie de problemas nombrados anteriormente como la impermeabilidad del pavimento, la escorrentía pluvial urbana o la recogida del agua de la lluvia.

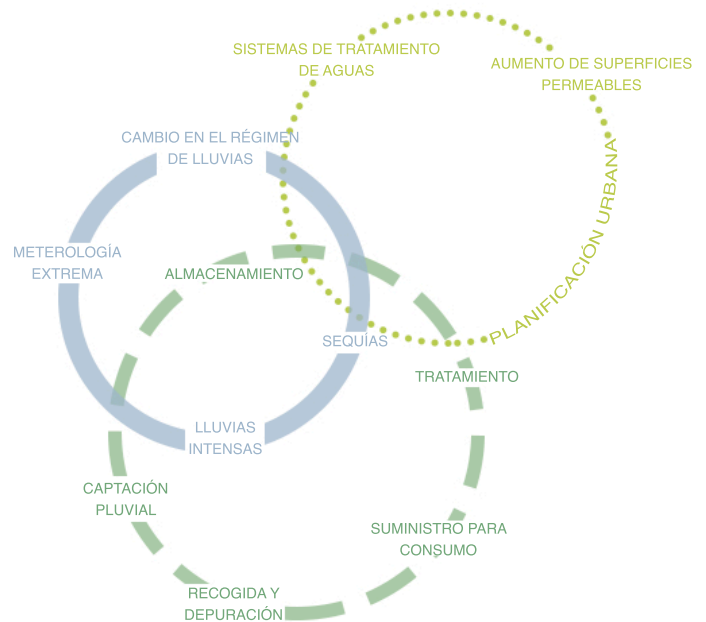


Figura nº 4, Infografía Sistema Urbano de Desarrollo Sostenible, causas y estrategias
Fuente: Elaboración propia

De esta manera, se revaloriza el agua, se entiende como un recurso limitado que hay que tratar, reciclar y volver a poner en funcionamiento en nuestro medio. No hablamos de un recurso infinito.

Algunas de las soluciones propuestas son las cubiertas ajardinadas, jardines verticales, grandes superficies verdes, sumideros filtrantes y canales permeables.

Como se ha mencionado anteriormente, los SUDS se basan en procesos naturales y buscan el retorno a situaciones en sintonía con un ciclo natural.

Se considera el agua pluvial como un recurso con valor por sí mismo, permitiendo un camino alternativo y previo a la red de drenaje. En caso de que no haya una salida para este agua o existan reboses, es recomendable no verter el agua a la red de saneamiento con el fin de que no se produzca el proceso de contaminación difusa.

La recogida de este agua se consigue reduciendo la impermeabilización del pavimento y creando espacios ajardinados tanto en las vías urbanas como en cubiertas ajardinadas. Por otra parte, se conciben las superficies con una serie de capas drenantes y filtrantes para captar y almacenar el agua de la manera más inmediata tras su precipitación, evitando así la contaminación difusa y disponiendo un depósito para reutilizar ese agua para el riego.

Como resultado, obtenemos una disminución del caudal de escorrentía pluvial urbana, minimizando los daños causados por alteraciones del drenaje natural del agua.

Por otra parte se reduce el volumen de agua contaminada en la red de drenaje, disminuyendo el trabajo de las depuradoras municipales, mejorando su rendimiento y suavizando su gasto energético.

Como efectos secundarios, la implantación de cubiertas verdes y zonas ajardinadas provocan un aumento de la calidad del aire, regulan la temperatura ambiente reduciendo el efecto isla de calor propio de grandes superficies edificadas, producen una disminución de la reverberación acústica en la vía pública y optimizan el comportamiento térmico y acústico de aquellas construcciones donde se ha utilizado la cubierta vegetal.

2.6 IMPLANTACIÓN SUDS, EJEMPLO

Uno de los fenómenos meteorológicos más recurrentes a lo largo de los últimos años ha sido la DANA. Se trata de una Depresión Aislada en Niveles Altos, también llamada gota fría. Se trata de un fenómeno causado por la interacción entre masas de aire caliente y frío entre la troposfera y la estratosfera, entre 10 y 50 km de altitud (11); lo que provoca grandes lluvias torrenciales. Afecta , en España, principalmente a la Comunidad Valenciana aunque también se puede localizar en zonas del norte de Aragón, Cataluña, Murcia y Mallorca. (12)

Todos los años se escucha hablar en las noticias sobre las devastadoras lluvias que afectan a territorios como Murcia y Alicante. En 2019 se produjo el temporal más grave registrado en esta zona en los últimos 140 años, cobrándose la vida de seis personas y afectando a más de 4.000 (13).

Sumado a esto, es importante destacar el incremento de turismo que han sufrido estas zonas en las últimas décadas. *“los cambios en los usos del suelo generados durante las últimas décadas en los núcleos urbanos y turísticos del litoral mediterráneo han provocado en muchos casos una desorganización y alternación de los colectores naturales que, junto con el incremento de la impermeabilización del suelo, han acabado por aumentar la frecuencia y gravedad de los episodios de inundación difusa”* (14).

Están hablando de la modificación de la escorrentía natural del terreno. Nuevas construcciones y la alteración del uso del suelo han provocado un cambio del drenaje innato del terreno, provocando grandes daños durante las precipitaciones.

A su vez, el incremento del sector del turismo ha ocasionado una alta demanda de usos hídricos, que sumado a la sequía supone un gran desequilibrio entre las posibilidades que ofrece el territorio y las demandas.

2. INTRODUCCIÓN

Un ejemplo práctico al que se puede recurrir para explicar la acogida de grandes masas de agua en periodos de lluvias intensas es el **Parque inundable de La Marjal, en Alicante**. Está situado cerca de la Playa de San Juan. Se trata de un parque que alberga riqueza vegetal acuática, propia de los humedales valencianos (marjales). (15)

Es un espacio situado a una cota inferior capacitado para recibir la escorrentía de zonas superiores en el caso de que haya fuertes precipitaciones y la red sanitaria no sea suficiente. Se produce una recirculación constante para evitar la formación de larvas, malos olores y estancamiento, y poco a poco se va drenando en función de la red. Es capaz de almacenar hasta 45.000 m³ de agua.

Se trata de un ejemplo en el que se empieza a poner en práctica algunos conceptos sobre el drenaje urbano sostenible como la implantación de zonas verdes, el drenaje natural por gravedad, la creación de una segunda red de drenaje que permita liberar la principal... sin embargo la situación actual (como se ha detallado anteriormente) comienza a exigir nuevos pasos.

La recogida de este agua pluvial podría ser clave para la continuación del desarrollo de la zona. Alicante es uno de esos puntos flacos de España debido a la gran sequía que sufre. La captación y posterior tratamiento para el uso de este agua en distintos aspectos y sectores podría ser muy beneficiosa para fomentar un desarrollo sostenible del territorio.

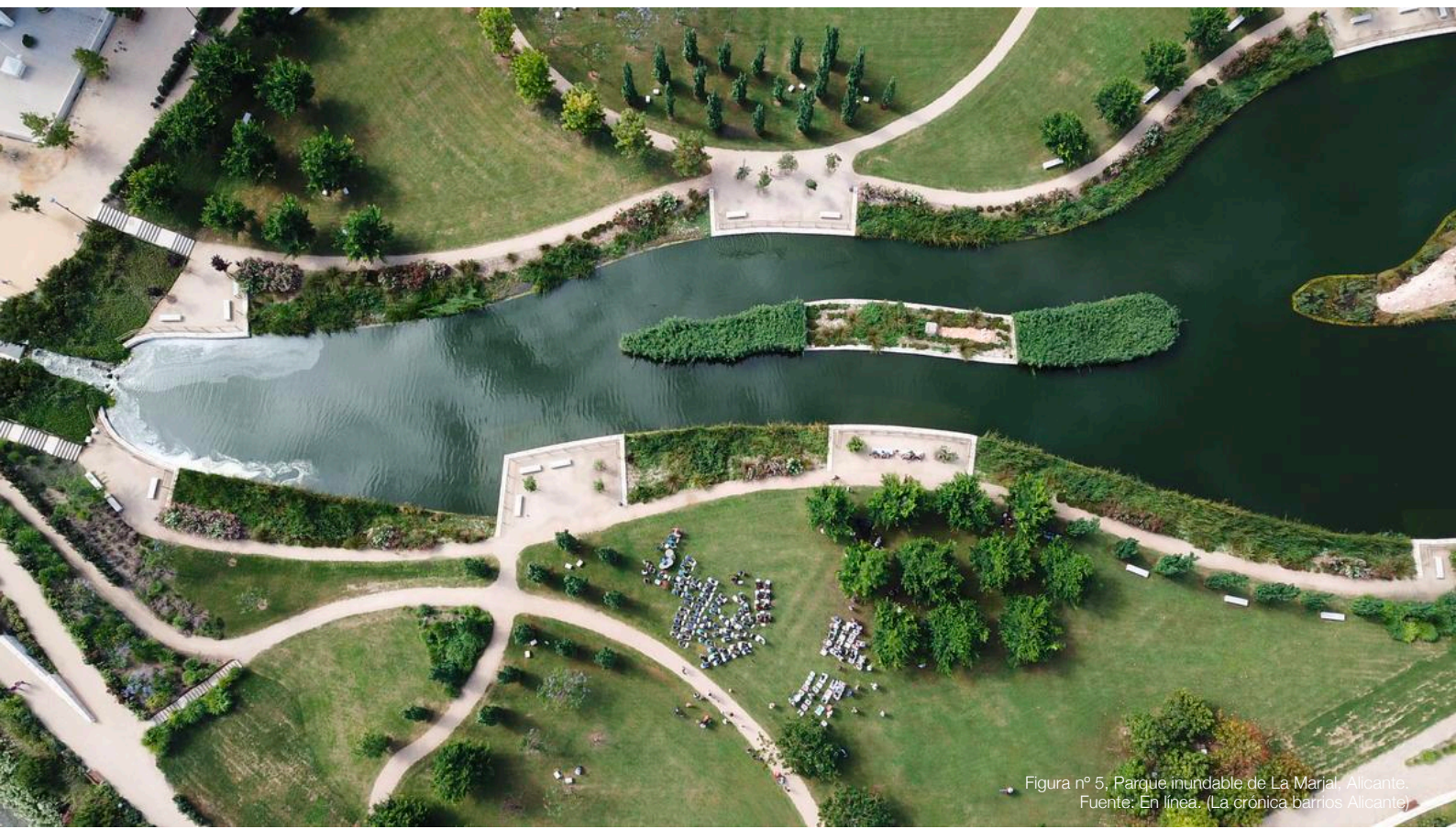


Figura nº 5, Parque inundable de La Marjal, Alicante.
Fuente: En línea. (La crónica barrios Alicante)

3. METODOLOGÍA

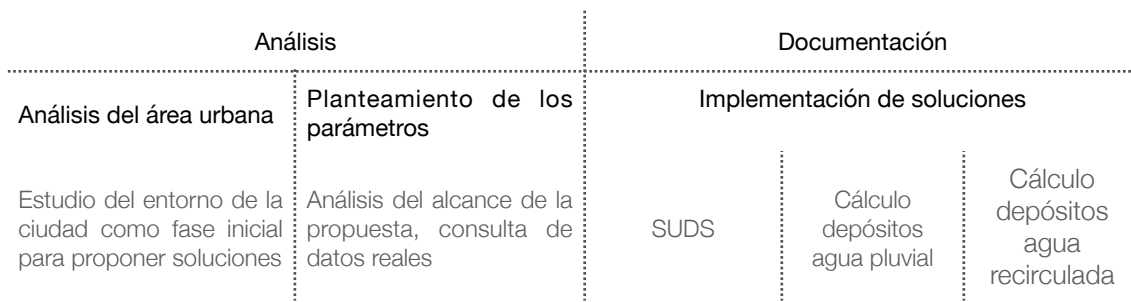


Tabla nº 2, Metodología general Fuente: Elaboración propia

Tras el planteamiento del tema a tratar, se realizó un estudio sobre el contexto actual en el que vivimos. Se investigó acerca de la modificación del régimen de lluvias principalmente, además de otros temas como el cambio climático, del aumento de temperaturas, del desplazamiento del clima. Finalmente, se llegó a la conclusión de que las ciudades no están preparadas ni adaptadas a día de hoy a los nuevos retos que plantea el cambio climático.

Con todo esto, se estudió la posibilidad de implantar nuevas medidas que tengan que ver con la economía circular y la huella hídrica. Los SUDS, se presentan como alternativa principal y eficaz para tratar esta situación. Resulta un medio natural para la recogida, tratamiento y puesta en marcha del agua pluvial. Trata tanto el problema de las inundaciones como el del abastecimiento, concibiéndose así como un medio potencial para el cambio climático.

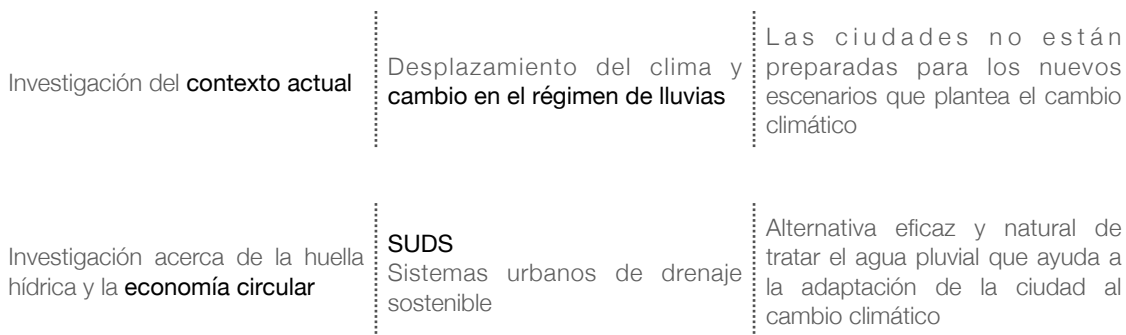


Tabla nº 3, Desarrollo personal del trabajo, vías de estudio y conclusiones Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, en otros casos en los que se ponía en valor la preocupación por los recursos hídricos, se hablaba con frecuencia de la **recogida de agua pluvial y la recirculación de aguas grises**. Por ello, a lo largo de este apartado se detallará -entre otras medidas previstas- el **procedimiento a seguir para la instalación de estos sistemas y su aprovechamiento según los documentos encontrados**.

Es interesante entender la relación entre el edificio y el parque como una simbiosis entre lo público y lo privado. Uno se nutre del otro con el fin de mejorar el futuro y la calidad de vida de los ciudadanos.

3.1 ANÁLISIS DEL ÁREA URBANA

Inicialmente, se plantea un análisis urbano como punto de partida en el que existen tres principales focos a tratar.

La **alteración de la escorrentía natural** parece ser uno de los principales y primeros problemas, por lo cual se considera inicio del conflicto urbano entre las ciudades y las lluvias. La modificación del terreno ha producido barreras en la evacuación del agua. Por ello, se trata de retomar un punto de partida lógico e innato en el que las precipitaciones se recojan por gravedad en un lugar a menor cota. Por otro lado, tanto la **impermeabilización del terreno** como la **construcción en zonas inundables** también suponen grandes retos en el área urbana a la hora de hablar de problemas hídricos.

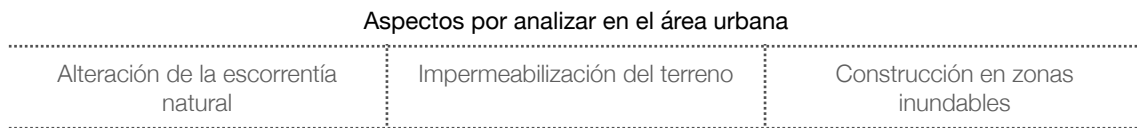


Tabla nº 4, Análisis del área urbana Fuente: Elaboración propia

3.2 PLANTEAMIENTO DE LOS PARÁMETROS A ESCALA DE EDIFICIO

Antes de comenzar, conviene plantear una serie de indicaciones acerca del modelo de suministro y evacuación de aguas que se va a seguir.

La **prioridad del uso** del agua vendrá dada en función del esquema. Inicialmente se empleará el agua recirculada debido a que tiene un tiempo de almacenamiento y vaciado inferior. Si no existen reservas de agua recirculada, se tomará agua pluvial y como última instancia se tomará agua de la acometida.

En el caso que se va a tratar durante este trabajo, se consideran distintos modelos de vivienda con el fin de conocer el **número de ocupantes del edificio entero**, intentando ser lo más fiel posible a la realidad. Este dato es uno de los más importantes a tener en cuenta ya que determinará el **gasto anual de agua**.

La figura 6 se amplía en los anexos.

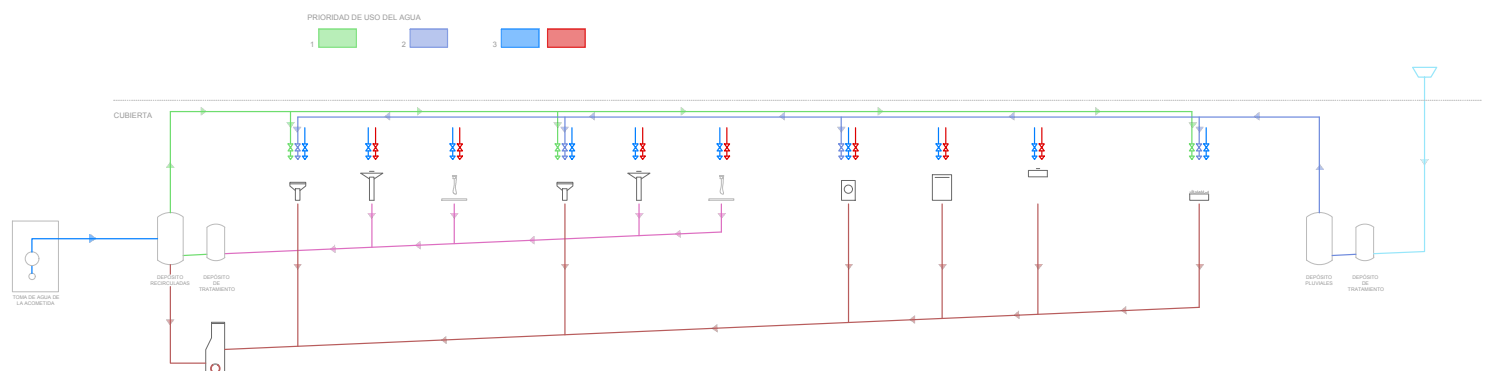


Figura nº 6, Esquema de suministro y evacuación de aguas, orden de prioridad en la administración Fuente: Elaboración propia

3.3 AGUA PLUVIAL

Para instalar un sistema de recogida de pluviales, es preciso considerar el volumen del depósito en función de las necesidades de los usuarios.

Para ello, se necesita conocer la **demanda anual** de agua, en la cual computarán aquellos usos compatibles con el agua pluvial (en el interior de los edificios serán las cisternas de los inodoros, lavadoras adaptadas al agua pluvial y el riego del jardín). La demanda de agua anual viene dada por la siguiente fórmula (14):

$$D = D_{wc} + D_{rj} + D_{lv} \quad (\text{Fórmula 1})$$

Siendo:

- Demanda (D): Necesidades de agua diaria (l)
- Demanda de las cisternas del inodoro (D_{wc})
- Demanda del riego del jardín (D_{rj})
- Demanda de la lavadora adaptada a usos pluviales (D_{lv})

Sin embargo, antes de comenzar a dimensionar, se ha de tener en cuenta dos factores importantes que determinarán el volumen del depósito: la demanda generada por el sistema y la oferta de agua pluvial en base a la superficie de captación y el factor de precipitación de la ubicación.

Estos nos ayudarán a analizar la viabilidad del sistema.

- Para $D < O$ se toma como base la demanda
- Para $D > O$ se descarta algún uso de agua potable no potable

La **oferta** vendrá dada por la siguiente fórmula (14):

$$O = S \cdot C_{sc} \cdot P \quad (\text{Fórmula 2})$$

Siendo:

- Oferta (O): De agua pluvial precipitada
- Superficie (S): De recogida de agua (m²)
- Coeficiente superficie captación (C_{sc}): Viene dado por la tabla (Tabla nº 5)
- Pluviometría (P): Según la zona en la que se ubique. Este dato se tomará del Instituto Nacional de Meteorología.

Composición	Coefficiente
Tejado duro inclinado	0,8
Tejado plano sin gravilla	0,8
Tejado plano con gravilla	0,6
Tejado verde intensivo	0,3
Tejado verde extensivo	0,5
Superficie empedrada	0,5
Revestimiento asfáltico	0,8

Tabla nº 5, Coeficiente superficie captación Fuente: AQUA España (Referencia 14)

Finalmente, si la oferta de agua es mayor que la demanda anual de agua, esta procurará el dato para conocer el **volumen del depósito** necesario para el edificio:

$$\text{Volumen del depósito} = D / 365 \text{ días} \cdot F_d \cdot P \quad (\text{Fórmula 3})$$

Siendo:

- Demanda (D): Necesidades de agua diaria (l)
- Factor de dimensionado (F_D): Aumento entre 15-20%, debido al contenido de sedimentos en el fondo del depósito que produce la pérdida de volumen útil
- Periodo de retorno (P): Período máximo entre dos episodios de lluvia significativos 30-40 días (día)

El volumen del depósito vendrá dado en litros.

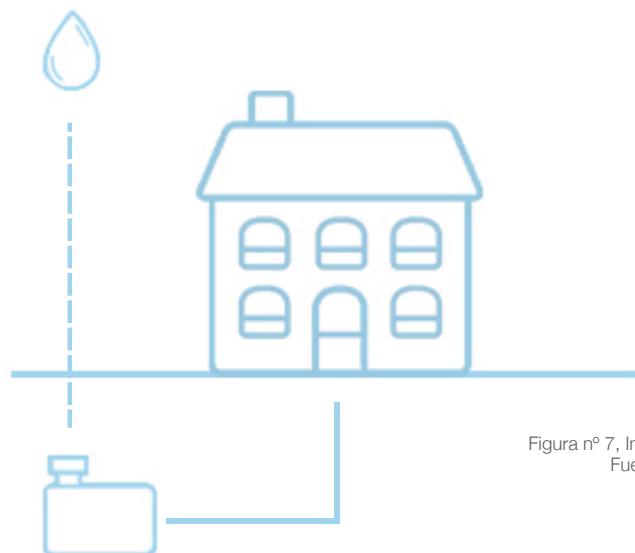


Figura nº 7, Infografía aguas pluviales Fuente: Elaboración propia

3.4 AGUA RECIRCULADA

El siguiente paso dentro de la estrategia trata de buscar la recirculación de las aguas grises aptas para el uso humano (estos son el riego de jardines privados y las cisternas del inodoro). El procedimiento para la recirculación es similar al de aguas pluviales. Tras ser recogida el agua proveniente de la vivienda y tratarla, se almacena en un depósito con el fin de servir nuevamente. El volumen de este viene dado inicialmente por la **demanda** (16):

$$D = D_{wc} + D_{rj} \quad (\text{Fórmula 4})$$

Siendo:

- Demanda (D): Necesidades de agua diaria (l)
- Demanda de las cisternas del inodoro (D_{wc})
- Demanda del riego del jardín (D_{rj})

Esta demanda será un dato necesario y aproximado para saber el uso de agua diario que precisan los usuarios. Según la Guía Técnica de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises en edificios de la Asociación Española de Empresas de Tratamiento y Control de Aguas: “Se recomienda minimizar el volumen del tanque de almacenaje para evitar problemas de deterioro de las aguas tratadas. Un tiempo de almacenaje de agua tratada equivalente a 1 día, se considera normalmente suficiente” (16). Por ello, a la hora de calcular este depósito, únicamente se dividirá entre los días naturales del año y se multiplicará por un factor que tiene que ver con los sedimentos, despreciando el periodo de retorno de las épocas de sequía.

$$\text{Volumen del depósito} = D / 365 \text{ días} \cdot F_D \quad (\text{Fórmula 5})$$

Siendo:

- Demanda (D): Necesidades de agua diaria (l)
- Factor de dimensionado (F_D): Aumento entre 15-20%, debido al contenido de sedimentos en el fondo del depósito que produce la pérdida de volumen útil

El volumen del depósito vendrá dado en litros.

Notas:

- Tras conocer el procedimiento, se podría haber simplificado el cálculo del depósito de las pluviales puesto que parte de los usos que se les da a las aguas recirculadas, también se les da a estas. Así se conseguiría un depósito más pequeño y con posibilidad de almacenarlo fácilmente. Sin embargo, se ha optado por mantener todos los usos posibles con el fin de tener un “colchón”.
- No todos los usos de agua son compatibles con la recirculación. Aquellos en los que se utilizan productos como detergentes, jabones etc no podrán ser reciclados.
- En las figuras 8 y 9 se desarrollan una serie de esquemas sobre el reciclaje de aguas en función de su tipo de tratamiento. Aquí se representan dos métodos por ser los más extendidos aunque existen algunos más.

ESQUEMAS REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS

ESQUEMAS REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS con tratamiento biológico



Figura nº 8, Esquema de reutilización de aguas, sistema sin tratamiento
Fuente: Elaboración propia

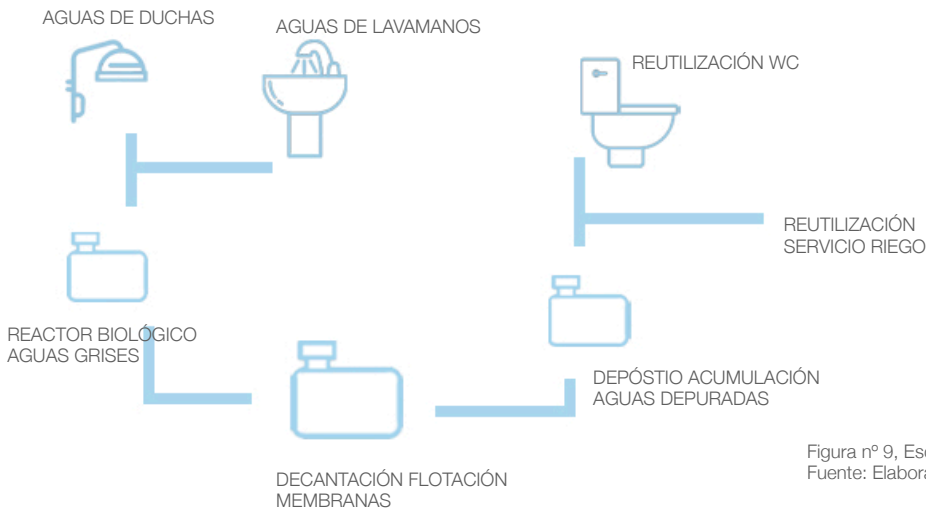


Figura nº 9, Esquema de reutilización de aguas, sistema con tratamiento biológico
Fuente: Elaboración propia

Estudio y recopilación de información sobre el proyecto

Búsqueda de documentos y proyectos anteriores en los que se planteaba una situación parecida como toma de referencia

Se plantean una serie de parámetros lo más fiel posible al proyecto como punto de partida para el estudio

Se propone el uso de agua pluvial en el interior del edificio

Se realizan cálculos a través de los documentos adquiridos para la estimación de agua necesaria

Se propone la recirculación de aguas grises en el interior del edificio

Se realizan cálculos a través de los documentos adquiridos para la estimación de agua necesaria

Tabla nº 6, Desarrollo del trabajo final Fuente: Elaboración propia

*Al final del trabajo, se adjuntan unos anexos tipo (esquemas alzados) que ilustran el modelo que se ha seguido en este ejercicio.

4. CASO PRÁCTICO

Con el objetivo de evaluar la metodología propuesta en la sección anterior, esta se va a aplicar a un caso de estudio, que se describe a continuación.

4.1 DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

4.1.1 INTRODUCCIÓN

Se ha optado por realizar una re-lectura del nuevo proyecto impulsado por el Ayuntamiento de Zaragoza de los **antiguos depósitos de Pignatelli**. La obra se encuentra ubicada en el parque Pignatelli, al final del Paseo Sagasta, al lado del Paseo Cuéllar.

Los antiguos depósitos fueron construidos por Ricardo Magdalena y se consideran una de las obras más importantes de la ingeniería europea del siglo XVIII. Fueron construidos con el propósito de abastecer las necesidades de 70.000 habitantes. El arquitecto municipal Magdalena fue el principal encargado a la hora de realizar la obra en 1878, proyectando dos nuevos depósitos de agua descubiertos con capacidad para 40.000 m³. La infraestructura también contaba con un depósito adicional subterráneo con capacidad de 4.000 m² donde se almacenaba agua limpia, un sistema de filtros por el que se hacía circular la corriente para su depuración y una casa de dos alturas para el guardia. Años más tarde en 1897, debido al crecimiento de la ciudad fruto de la revolución industrial, la infraestructura se amplió con un tercer depósito.

Posteriormente, debido al continuo crecimiento que experimentaba la ciudad, se construyeron los nuevos depósitos en Casablanca, relegando los de Magdalena a una instalación secundaria hasta que a mitad del siglo XX dejaron de cumplir su función originaria. (17)

A día de hoy, este espacio constituye un gran vacío en la trama de la ciudad. Desde el 2019 el Ayuntamiento de Zaragoza ha recuperado las infraestructuras con el fin de darle una nueva utilidad. Se redactó un concurso con el objetivo de proponer un gran parque urbano en torno a los antiguos depósitos en los que se incluyen una serie de equipamientos y viviendas.

La propuesta ganadora tiene un discurso respetuoso respecto a la morfología de la antigua infraestructura con el fin de abaratar costes y mantener la historia de este capítulo de la ciudad.

El proyecto propone un drenaje sostenible, sin embargo, no se trata de un plan innovador, sino que se plantean una serie de redes, zanjas y pozos filtrantes que conducen y acumulan el agua precipitada sobre la superficie del parque para evitar saturar la red de saneamiento municipal y más tarde, drenarla poco a poco. (18)

4.1.2 ANÁLISIS DEL ÁREA URBANA

Siguiendo la metodología propuesta en el anterior capítulo del trabajo, se ha comenzado realizando un análisis del área urbana y la manera en la que el parque se inserta en la trama de la ciudad y se relaciona con las calles anexas. Se han estudiado las zonas potencialmente captadoras de agua pluvial, es decir aquellas superficies no pavimentadas o impermeables.

La ciudad de Zaragoza, donde se encuentra el caso de estudio a tratar, no se caracteriza principalmente por priorizar las zonas permeables. En términos generales las calles son asfaltadas, y pavimentadas en la que las especies verdes se introducen a través de alcorques. Sin embargo, la urbe cuenta con una serie de grandes espacios verdes que se insertan en la trama de la ciudad como el Parque Macanaz, el Parque Grande, el Parque Delicias, el Parque del Agua...

Los Depósitos de Ricardo Magdalena se encuentran junto al Parque Pignatelli. El cual combina zonas con grava y arena junto a otras superficies verdes. Presenta una fuerte inclinación con respecto a otras zonas de la ciudad, teniendo un desnivel de más de 6 metros de altura entre los dos extremos del parque.

La pendiente del parque podría determinar la posición natural de los depósitos; si estuviesen en la parte baja ayudaría de una manera directa a la recogida de escorrentías. Sin embargo, estos se encuentran en la mitad del camino sobre un gran soporte que los eleva del terreno hasta dos metros.

Por otra parte, la superficie de esta plataforma no presenta ninguna pendiente que ayude a recoger las precipitaciones y que las dirija al depósito. Por tanto, no existe ningún medio innato que ayude a almacenar el agua precipitada y conducirla de manera natural hasta la zona de los depósitos.

En conclusión, el planteamiento del proyecto actual no tiene en su naturaleza el fin de mejora del drenaje urbano, sino se plantea como medio para cualificar el espacio colectivo a través del recuerdo de los antiguos depósitos.

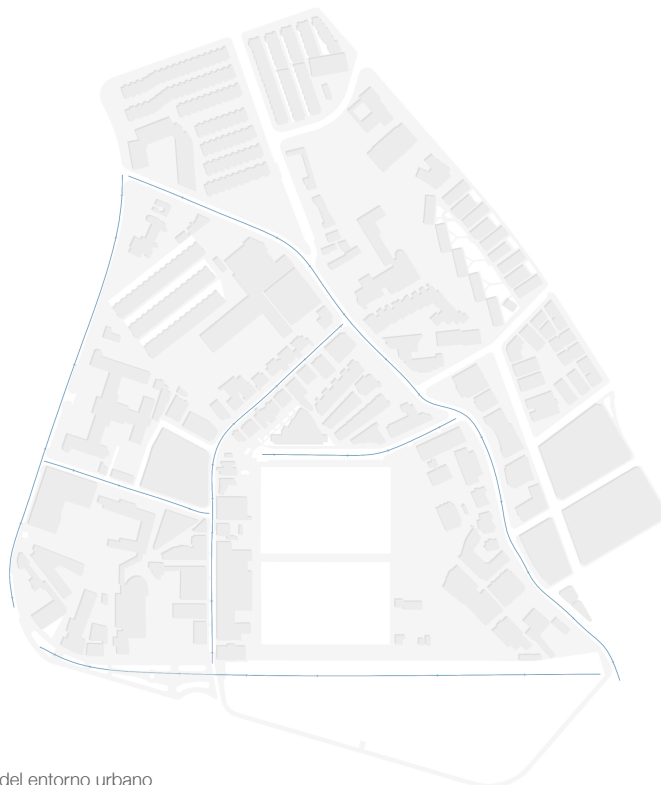


Figura nº 10, Esquema de escorrentía natural del entorno urbano
Fuente: Elaboración propia

4.1.3 PROPUESTA ACTUAL DE PROYECTO

El proyecto que plantea el despacho de Héctor Fernández Elorza (HFE) en colaboración con otros especialistas para el espacio urbano tiene mucho que ver con los antiguos depósitos.

Mantiene la morfología de la infraestructura y a partir de esta crea tres espacios diferenciados.

1. Un amplio espacio con forma de escenario que tiene como telón de fondo una explanada verde.
2. Una zona intermedia de jardines y parques infantiles a las que atraviesa parte de la instalación de agua
3. Una gran piscina donde está prevista la navegación recreativa



Figura nº 11, Infografías propuesta actual de proyecto
Fuente: En línea. (Zaragoza Sede)

En el proyecto se prevé la plantación en la zona intermedia de ciertas especies vegetales como plantas aromáticas y árboles frutales. De la misma manera, en la zona del escenario, que coincide con el la cota inferior del proyecto, se dispondrá un amplio manto verde de césped y diferentes clases de arbustos. Todo el recinto estará delimitado por una banda de árboles que coronan la plataforma. Una de las características intrínsecas del proyecto es la pendiente. El tercer espacio se encuentra elevado con respecto al resto y a partir de la zona intermedia se comienza a producir una leve bajada hasta el primero. Estos desniveles podrían ayudar de manera clara a la recogida de agua por medios naturales. La escorrentía caerá de manera innata a la superficie verde, evitando de cierta forma inundaciones en caso de fuertes lluvias. La creación de esta pendiente mejora significativamente el proyecto, así como la elección de la explanada verde.

Tras el análisis urbano y del proyecto propuesto, se puede concluir que el aporte de agua vendría dado por la red general de abastecimiento, recogiendo únicamente el agua proyectada sobre la superficie de la plataforma donde se sitúan los depósitos -insuficiente para proveer el proyecto en su totalidad-, suponiendo a su vez un gran gasto hídrico. Por otro lado, no se puede observar gran mejora en cuanto al drenaje urbano, puesto que el proyecto no interfiere a nivel de abastecimiento de la ciudad.

Anexo al parque, se ha lanzado una propuesta para construir un bloque de viviendas, al cargo del despacho INGENNUS.

4.2 PROPUESTAS DE MEJORA MEDIANTE LA INTRODUCCIÓN DE SISTEMAS PARA EL AHORRO HÍDRICO

Recogida de aguas pluviales	Recirculación de aguas grises	Medidas complementarias		
		Pavimentos drenantes	Cubiertas ajardinadas	Jardines de lluvia

Tabla nº 7, Propuestas para el ahorro hídrico Fuente: Elaboración propia

4.2.1 PLANTEAMIENTO DE LOS PARÁMETROS GENERALES

Es interesante entender la relación entre el edificio y el parque como una simbiosis entre lo público y lo privado. Uno se nutre del otro con el fin de mejorar el futuro y la calidad de vida de los ciudadanos.

Como se ha comentado anteriormente, sería conveniente disponer un depósito en el que se almacenen las aguas pluviales recogidas para posteriormente hacer uso de ellas.

El caso de estudio se realizará con el edificio de viviendas anexo que se está construyendo, debido a su conexión directa y a la facilidad de disposición de nuevos sistemas de abastecimiento y saneamiento que confieren la obra nueva. Para ello, se plantean una serie de parámetros que tratan de ser lo más fiel posible a la realidad.

El proyecto inicial planteaba construir 77 viviendas libres y 30 públicas de alquiler (18), sin embargo, finalmente se realizarán 65 apartamentos en un bloque de baja más cinco.

Estos se distribuirán en 11 viviendas por planta a excepción del ático, que albergará 10. Todos los apartamentos dispondrán de una terraza orientada hacia el nuevo parque. (19)

Al no disponer de los planos e información concreta acerca del proyecto, se propone unos parámetros de vivienda en los que se asume el número de ocupantes que las componen en función de las características aportadas por el despacho de los arquitectos:

Tipo 1: 4 personas	Tipo 2: 5 personas	Tipo 3: 3 personas
1 Cocina	1 Cocina	1 Cocina
2 Aseos	3 Aseos	2 Aseos
3 Dormitorios	4 Dormitorios	2 Dormitorios
Jardín	Jardín	Jardín

Tabla nº 8, Parámetros ocupantes de viviendas

Fuente: Elaboración propia

4. CASO PRÁCTICO

Del bloque A al bloque D, son viviendas del tipo 1, en el bloque D se dan viviendas del tipo 2 y el bloque F presenta desde la planta baja hasta la planta cinco viviendas del tipo 1 constituyéndose su ático como vivienda del tipo 3.

El número de ocupantes del inmueble es importante para realizar una estimación de la demanda de agua que precisa el bloque.

Por tanto, esta sería una aproximación de los habitantes por bloque y el total de este edificio:

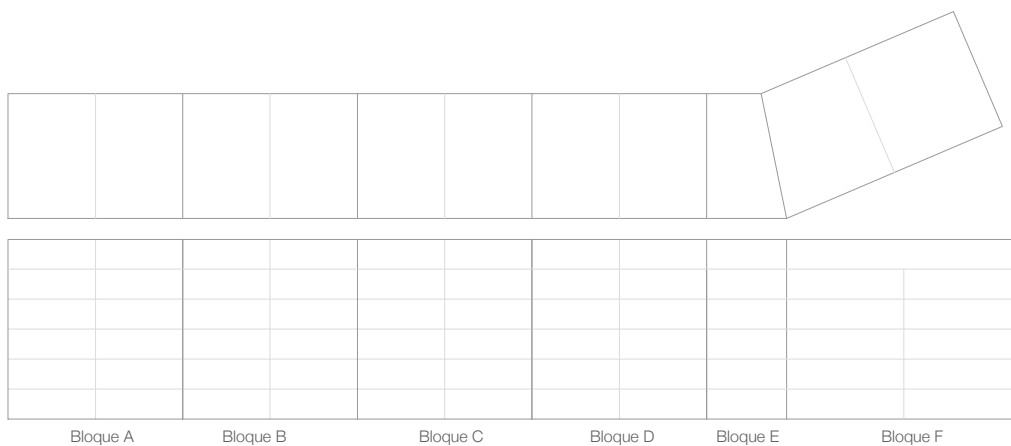


Figura nº 12, Esquema disposición de bloques
Fuente: Elaboración propia

	B	P1	P2	P3	P4	P5	Total
Bloque A	8	8	8	8	8	8	48
Bloque B	8	8	8	8	8	8	48
Bloque C	8	8	8	8	8	8	48
Bloque D	8	8	8	8	8	8	48
Bloque E	3	3	3	3	3	3	18
Bloque F	8	8	8	8	8	5	45

255

Tabla nº 9, Total de ocupantes del edificio

Fuente: Elaboración propia

4.2.2 AGUA PLUVIAL

Recogida de aguas pluviales	Recirculación de aguas grises	Medidas complementarias		
		Pavimentos drenantes	Cubiertas ajardinadas	Jardines de lluvia

Tabla nº 7, Propuestas para el ahorro hídrico Fuente: Elaboración propia

USOS

El agua proveniente de la lluvia puede ser empleada para distintas funciones, También se puede emplear para otro tipo de usos industriales que no tienen tanto que ver con el caso de estudio: (14)

- En el interior de los edificios
 - Cisternas de inodoros
 - Lavado de suelos
 - Lavadora
- En el exterior de los edificios:
 - Riego de zonas ajardinadas
 - Lavado de suelos
 - Lavado de vehículos

OFERTA Y DEMANDA

Como se detalla en apartados previos, es importante partir de la comparativa entre la oferta y la demanda. En el caso que se va a tratar la oferta viene determinada por los siguientes datos:

Área del parque urbano	16.650 m ²
Área de la cubierta del edificio	1.237 m ²
Superficie total de captación (m ²)	17.887 m ²
<hr/>	
Coefficiente de superficie de captación	0,5
<hr/>	
Pluviometría	210,82 mm / m ² / año
<hr/>	

Oferta**1.885.468,67 L**

Tabla nº 10, Cálculo oferta, uso "fórmula 2" Fuente: Elaboración propia

CÁLCULO DEL DEPÓSITO

Se han realizado los cálculos partiendo de la fórmula presentada en la guía técnica de aprovechamiento de aguas pluviales en edificios según la Asociación Española de Empresas de Tratamiento y Control de Aguas (14).

Para comenzar, se calcula la demanda de agua diaria. Esto se realiza en función del nº de habitantes y los litros por uso. Este último dato lo tomaremos de distintas fuentes. Las UD's del inodoro vienen dada por el Documento Básico de Salubridad (DB HS) en la página 125. Los litros por uso de la lavadora son una estimación en función de distintos datos de fabricantes. El riego de la jardinera tomamos como 1 m² de superficie a abastecer y 3 l de riego diario por m² como aproximación avalada por jardineros.

	Uso diario por persona	Litros por uso	Consumo medio anual por persona (l)
Inodoro con fluxómetro (uso privado)	3	8	8.760
Lavadora (uso privado)	0,5	32	5.840
Riego jardinera	1	3	1.095
Total 1 persona			15.695

Tabla nº 11, Cálculo consumo medio anual por persona Fuente: Elaboración propia

Tras obtener el consumo medio anual por persona, se multiplicará por el número de ocupantes del edificio.

Nº ocupantes	Consumo medio anual por persona (l)	Demanda de agua pluvial compatible con el uso doméstico (l)
255	15.695	4.002.225

Tabla nº 12, Cálculo demanda de agua pluvial compatible con el uso doméstico, uso "fórmula 1" Fuente: Elaboración propia

La oferta obtenida anteriormente era igual a 1.885.468,67 l < 4.002.225 l, por lo tanto **tenemos limitación de captación**, siendo ésta la determinante de la capacidad del depósito de recogida de pluviales. Respecto al factor de dimensionado (F_D) y al periodo de retorno (P), tomaremos 0,2 y 40 respectivamente por ser los valores más desfavorables.

Por tanto, el volumen total del depósito para las aguas pluviales es:

Demanda de agua pluvial compatible con el uso doméstico	365 días	Factor de dimensionado	Periodo de retorno	Volumen (l)
4.002.225	365	0,2	40	87.720

Tabla nº 13, Cálculo volumen depósito aguas pluviales, uso "fórmula 3" Fuente: Elaboración propia

De esta manera, **para abastecer un edificio de 255 personas se precisa un depósito de 87,72 m³.**

Al tratarse de un volumen tan grande, su posición podría darse en el parque urbano ya que este almacenamiento supondría una gran pérdida de espacio útil en el edificio.

Algunas de las ventajas que presenta esta opción son:

- Cercanía para conducir el agua precipitada sobre el parque y almacenarla
- Facilidad para realizar el mantenimiento y tratamiento del depósito de agua
- Generosidad de espacio. En su lugar, el depósito sería difícilmente asumible en un bloque de viviendas

De esta manera, el edificio se nutre del área urbana.

CONSIDERACIONES PREVIAS DE LA INSTALACIÓN

Como primera consideración a tener en cuenta, es el sistema de descarte de las primeras aguas (first flush). Esto implica que las precipitaciones iniciales tras un largo periodo de sequía deben ser descartadas ya que la instalación puede arrastrar suciedad que se haya acumulado durante este tiempo. De la misma manera, se deberá de cuidar el montaje de las conducciones y canaletas así como tener en cuenta el tipo de tejado por el cual se llevará a cabo la recogida de agua. Un tejado duro e inclinado será mucho más favorable que un tejado verde intensivo por ejemplo. Todos estos requerimientos están más detallados en el documento de Guía Técnica de aprovechamiento de aguas pluviales en edificios.

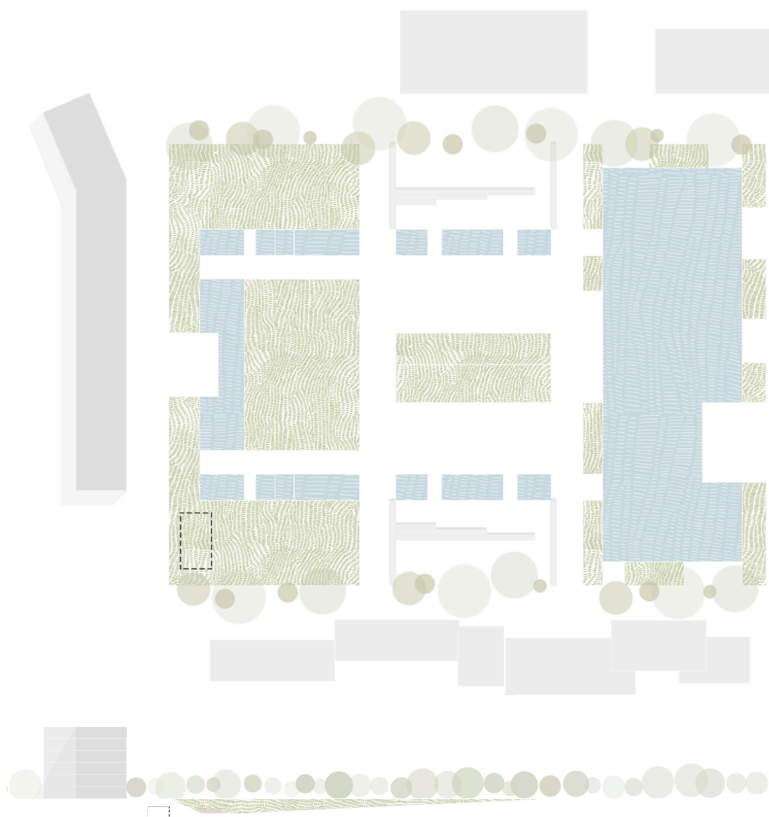


Figura nº 13, Esquema orientativo de la disposición del depósito de agua pluvial
Fuente: Elaboración propia

4.2.3 AGUA RECIRCULADA

Recogida de aguas pluviales	Recirculación de aguas grises	Medidas complementarias		
		Pavimentos drenantes	Cubiertas ajardinadas	Jardines de lluvia

Tabla nº 7, Propuestas para el ahorro hídrico Fuente: Elaboración propia

USOS

El reciclaje de aguas grises se plantea en este escenario como una vía apta y eficiente para la optimización de los recursos hídricos. A pesar de que los usos aptos para esta práctica no son tan amplios como para las aguas pluviales, tienen cabida en la vida cotidiana y suponen una reducción significativa del consumo de agua.

Los usos aptos para este ejercicio son (16):

- Cisternas de los inodoros
- Riego de jardines privados

No todos los tipos de agua gris son aptos para la recirculación. Sólo son compatibles los provenientes de lavabos, duchas y bañeras puesto que el resto -como por ejemplo de lavavajillas o lavadoras- contienen residuos químicos contaminantes y muy complicados de tratar. Las aguas fecales se excluyen por completo.

CÁLCULO DEL DEPÓSITO

Para calcular el depósito del agua reciclable, es preciso conocer inicialmente la demanda de agua para estos usos. Los datos del uso diario por persona y litros por uso serán los mismos que en el apartado de aguas pluviales:

Uso diario por persona	Litros por uso	Consumo medio anual por persona (l)	
Inodoro con fluxómetro (uso privado)	3	8	8.760
Riego jardinera	1	3	1.095
Total 1 persona			9.855

Tabla nº 14, Cálculo consumo medio anual por persona Fuente: Elaboración propia

Al obtener el consumo medio anual por persona, se multiplica por el número de ocupantes del edificio.

Nº ocupantes	Consumo medio anual por persona (l)	Demanda de agua reciclada compatible con el uso doméstico (l)
255	9.855	2.513.025

Tabla nº 14, Cálculo demanda de agua reciclada compatible con el uso doméstico, uso "fórmula 4" Fuente: Elaboración propia

4. CASO PRÁCTICO

Como el aporte de aguas grises y consumo de las aguas a lo largo del día es muy variable, es preciso disponer de un depósito de acumulación con el fin de garantizar un suministro de agua tratada incluso en las horas de baja producción. El depósito de agua servirá también como colchón para la recepción de caudales.

En este diagrama se muestra cómo el consumo de agua (la línea gris) tiene dos picos principales, los cuales se encuentran insuficientemente abastecidos si no fuera por el depósito de agua que proporciona el balance hídrico (16).

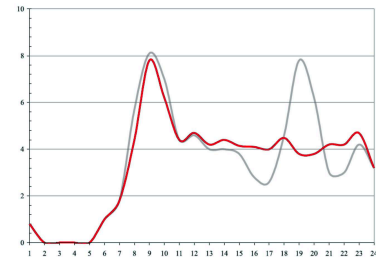


Figura nº 14, Diagrama consumo de agua por horas

A partir de la demanda de agua, podemos obtener el volumen del depósito preciso. Nuevamente tomamos de factor de dimensionado el 20% al tratarse del más desfavorable:

Demanda de agua pluvial compatible con el uso doméstico	365 días	Factor de dimensionado	Volumen (l)
4.002.225	365	0,2	1.377

Tabla nº 15, Cálculo volumen depósito aguas recirculadas, uso "fórmula 5"

Fuente: Elaboración propia

De esta manera, **para abastecer el edificio de 255 personas se precisa un depósito de 1,38 m³.**

Así como hemos comentado anteriormente, es interesante estudiar la disposición de este depósito soterrado en el espacio urbano con el fin de ver la virtud de la cuantía de capacidad de lo público.

TRATAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

La recirculación de aguas grises supone un gran esfuerzo durante la recuperación de estas. El tratamiento irá en función de diversos factores como son las características de las aguas a tratar, el uso del agua tratada, las especificaciones requeridas, otros aportes de agua a recuperar, aspectos económicos...

Durante el documento nombrado anteriormente se detallan extensamente los tipos de tratamiento en función de los requerimientos, sin embargo, también existe una opción que no precisa tratamiento debido a la sencillez del sistema.

Debido a la cercanía en que está el pequeño depósito y su aplicación en usos que no están con el contacto humano, se ha elegido para este proyecto la reutilización de aguas con una sistema sin tratamiento. Este tipo de sistema también facilita su ubicación debido a la sencillez de este.

RECEPCIÓN DE LAS AGUAS GRISES

A pesar de no tener un sistema de tratamiento como tal, la instalación del sistema precisa de numerosas consideraciones. Como punto de partida, es necesario la instalación de pre - filtros con el fin de retener elementos indeseados en el depósito como cabellos.

Existen otro tipo de requerimientos a la hora de disponer un sistema de estas características. Uno de los principales es la purga del depósito cada 24 horas.

No es conveniente acumular las aguas grises durante tanto tiempo ya que en caso contrario, existe la posibilidad de crecimiento de microorganismos y la aparición de malos olores. Por tanto, es necesario disponer un sistema de descarga para despreciar las aguas grises cuando se necesite.

Por otra parte, a pesar de que el objetivo principal es el ahorro hídrico, el depósito precisa de una entrada de agua potable y un controlador para la recuperada que permita mantener unos niveles aptos para su uso.

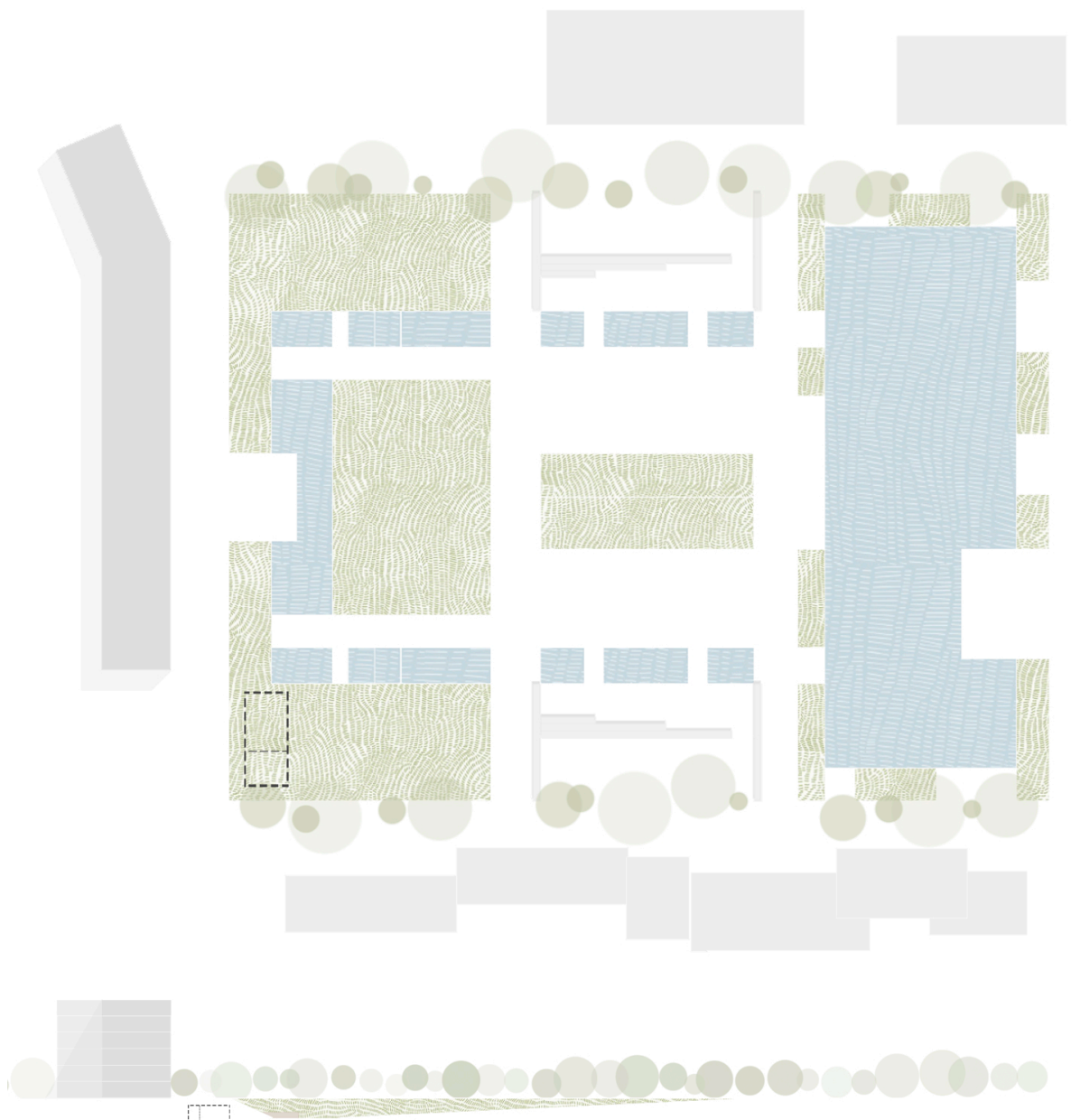


Figura nº 15, Esquema orientativo de la disposición del depósito de agua pluvial y agua reciclada
Fuente: Elaboración propia

4.2.4 PROPUESTAS COMPLEMENTARIAS EN EL PARQUE URBANO

Tal y como se ha detallado, los SUDS a día de hoy constituyen un papel fundamental para el desarrollo sostenible del comportamiento hídrico de la ciudad. Existen numerosas opciones de **SUDS** para complementar el proyecto, como cubiertas vegetales, depósitos de lluvia, depósitos y estanques de infiltración, humedades artificiales... Todas estas posibilidades deben ser estudiadas en cada caso y permitirán complementar el proyecto y mejorar su calidad. Algunas de estas propuestas se explican en el Trabajo Fin de Grado “La mejora del medio ambiente urbano. Infraestructuras verdes y Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en Zaragoza” por Víctor Puertólas Abad (20). En este apartado se mostrarán algunas soluciones aplicables al caso de estudio.



Figura nº 16, Infografía propuesta actual de proyecto
Fuente: Elaboración propia

4. CASO PRÁCTICO

Recogida de aguas pluviales	Recirculación de aguas grises	Medidas complementarias	
		Pavimentos drenantes	Cubiertas ajardinadas Jardines de lluvia

Tabla nº 7, Propuestas para el ahorro hídrico Fuente: Elaboración propia

El **pavimento drenante** es un tipo de suelo o superficie que se utiliza en exteriores para permitir el drenaje eficiente del agua de lluvia. Está diseñado para permitir que el agua de lluvia filtre a través de la superficie y sea drenada hacia el subsuelo o sistemas de alcantarillado (21). El principal objetivo a través de este sistema es la recogida de agua pluvial tan pronto como esta se precipite. Esto ayuda a la acumulación de agua para el abastecimiento, además de evitar la contaminación difusa que se produciría si la escorrentía recorriese una gran superficie hasta ser recogida.

Para ello, sería conveniente implementar esa medida en aquellas superficies que se han concebido como impermeables.

Debido a la morfología de la propuesta, esta solución se podría considerar en gran parte del pavimento del parque puesto que la instauración de los depósitos de agua bajo este suelo facilitarían su recogida y el sistema a instalar.

Este tipo de soluciones no es tan conocido en España como en otros países, sin embargo, a día de hoy existen numerosas propuestas de centro Europa que tratan de cambiar sus parques verdes por este tipo de superficies a raíz de la escasez hídrica que comienzan a sufrir (22).

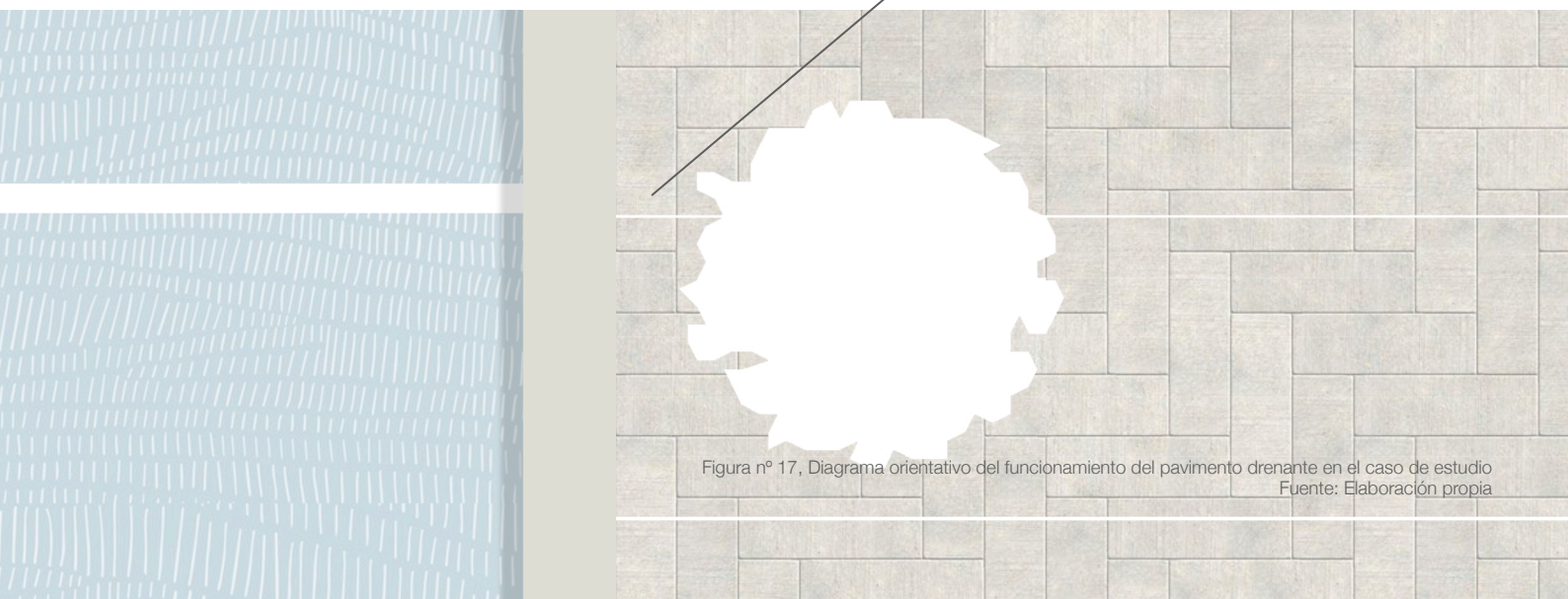
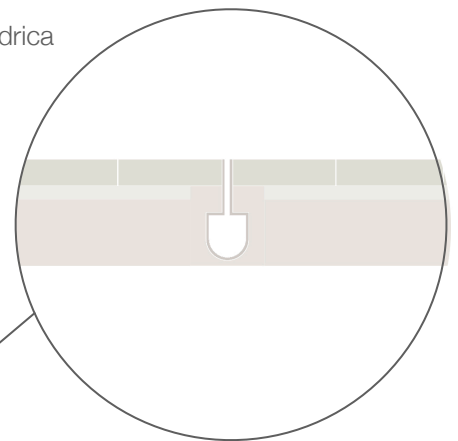


Figura nº 17, Diagrama orientativo del funcionamiento del pavimento drenante en el caso de estudio Fuente: Elaboración propia

4. CASO PRÁCTICO

Recogida de aguas pluviales	Recirculación de aguas grises	Medidas complementarias		
		Pavimentos drenantes	Cubiertas ajardinadas	Jardines de lluvia

Tabla nº 7, Propuestas para el ahorro hídrico Fuente: Elaboración propia

Las **cubiertas vegetales** se tratan de otro tipo de SUDS que se instalan como membranas con el fin de interceptar y retener las aguas precipitadas sobre los edificios. A través de la absorción, transpiración y evaporación, ayudan a mejorar el comportamiento de las escorrentías y permiten tratar las aguas de una manera más eficaz, limpia y directa. El agua restante una vez ya filtrada, se podría conducir y almacenar como agua pluvial en los depósitos descritos anteriormente.

Asimismo, este tipo de cubiertas actúan como aislante térmico del inmueble, favorecen la mejora de la calidad del aire, compensa térmicamente el efecto producido por superficies impermeables en el entorno urbano, ayudan a combatir la contaminación acústica etc.

Este sistema se podría instalar en la cubierta del edificio que se está analizando. Sin embargo, también se podría considerar en construcciones cercanas partiendo de un estudio estructural que analizase su viabilidad.

Una solución parecida y con un creciente número de casos son los huertos ecológicos en las cubiertas de las ciudades. A pesar de no suponer una solución tan eficaz, es una opción más fácil para adaptarlas a casos ya existentes.

Recogida de aguas pluviales	Recirculación de aguas grises	Medidas complementarias		
		Pavimentos drenantes	Cubiertas ajardinadas	Jardines de lluvia

Tabla nº 7, Propuestas para el ahorro hídrico Fuente: Elaboración propia

El **jardín de lluvia** es una de las herramientas más eficaces y sencillas de implantar. Presentan un mejor comportamiento en climas con precipitaciones más fuertes e intensas, sin embargo, se adecúan con facilidad en cualquier situación.

Se trata de una pequeña depresión de entre 15 y 45 centímetros en los que se incorporan especies autóctonas y adecuadas al terreno. Procuran retener en un corto periodo de tiempo (entre 24 y 48 horas) el exceso de escorrentía precipitado hasta que poco a poco, el terreno sea capaz de absorber o evacuar ese superávit de agua.

4. CASO PRÁCTICO

Existen dos tipos de jardín de lluvia en función de la permeabilidad del terreno. La solución de infiltración parcial se trata de la más extendida. Como su nombre indica, el agua se mantiene durante un periodo de tiempo y poco a poco se infiltra al terreno natural.

La opción que se ha pensado para el caso de estudio es la infiltración completa. A través de una estructura, se busca recoger el agua después de filtrada para que paulatinamente ingrese en el depósito de agua. De esta manera no solo se procura el acopio de agua, si no que además la calidad de esta mejora significativamente.

Cubierta vegetal en el edificio de viviendas.

Pavimento drenante en zonas pavimentadas como medida de auxiliar en caso de necesitar superficies impermeables.

Jardines de lluvia en zonas verdes donde la vegetación es la protagonista. También se podría introducir en zonas pavimentadas.



Figura nº 18, Infografía de la implementación de los SUDS en la propuesta actual de proyecto
Fuente: Elaboración propia

5. CONCLUSIONES

Para concluir, se van a analizar los datos obtenidos.

5.1 ALCANCE INDIVIDUAL

Según el Instituto nacional de estadística (INE), el consumo medio de agua de los hogares en España en 2020 fue de 133 litros por persona al día, lo que supone un consumo anual de 48.545 litros al año. (23)

Las cifras que se han desarrollado durante el trabajo, exponen que una persona puede llegar a hacer uso de 15.695 litros de agua pluvial y recirculada al año, si se llegasen a implementar los sistemas expuestos en los anteriores capítulos.

Esto supondría un ahorro del 32,33% de agua, casi un tercio del consumo medio por habitante.

Este dato se presenta esperanzador dentro de una realidad alarmante. El sistema presentado es complejo, sobre todo partiendo de una situación pasiva en la que el ahorro de agua no tiene tanta presencia, sin embargo el resultado que se obtiene podría llegar a tener un gran peso y suponer un considerable adelanto.

Sin embargo, como se ha comentado anteriormente, el alcance individual del sistema no podría tener cabida si no se apoyase por un escenario público.

5.2 ALCANCE COLECTIVO

El espacio preciso para un depósito de estas características, es difícilmente asumible en un edificio residencial, sin embargo, un parque como los depósitos del Pignatelli posee una gran cantidad de espacio del que se podrían beneficiar los vecinos.

A día de hoy, el parque consta de un área de 16.650 m². Asumiendo que los depósitos pueden tener hasta unos 3 m de profundidad y disponiendo un factor del 50% de espacio aprovechable obtenemos:

Área actual	Profundidad depósito	Factor de aprovechamiento	
16.650	3	0,5	24.975 m³ útiles

Tabla nº 16, Volumen aproximado aprovechable para el almacenamiento de agua, Parque Pignatelli

Fuente: Elaboración propia

El sistema expuesto durante el ejercicio consta de dos depósitos, el de aguas pluviales y el de aguas recirculadas. **El primero precisa de un volumen mayor de 87,72 m³ mientras que el segundo solo ocupa 1,38 m³. Por lo tanto, el espacio urbano sería más que suficiente para dar cabida a los depósitos que precisan el sistema.**

A pesar de no suponer un cálculo real ni un ejemplo que se vaya a realizar en la proximidad, resulta interesante analizar casos similares con los datos obtenidos hasta el momento y ver el alcance de estas oportunidades.

El ejemplo que se ha expuesto implicaba que 255 vecinos precisaban de una media de 90 m³ para el aprovechamiento de las aguas pluviales y recirculadas. Sin embargo, el espacio urbano posee un almacenamiento superior. Partiendo de 24975 m³ útiles del parque, podemos obtener que hasta **70.760 personas aproximadamente podrían ser beneficiarias de estas soluciones.**

No obstante, la ciudad de Zaragoza posee otros espacios con características similares.

En **Casablanca** se encuentra la planta potabilizadora de agua y junto a esta, un depósito de agua que cuenta con embarcaciones recreativas y un restaurante en el "lago". Este gran almacén de agua cuenta con una superficie total de casi 44.000 m². A través de cálculos similares a los anteriores podemos obtener:

Área actual	Profundidad depósito	Factor de aprovechamiento	Volumen útil (m ³)
44.000	3	0,5	66.000 m³ útiles

Tabla nº 17, Volumen aproximado aprovechable para el almacenamiento de agua, Casablanca Fuente: Elaboración propia

A partir de un volumen de 66.000 m³ útiles, hasta **187.000 personas podrían ser beneficiarias de la captación de precipitaciones y recirculación de agua.**

Otro caso similar es el **Parque de la Palabra, en Montecanal**. A pesar de no ser un depósito al uso, posee características similares. Posee una superficie total de 12.137 m²:

Área actual	Profundidad depósito	Factor de aprovechamiento	Volumen útil (m ³)
12.137	2	0,5	12.137 m³ útiles

Tabla nº 18, Volumen aproximado aprovechable para el almacenamiento de agua, Montecanal Fuente: Elaboración propia

En este caso, se han cambiado las características del depósito adecuándolo a una realidad más próxima a la existente.

Aún reduciendo el área y la profundidad, el depósito constaría de 12.137 m³ útiles, lo que podría llegar a servir a **34.400 personas.**

Con estos ejemplos no se pretende una solución universal ni directa, todo lo contrario. En un tema tan amplio, diverso y cambiante se ha de investigar e imaginar constantemente.

Sin embargo, podemos analizar y obtener conclusiones comunes a todos los casos:

- **Micro-sistemas:** Las ciudades no están adaptadas a día de hoy a redes separativas y esperar que eso suceda supone una realidad idealizada y lejana a las previsiones. Por lo tanto, es preciso pensar en sistemas colectivos más pequeños en los que las instalaciones sean más fáciles de adaptar y en los que el espacio urbano y las necesidades de la ciudad convivan en armonía.
- **Conexión público-privado:** Los edificios por si solos presentan un déficit de espacio para el almacenamiento del agua. La acumulación de precipitaciones es necesaria para su uso a largo plazo, sin embargo, no es posible resolverlo en un único edificio. La colaboración entre el suelo público y el privado será indispensable para el correcto desarrollo de este tipo de sistemas.
- **Colaboración entre el urbanismo y la construcción:** Los nuevos desarrollos urbanos deben pensarse en torno a espacios que sirvan a la comunidad. Desde los edificios, los jardines, los futuros parques hasta el pavimento con el que se construya. Todos los elementos del proyecto deberán trabajar en consonancia y hacia un fin común.
- **Adaptación de los SUDS a cada situación:** Existen tantas soluciones de sistemas de desarrollo sostenible como problemas. Se ha de estudiar cada caso, investigar, probar y comenzar su puesta en marcha. Se debe priorizar el retorno a soluciones naturales, lógicas e innatas.

El papel de la arquitectura en este campo es indispensable, y nosotros, como técnicos debemos ser responsables del desarrollo que realizamos. El compromiso con el futuro a día de hoy es un mérito personal, sin embargo, no tardará mucho en tratarse de un requisito.

La búsqueda de opciones es infinita y se ha de investigar e imaginar constantemente. La solución a los problemas hídricos no puede pasar únicamente por la nueva construcción e implantación de territorios, también será preciso adaptar los barrios y los sistemas ya existentes.

El resultado pasará por volver a estados iniciales, **la arquitectura retornará a soluciones lógicas en los que el sentido común natural será el que guíe el desarrollo.**



Figura nº 0, Infografía alcance de la propuesta
Fuente: Elaboración propia

6. REFERENCIAS

1. Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. En: Iniciativas contra el cambio climático [en línea]. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/cumbre-cambio-climatico-cop21/iniciativas-contra-el-cambio-climatico/> [consulta: mayo 2023].
2. ONU. ¿Qué es el cambio climático?. En: Acción por el Clima [en línea]. Disponible en: <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change#:~:text=El%20cambio%20clim%C3%A1tico%20se%20refiere,solar%20o%20erupciones%20volc%C3%A1nicas%20grandes.> [consulta: mayo 2023].
3. Barlow, Mathew, 2021. En: Informe IPCC: por qué el cambio climático causa tormentas e inundaciones más intensas [en línea]. Disponible en: <https://theconversation.com/informe-ipcc-por-que-el-cambio-climatico-causa-tormentas-e-inundaciones-mas-intensas-165836> [consulta: mayo 2023].
4. F. Zarza, Laura, 2022. En: ¿Qué es la contaminación difusa? [en línea]. Disponible en: <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-contaminacion-difusa> [consulta: mayo 2023].
5. NextGenerationEU. En: Make it Real [en línea]. Disponible en: https://next-generation-eu.europa.eu/index_es [consulta: mayo 2023].
6. Parlamento Europeo, 2024. En: Informe sobre la propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a la eficiencia energética de los edificios [en línea]. Disponible en: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-9-2023-0033_ES.pdf [consulta: mayo 2023].
7. National Geographic, 2023. En: ¿Qué es una DANA y cómo afectará a España? [en línea]. Disponible en: (https://www.nationalgeographic.com.es/medio-ambiente/que-es-dana-y-como-afecta-a-espana_19959) [consulta: mayo 2023].
8. Bolea, Jordi, 2017. En: Informe de Posicionamiento de GBCe sobre Economía Circular [en línea], p. 1. Disponible en: https://gbce.es/wp-content/uploads/2020/04/Informe-posicionamiento-EC-GBCe_v2019.pdf [consulta: mayo 2023].
9. Surus. En: Economía circular: ¿Qué hay de nuevo, viejo? [en línea]. Disponible en: <https://www.surusin.com/blog/economia-circular-aplicada/> [consulta: mayo 2023].

10. European Commission, 2020. En: Circular economy action plan [en línea]. Disponible en: https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en [consulta: mayo 2023].
11. Cruz Roja, 2021. En: Las cicatrices de la DANA que arrasó Murcia y Alicante dos años después [en línea]. Disponible en: <https://www2.cruzroja.es/web/ahora/-/dana-reconstruccion-segundo-aniversario> [consulta: mayo 2023].
12. Europa Press Sociedad, 2018. En: Qué es la gota fría o DANA, dónde y cómo se produce y cómo actuar [en línea]. Disponible en: [https://www.europapress.es/sociedad/noticia-gota-fria-d_o_n_d_e--p_r_o_d_u_c_e--actuar-20181018175733.html#:~:text=Una%20DANA%2C%20o%20gota%20fr%C3%ADa,de%20varios%20cientos%20de%20kil%C3%B3metros.](https://www.europapress.es/sociedad/noticia-gota-fria-d-o-n-d-e--p-r-o-d-u-c-e--actuar-20181018175733.html#:~:text=Una%20DANA%2C%20o%20gota%20fr%C3%ADa,de%20varios%20cientos%20de%20kil%C3%B3metros.) [consulta: mayo 2023].
13. Hernández, María y Morote, Álvaro Francisco, 2017. En: El uso de aguas pluviales en la ciudad de Alicante de viejas ideas a nuevos enfoques. [en línea].
14. AQUA ESPAÑA, 2016. En: Guía Técnica de aprovechamiento de aguas pluviales en edificios [en línea].
15. Ayuntamiento de Alicante, 2021. En PARQUE LA MARJAL [en línea]. Disponible en: <https://www.alicante.es/es/equipamientos/parque-marjal> [consulta: mayo 2023].
16. AQUA ESPAÑA, 2016. En: Guía Técnica de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises en edificios [en línea].
17. Zaragoza. En: Antiguos Depósitos de Agua de Pignatelli [en línea]. Disponible en: https://www.zaragoza.com/monumentos-zaragoza/antiguos-depositos-agua-pignatelli/#Informacion_de_los_Antiguos_Depositos_de_Agua_de_Pignatelli [consulta: mayo 2023].
18. Zaragoza Noticias, 2020. En: Urbanismo presenta el proyecto de urbanización del área del parque Pignatelli tras su paralización [en línea]. Disponible en: <https://www.zaragoza.es/sede/servicio/noticia/230669> [consulta: mayo 2023].
19. INGENNUS, 2022. En: Pignatelli [en línea]. Disponible en: <https://ingennus.com/proyectos/pignatelli/> [consulta: mayo 2023].
20. Víctor Puértolas Abad, 2015. En: La mejora del medio ambiente urbano. Infraestructuras verdes y Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en Zaragoza. [en línea].

21. Grupopineda GLOBAL SPORTS, 2023 En: Qué es el pavimento continuo drenante [en línea]. Disponible en: <https://grupopineda.eu/drenante-continuo-usos-ventajas/#:~:text=El%20pavimento%20drenante%20es%20un,subsuelo%20o%20sistemas%20de%20alcantarillado.> [consulta: mayo 2023].
22. FOCUSPUEDRA, 2023. En: El Gendarmenmarkt, la histórica plaza de Berlín, renovará todo el pavimento de piedra natural [en línea]. Disponible en: (URL) [consulta: mayo 2023].
23. Instituto Nacional de Estadística, 2020. En: Estadística sobre el Suministro y Saneamiento del Agua [en línea]. Disponible en: https://www.ine.es/prensa/essa_2020.pdf [consulta: mayo 2023].

5.1 ÍNDICE DE FIGURAS

Figura nº 0. Infografía alcance de la propuesta. Fuente: Elaboración propia.

Figura nº 1. Nuevos desplazamientos por desastres: desglosado por amenazas (2008 - 2020). Fuente: En línea (<https://www.internal-displacement.org/global-report/grid2021/spanish.html>) .

Figura nº 2. Infografía aguas pluviales. Fuente: Elaboración propia.

Figura nº 3. Infografía Economía Circular. Fuente: Elaboración propia.

Figura nº 4. Infografía Sistema Urbano de Desarrollo Sostenible, causas y estrategias. Fuente: Elaboración propia.

Figura nº 5. Parque inundable de la Marjal, Alicante. Fuente: En línea (<https://www.informacion.es/la-cronica-barrios-alicante/2023/05/31/parque-marjal-alicante-cumple-8-88124672.html>).

Figura nº 6. Esquema de suministro y evacuación de aguas, orden de prioridad en la administración. Fuente: Elaboración propia.

Figura nº 7. Infografía aguas pluviales. Fuente: Elaboración propia.

Figura nº 8. Esquema de reutilización de aguas, sistema sin tratamiento. Fuente: Elaboración propia.

Figura nº 9. Esquema de reutilización de aguas, sistema con tratamiento biológico. Fuente: Elaboración propia.

Figura nº 10. Esquema de escorrentía natural del entorno urbano. Fuente: Elaboración propia.

Figura nº 11. Infografías propuesta actual de proyecto. Fuente: En línea (del <https://www.zaragoza.es/sede/servicio/noticia/230669>).

Figura nº 12. Esquema disposición de bloques. Fuente: Elaboración propia.

Figura nº 13. Esquema orientativo de la disposición del depósito de agua pluvial. Fuente: Elaboración propia.

Figura nº 14. Diagrama consumo de agua por horas. Fuente: En línea (AQUA ESPAÑA, 2016. En: Guía Técnica de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises en edificios).

Figura nº 15. Esquema orientativo de la disposición del depósito de agua pluvial y agua recirculada. Fuente: Elaboración propia.

Figura nº 16 . Infografía propuesta actual de proyecto. Fuente: Elaboración propia.

Figura nº 17. Diagrama orientativo del funcionamiento del pavimento drenante en el caso de estudio. Fuente: Elaboración propia.

Figura nº 18. Infografía de la implementación de los SUDS en la propuesta actual del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

5.1 ÍNDICE DE TABLAS

Tabla nº 1. Problemática del drenaje urbano. Fuente: Elaboración propia.

Tabla nº 2. Metodología general. Fuente: Elaboración propia.

Tabla nº 3. Desarrollo personal del trabajo, vías de estudio y conclusiones. Fuente: Elaboración propia.

Tabla nº 4. Análisis del área urbana. Fuente: Elaboración propia.

Tabla nº 5. Coeficiente superficie captación. Fuente: AQUA España (Referencia 14).

Tabla nº 6. Desarrollo del trabajo final. Fuente: Elaboración propia.

Tabla nº 7. Propuestas para el ahorro hídrico. Fuente: Elaboración propia.

Tabla nº 8. Parámetros ocupantes de viviendas. Fuente: Elaboración propia.

Tabla nº 9. Total de ocupantes del edificio. Fuente: Elaboración propia.

Tabla nº 10. Cálculo de oferta. Fuente: Elaboración propia.

Tabla nº 11. Cálculo consumo medio anual por persona. Fuente: Elaboración propia.

Tabla nº 12. Cálculo demanda de agua pluvial compatible con el uso doméstico. Fuente: Elaboración propia.

Tabla nº 13. Cálculo volumen depósito aguas pluviales. Fuente: Elaboración propia.

Tabla nº 14. Cálculo demanda de agua recirculada compatible con el uso doméstico. Fuente: Elaboración propia.

Tabla nº 15. Cálculo volumen depósito aguas recirculadas. Fuente: Elaboración propia.

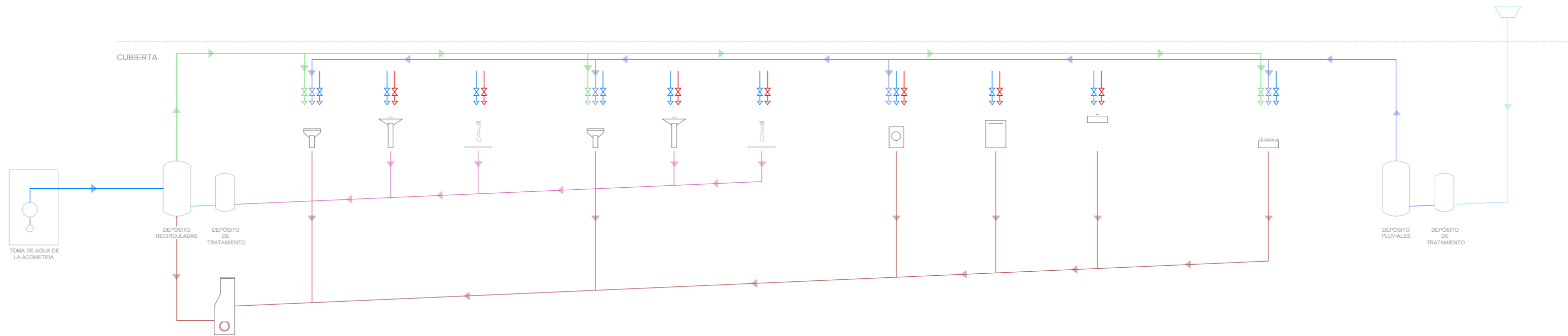
Tabla nº 16. Volumen aproximado aprovechable para el almacenamiento de agua, Parque Pignatelli. Fuente: Elaboración propia.

Tabla nº 17. Volumen aproximado aprovechable para el almacenamiento de agua, Casablanca. Fuente: Elaboración propia.

Tabla nº 18. Volumen aproximado aprovechable para el almacenamiento de agua, Montecanal. Fuente: Elaboración propia.

6. ANEXOS

ESQUEMA SUMINISTRO Y EVACUACIÓN DE AGUAS



AGUA PLUVIAL SIN TRATAR

AGUA FRÍA

AGUA CALIENTE

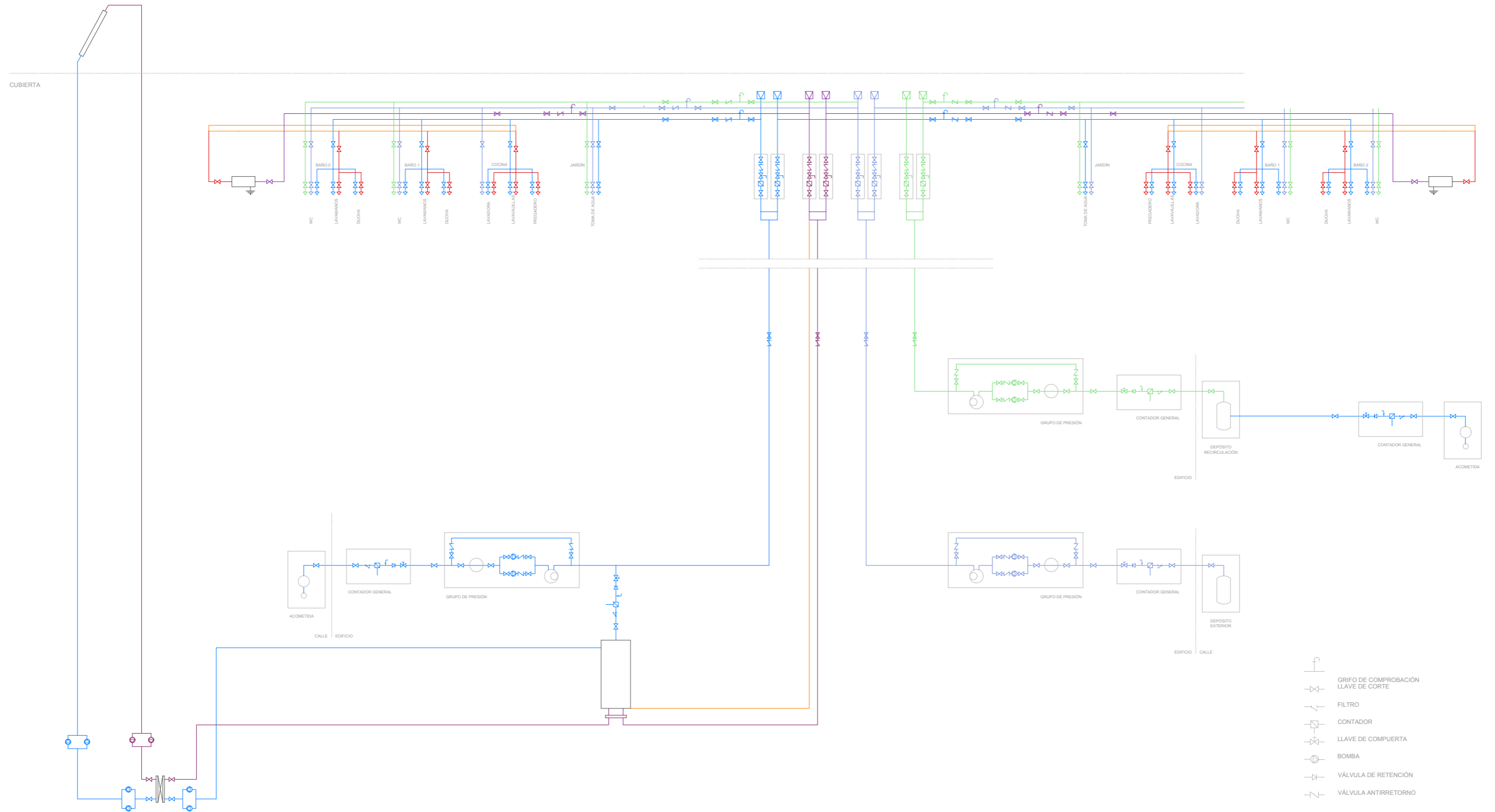
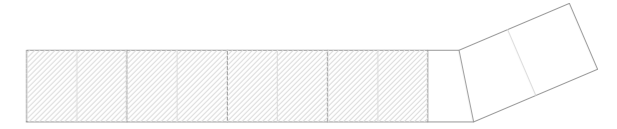
AGUA PLUVIAL TRATADA

AGUA RECIRCULADA

AGUAS GRISAS REUTILIZABLES

AGUAS NEGRAS

ESQUEMA ALZADO SUMINISTRO DE AGUA
 ACS, AFS
 Bloque de viviendas A - B - C - D



AGUA PLUVIAL SIN TRATAR

AGUA FRÍA

AGUA CALIENTE

AGUA PLUVIAL TRATADA

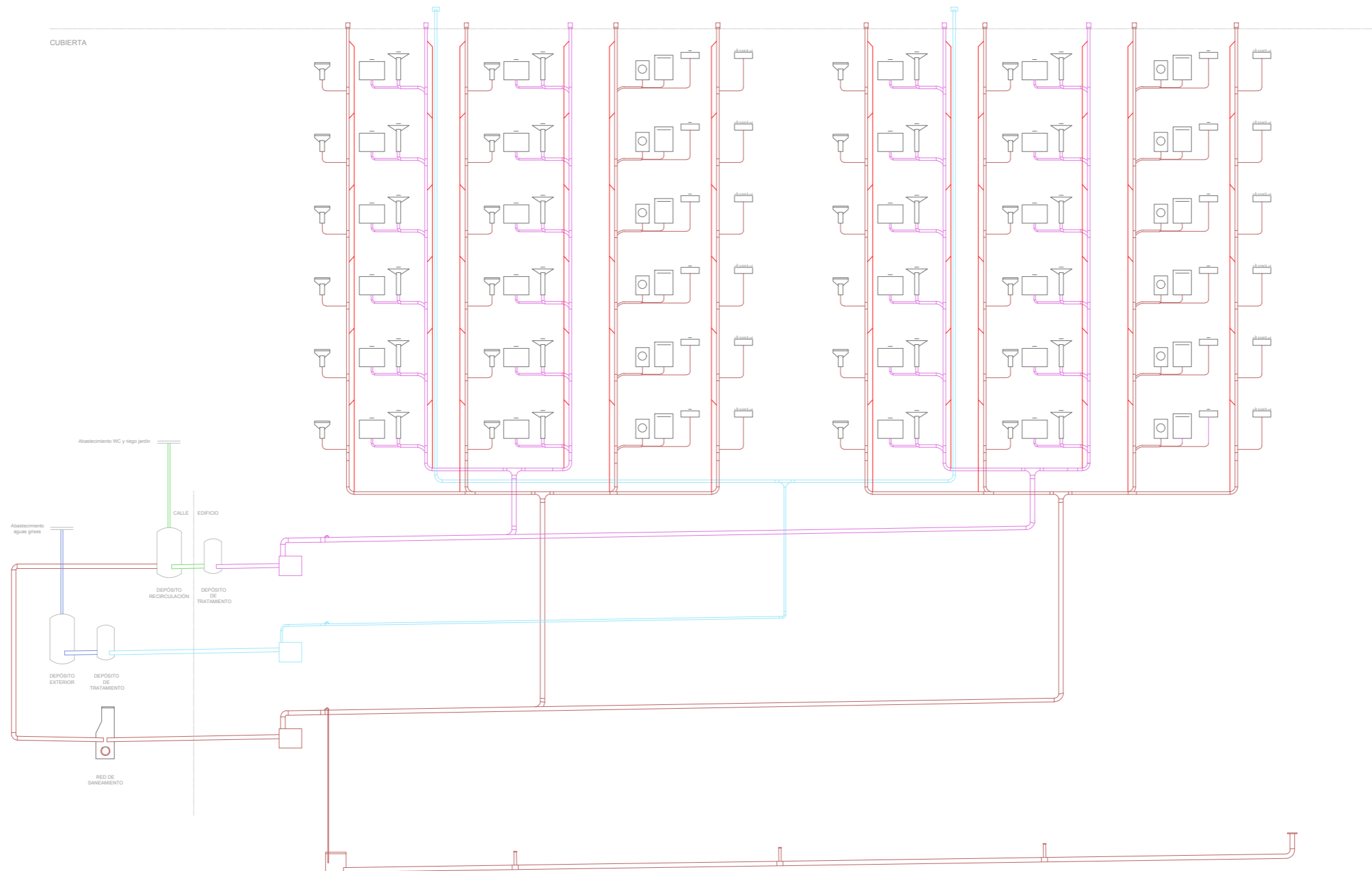
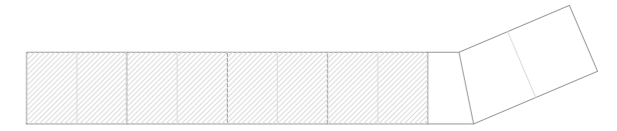
AGUA RECIRCULADA

AGUAS GRISAS REUTILIZABLES

AGUAS NEGRAS

ESQUEMA ALZADO EVACUACIÓN DE AGUA

Bloque de viviendas A - B - C - D



AGUA PLUVIAL SIN TRATAR

AGUA FRÍA

AGUA CALIENTE

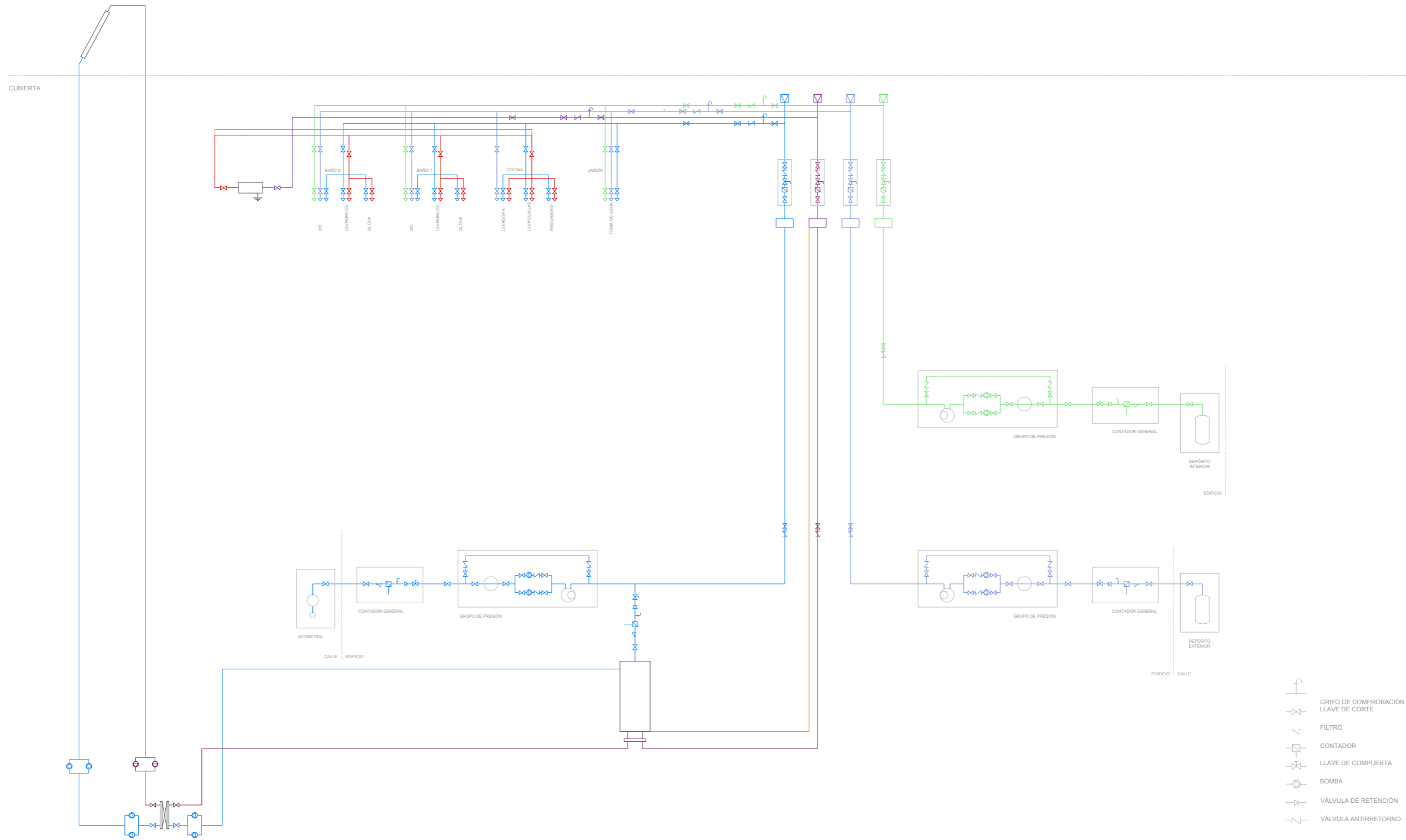
AGUA PLUVIAL TRATADA

AGUA RECIRCULADA

AGUAS GRISAS REUTILIZABLES

AGUAS NEGRAS

ESQUEMA ALZADO SUMINISTRO DE AGUA
ACS, AFS
Bloque de viviendas E



AGUA PLUVIAL SIN TRATAR

AGUA FRÍA

AGUA CALIENTE

AGUA PLUVIAL TRATADA

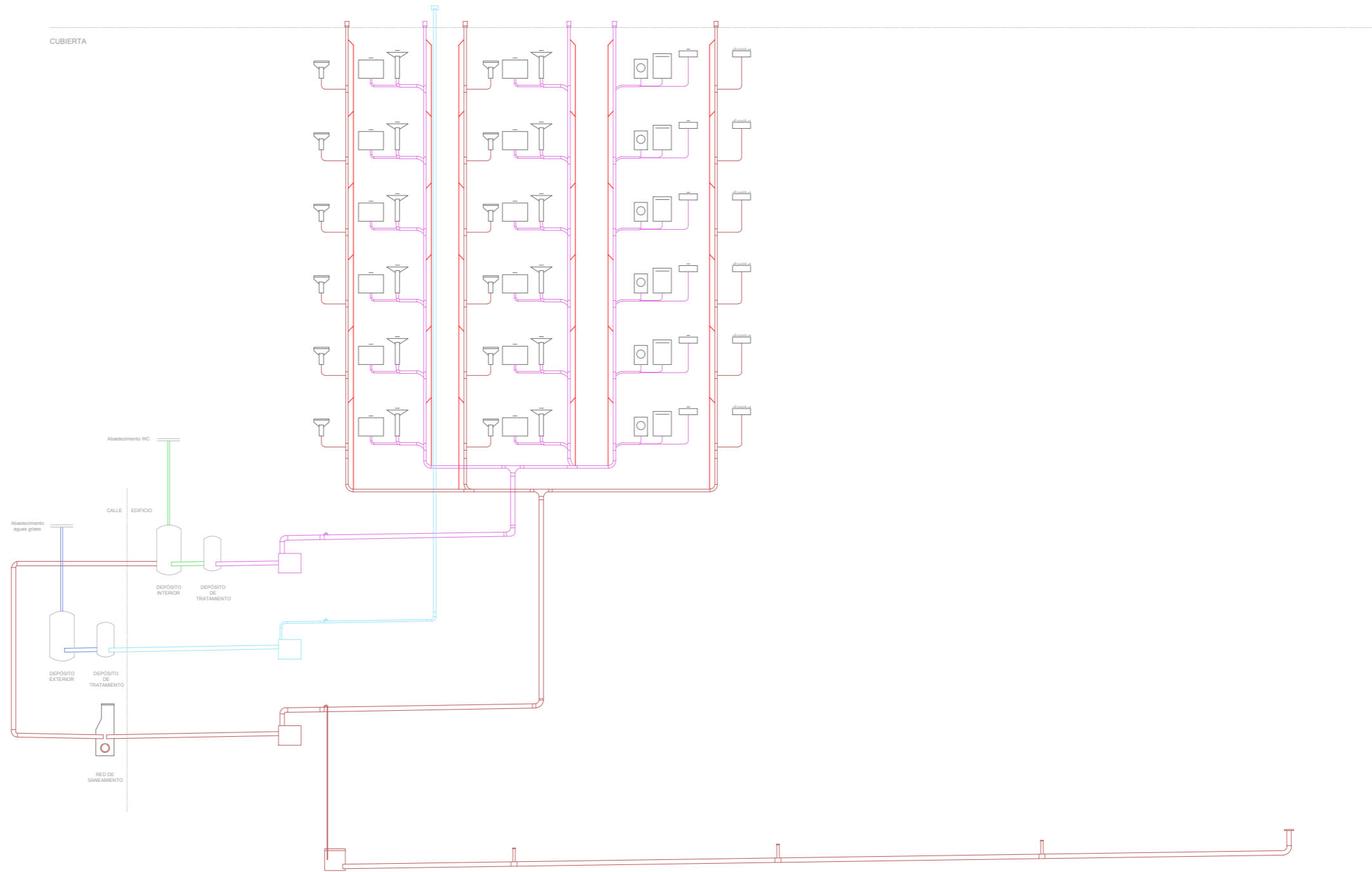
AGUA RECIRCULADA

AGUAS GRISAS REUTILIZABLES

AGUAS NEGRAS

ESQUEMA ALZADO EVACUACIÓN DE AGUA

Bloque de viviendas E



AGUA PLUVIAL SIN TRATAR

AGUA FRÍA

AGUA CALIENTE

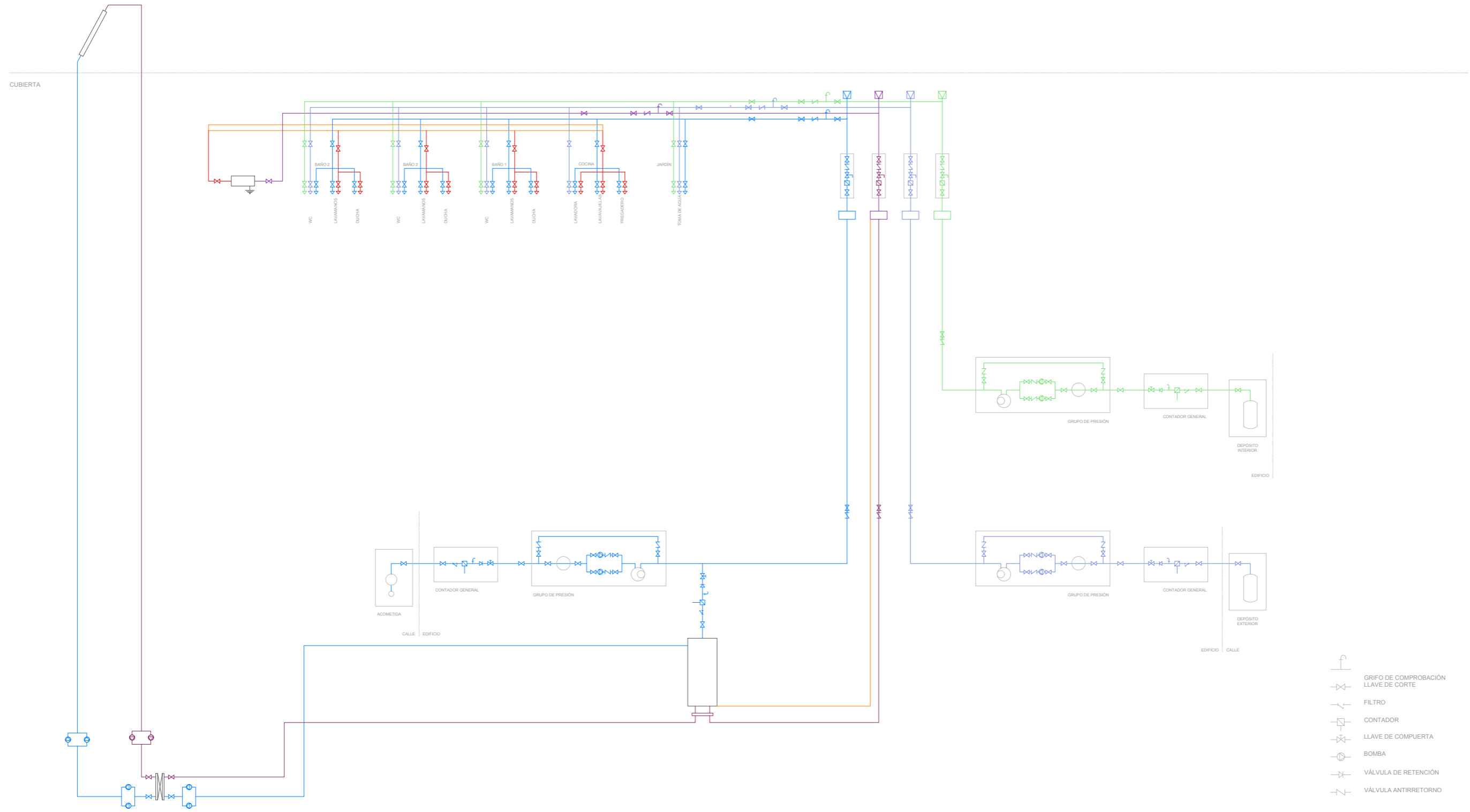
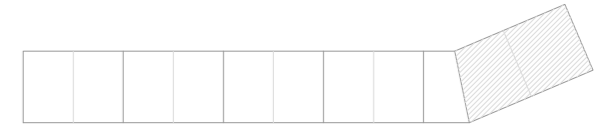
AGUA PLUVIAL TRATADA

AGUA RECIRCULADA

AGUAS GRISAS REUTILIZABLES

AGUAS NEGRAS

ESQUEMA ALZADO SUMINISTRO DE AGUA
 ACS, AFS
 Bloque de viviendas F (únicamente piso superior, ático)



AGUA PLUVIAL SIN TRATAR

AGUA FRÍA

AGUA CALIENTE

AGUA PLUVIAL TRATADA

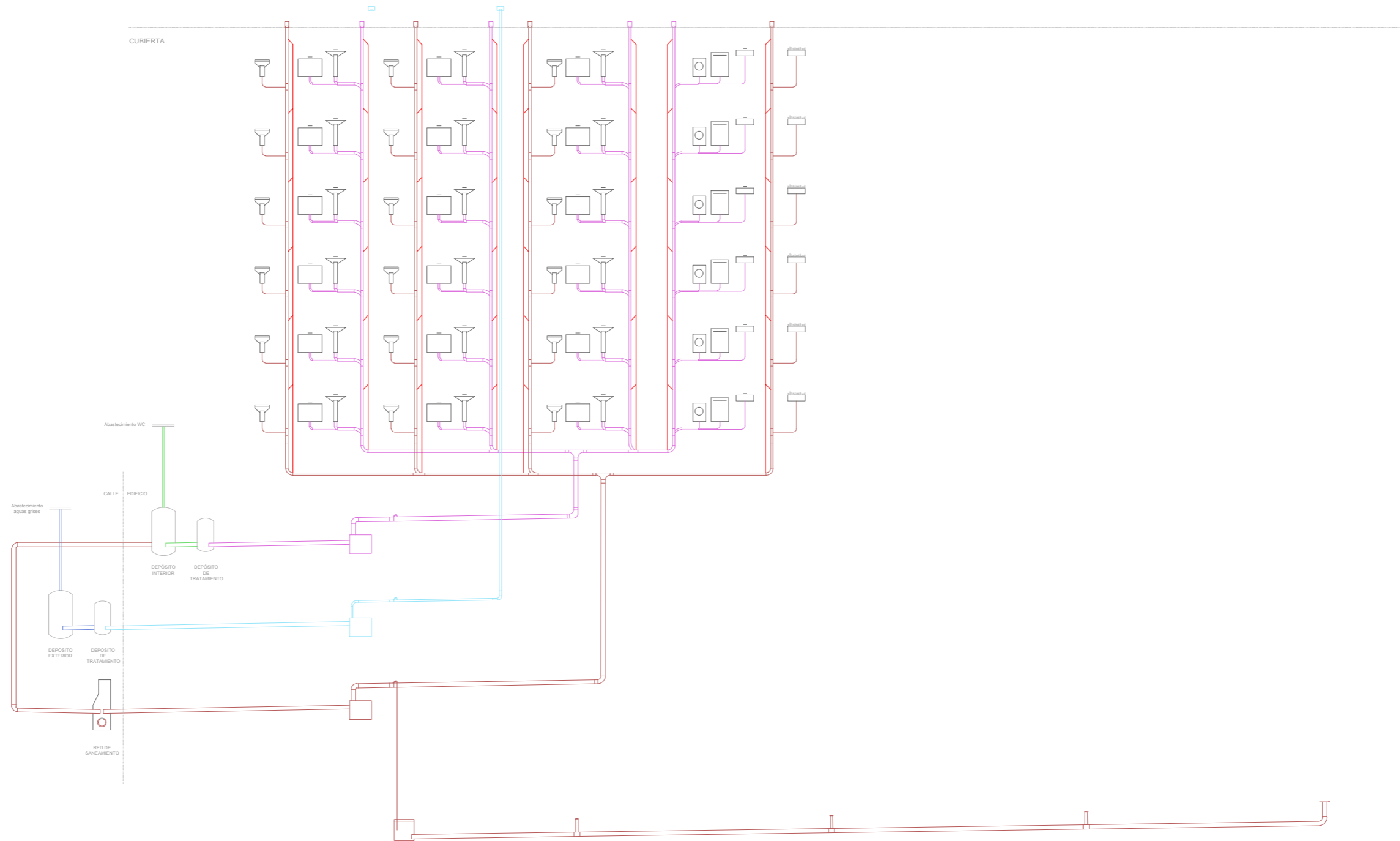
AGUA RECIRCULADA

AGUAS GRISAS REUTILIZABLES

AGUAS NEGRAS

ESQUEMA ALZADO EVACUACIÓN DE AGUA

Bloque de viviendas E (únicamente piso superior, ático)



AGUA PLUVIAL SIN TRATAR

AGUA FRÍA

AGUA CALIENTE

AGUA PLUVIAL TRATADA

AGUA RECIRCULADA

AGUAS GRISAS REUTILIZABLES

AGUAS NEGRAS