

Trabajo Fin de Grado

SISTEMAS DE DRENAJE URBANO
SOSTENIBLE APLICADOS A
ÁREAS INDUSTRIALES.
EL CASO DEL POLÍGONO DE
ARGALES VALLADOLID

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA
GRADO EN FUNDAMENTOS DE ARQUITECTURA
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

Septiembre 2021

Autora: Elena García Jiménez

Tutora: M^a Rosario del Caz Enjuto

RESUMEN

Las evidencias demuestran que el planeta Tierra viene padeciendo desde hace tiempo una crisis climática de notable magnitud e intensidad, una de cuyas consecuencias es el aumento de temperaturas y la alteración de las precipitaciones. El agua dulce, como producto de las precipitaciones, es imprescindible para el desarrollo de la vida de todos los seres vivos; pero es un bien escaso, lo que resulta social, económica y ambientalmente preocupante. Ante estas realidades, se plantea nuevas direcciones de investigación en el aprovechamiento de este bien natural. Por ejemplo, los denominados sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS, por sus siglas en inglés), que buscan el mayor acercamiento posible al funcionamiento del ciclo natural del agua en el aprovechamiento de las aguas pluviales, así como la eliminación y depuración natural de las aguas residuales.

Uno de los lugares con mayor potencial para la implantación de SUDS son las ciudades, debido a su elevada huella en el planeta provocada por su alta densidad de población. Deben incluirse en las gestiones municipales y en los planes de desarrollo urbano este tipo de sistemas, de manera que se alcance un aprovechamiento del agua, logrando mitigar los efectos de la crisis climática.

El trabajo que se presenta hace una revisión del estado de la cuestión en torno al ciclo del agua y al reciente concepto de SUDS, analiza pormenorizadamente diversos tipos de SUDS que pueden plantearse como alternativa a los sistemas de drenaje y depuración tradicionales, para abordar, por último, la aplicación de varios tipos de SUDS en áreas industriales. Particularmente, hace una propuesta de implementación de los mismos en el polígono industrial de Argales, en Valladolid.

PALABRAS CLAVES

Ciclo del agua, SUDS, SUDS en áreas industriales, sostenibilidad urbana, crisis climática, sistemas urbanos de drenaje sostenible.

ABSTRAT

Evidence shows that planet Earth has been suffering for a long time a climate crisis of remarkable magnitude and intensity, one of the consequences of which is the increase in temperatures and the alteration of rainfall. Fresh water, as a product of rainfall, is essential for the development of life of all living beings; But it is a scarce good, which is socially, economically and environmentally worrisome. Faced with these realities, new directions of research are proposed in the use of this natural asset. For example, the so-called sustainable urban drainage systems (SUDS), which seek the closest possible approach to the functioning of the natural water cycle in the use of rainwater, as well as the natural elimination and purification of the sewage water.

One of the places with the greatest potential for the implementation of SUDS are cities, due to their high footprint on the planet caused by their high population density. These types of systems should be included in municipal management and urban development plans, so that water use is achieved, thus mitigating the effects of the climate crisis.

The work presented reviews the state of the art around the water cycle and the recent concept of SUDS, analyzes in detail various types of SUDS that can be considered as an alternative to traditional drainage and treatment systems, to address, for Finally, the application of various types of SUDS in industrial areas. In particular, it makes a proposal for their implementation in the Argales industrial estate, in Valladolid.

KEY WORDS

Water cycle, SUDS, SUDS in industrial areas, urban sustainability, climate crisis, urban sustainable drainage systems.

ÍNDICE

1. Introducción.....	8
2. Objeto, objetivos y metodología del trabajo.....	10
3. Estado de la cuestión.....	13
4. Breve revisión histórica.....	17
4.1. Antecedentes en España.....	18
4.2. Sistemas convencionales de gestión de aguas urbanas.....	19
4.3. Un nuevo enfoque: sistemas urbanos de drenaje sostenible.....	20
5. Sistemas urbanos de drenaje sostenible.....	23
5.1. El ciclo natural y el ciclo urbano del agua.....	25
5.2. Objetivos de los SUDS.....	27
5.3. Mecanismos de eliminación de contaminantes.....	29
5.4. Beneficios de los SUDS.....	30
5.5. Clasificación.....	31
5.6. Siete tipos de SUDS. Fichas técnicas.....	43
5.6.1. Superficies permeables.....	44
5.6.2. Zanjas de infiltración	47
5.6.3. Depósitos de recogida.....	50
5.6.4. Parques inundables.....	52
5.6.5. Zonas de biorretención / jardines de lluvia	54
5.6.6. Humedales artificiales.....	57
5.6.7. Cubiertas verdes.....	59
6. Análisis del área industrial del polígono Argales.....	61
6.1. Introducción.....	62
6.2. Evolución.....	63
6.3. Características del Polígono Argales.....	64
6.3.1. Clasificación de usos.....	65
6.3.2. Movilidad y espacios libres.....	66
6.3.3. Infraestructuras.....	68
6.4. Situación actual.....	70

7. Inserción de SUDS en el polígono Argales.....	73
7.1. Superficies permeables.....	75
7.2. Zanjas de infiltración	79
7.3. Depósitos de recogida.....	82
7.4. Parques inundables.....	84
7.5. Zonas de biorretención / jardines de lluvia	85
7.6. Humedales artificiales.....	88
7.7. Cubiertas verdes.....	91
8. Conclusiones.....	93
9. Bibliografía y fuentes consultadas.....	96
10. Anexo 1.....	106



1. INTRODUCCIÓN

Figura 1.0: Fuente ver Anexo 1
Primera fase del ciclo natural del agua; Evaporación natural

1. INTRODUCCIÓN

Este Trabajo Fin de Grado se inscribe dentro de una línea de investigación que lleva a cabo la profesora M. Rosario del Caz Enjuto, tutora del mismo. Dicha línea se desarrolla en el proyecto INDNATUR, "el cual tiene como objeto diseñar y aplicar sistemas de mejora ambiental de los polígonos industriales del área de cooperación Norte de Portugal-Castilla y León, a través de la implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza. La mejora ambiental, pero también social, económica y cultural, derivará de la incorporación combinada de pautas de renaturalización y de sistemas de drenaje urbano sostenible, tanto en espacios y edificios públicos como privados" (Página web del proyecto INDNATUR, 2021). Partiendo de este marco general, el TFG se centra en el ámbito de la Ecología Urbana y más específicamente en el ciclo del agua en las ciudades, en el estudio del tratamiento ecológico de la evacuación y depuración natural del agua de lluvia y de las aguas residuales de un modo sostenible, tanto desde un punto de vista general, como desde un punto más específico, centrándolo en áreas industriales. En este trabajo se estudia y se propone una posible intervención acorde con los análisis teóricos en el Polígono de Argales en Valladolid.

Todo ello puesto que el uso de agua en las ciudades resulta inadecuado, entre otras cosas, porque se consume más cantidad de la necesaria. Además, una gran parte del total utilizado es agua potable, no siendo preciso para algunos usos, con la incidencia que ello tiene en el incremento de los costes económicos y energéticos necesarios para la potabilización. Sin embargo, buena parte del agua de lluvia suele perderse debido a su mala gestión.

"Una gestión sostenible del agua en los ámbitos urbanos pasa por hacer que el ciclo urbano de potabilización-depuración se acerque más al ciclo natural del agua (evaporación-condensación-precipitación). Ello implica recoger, almacenar y tratar localmente las aguas de lluvia (a las que se pueden sumar las aguas grises, con un ligero tratamiento previo); por hacer más permeables los suelos urbanizados (con el fin de fomentar la infiltración de agua en el subsuelo y frenar las escorrentías); o por reducir el consumo de agua potable (lo que implica utilizar la calidad de agua adecuada a cada uso)" (Normas Urbanísticas de Baltanás y Valdecañas, 2013 ,pag. 32).

El trabajo pretende poner de manifiesto los beneficios del tratamiento del agua de una manera sostenible mediante la implantación de sistemas urbanos de drenaje sostenibles, (SUDS). Dichas mejoras no afectan solo al consumo de agua, sino que también en la economía, la sociedad, medio ambiente, biodiversidad, vegetación y espacios libres naturales, lo cual contribuye a cuidar la salud del planeta a la par que la de sus habitantes.



2. OBJETO, OBJETIVOS Y METODOLOGÍA DEL TRABAJO

Figura 2.0: Fuente ver Anexo 1

Primera fase del ciclo natural del agua; Condensación natural (Nubes grises con gran carga de agua)

2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA DEL TRABAJO

El objetivo final de este trabajo fin de grado es dar a conocer la importancia de los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenibles (SUDS), por su potencialidades de mejora medio ambiental y sus beneficios con el fin de fomentar su uso, así como su posible aplicación en áreas industriales.

Para lograr una percepción de la situación actual y las mejoras que podrían acontecerse se han desarrollado unos objetivos específicos en cada uno de los capítulos:

- Conocer la importancia y las cualidades de los sistemas de drenaje urbano sostenible a lo largo de la historia, lo que puede servir de referencia para la actualidad.
- Exponer cómo pueden mejorar la calidad de vida de las ciudades y su entorno con la implantación de SUDS.
- Poner de relieve los beneficios que se buscan con ellos, cómo funcionan y los resultados esperados tras su incorporación en un área.
- Para dar cuenta de esta realidad se analizan con detalle siete de los tipos de sistemas de drenaje urbano sostenible, dando a conocer ventajas, desventajas, adaptabilidad, costes, etc. Los cuales hacen darse cuenta de cómo hay muchos factores que afectan en la elección de un sistema u otro, pero que cada uno de ellos tiene su función aunque todos ellos luchan por lo mismo el mejor tratamiento del agua.
- Llevado a la realidad se analiza un área industrial de Valladolid donde se hace una propuesta teórica de implantación estos sistemas de manera coherente y atendiendo a las diferentes necesidades. El área escogida es un distrito industrial en el que es muy importante tratar el agua por su alta carga de contaminación.

La recopilación de datos, documentos e información de los diferentes temas tratados ha sido la metodología seguida para la elaboración de este trabajo. Se partió de una bibliografía propuesta por la tutora, a partir de la cual se localizaron nuevas fuentes de información. Con la evolución del trabajo se ha producido una retroalimentación entre las tutorías y la nueva documentación encontrada.

La gran mayoría de fuentes consultadas han sido en forma de ensayo, estudios y trabajos de investigación, ya que es un tema sobre el que hay cuantiosa literatura. Es por ello que ha sido necesario realizar una síntesis de las diversas fuentes, con objeto de llegar a un planteamiento propio.

Posteriormente, se procedió a realizar un análisis del polígono Argales centrado especialmente en los puntos interesantes a la hora de hablar de sistemas sostenibles de captación de agua. Se tomaron como base los datos del PGOU y de los Planes parciales y, a partir de ellos, del trabajo

de campo realizado y de las conclusiones obtenidas en los capítulos anteriores del trabajo, se realiza una propuesta de inserción de los SUDS analizados en el polígono de Argales.

Para finalizar, después de conocer los SUDS teóricamente y de realizar un análisis del área en cuestión se expone una opinión más personal de cómo podrían insertarse éstos en el polígono.



3. ESTADO DE LA CUESTIÓN

Figura 3.0: Fuente ver Anexo 1
Primera fase del ciclo natural del agua; Precipitación (lluvia)

3. ESTADO DE LA CUESTIÓN

Hasta hace pocos años, el objetivo era la evacuación de la mayor cantidad de agua de escorrentía posible sin prestar atención a la calidad de este agua. Esto es debido al diseño del sistema de evacuación de agua, pensado únicamente en evitar inundaciones. Vertiendo de esta manera agua de escorrentía con una carga considerable de contaminantes la cual afectara al medio ambiente.

La Comisión de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas, en el documento "Nuestro futuro común" de 1987, propone el concepto de desarrollo sostenible con el enunciado: "El desarrollo sostenible es un desarrollo que satisface las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades" (Mulder, 2007).

Más tarde en 1992 se enuncia: "El derecho al desarrollo debe ejercerse en forma tal que responda equitativamente a las necesidades de desarrollo y ambientales de las generaciones presentes y futuras" en el tercer principio de la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo.

De acuerdo con el Ministerio de Medio Ambiente las nuevas urbanizaciones deberían ser de bajo impacto reduciendo la impermeabilización del suelo, todo ello recogido en el "Libro Verde de Medioambiente Urbano" (2007). En este mismo año y con la misma finalidad orientativa se publicó "La sequía en España. Directrices para minimizar su impacto" (Eduardo García Haba, 2012, pag 72.). El año siguiente se publicó "Gestión de las aguas pluviales. Implicaciones en el diseño de los sistemas de saneamiento y drenaje urbano" por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

En los últimos años la Universidad de Cantabria, con el Grupo de Investigación de Tecnología de la Construcción (GITECO), ha aportado numerosos trabajos y artículos referidos a los pavimentos permeables. Por otro lado, en 2010, Aquaval trató de implantar planes de gestión sostenible de aguas pluviales mediante SUDS para Valencia.

De estos documentos se deriva la consideración de que las intervenciones sostenibles son aquellas en las que se cumplen los principios económicos, ecológicos y sociales del desarrollo sostenible. "La edificación o arquitectura sostenible ofrece edificios que hacen frente a los problemas medioambientales actuales mediante un correcto diseño y construcción que permite disminuir fundamentalmente las demandas energéticas de iluminación y climatización" (Trapote y Fernández 2016, pag. 4). Estas consideraciones pueden aplicarse también al ciclo urbano del agua, cuyo debe acercarse lo más posible al funcionamiento natural del mismo, cuando se efectúen las modificaciones del sistema de drenaje tradicional a uno más sostenible.

Desde hace unos años vienen planteándose cambios referidos a los sistemas de drenaje urbano, por lo que se podría decir que actualmente estamos en un momento de transición. Se promueve una reforma en el planeamiento urbanístico considerando nuevas técnicas de drenaje sostenible que gestionen de forma eficiente la calidad de las aguas de escorrentía urbana. Con estas bases se afrontan de diferente manera los nuevos proyectos, aunque hay pocos especialistas y se mezclan las bases convencionales con las nuevas, reduciendo eficiencia, resultados y confianza en los SUDS (SUD Sostenible, 2016)

En los últimos años los SUDS han tomado importancia. Los frecuentes problemas generados por las lluvias torrenciales hacen que se comience a utilizar otros sistemas de drenaje. Por ejemplo los “tanques de tormenta¹ dentro del sistema de alcantarillado” son soluciones cuestionadas y muy costosas. El acercamiento al método natural con la implantación de SUDS ya se ha llevado a cabo en ciudades como Madrid, Barcelona, Vitoria, Sevilla y Granada, el resto de ciudades deben seguir el mismo camino (Sánchez, 2019).



Figura 3.1: Ejemplos de SUDS en España: Fuente: ver anexo 1

¹ Un tanque de tormentas, o aliviadero, infraestructura de almacenamiento de agua conectada a una red de alcantarillado que mediante colectores llevan el agua a él y lo almacenan para disminuir las inundaciones.



Urbanización Bon Pastor Bcn



Urb. Poble Nou Barcelona



Urbanización Can Cortada



Urb. Meixofrio, Oleiros

Figura 3.2: Ejemplos de SUDS en España: Fuente: ver anexo 1



Cubierta nueva estación Logroño



Cubierta estación Sants. Bcn

Figura 3.3: Ejemplos de SUDS en España: Fuente: ver anexo 1



4. BREVE REVISIÓN HISTÓRICA

Figura 4.0: Fuente ver Anexo 1

Primera fase del ciclo natural del agua; Precipitación (nieve)

4. BREVE REVISIÓN HISTÓRICA

4.1. ANTECEDENTES EN ESPAÑA

Durante la década de los 90, en España se construyeron numerosas Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) en respuesta a la directiva europea 91/271/CEE, que establecía un calendario progresivo de tratamiento de las aguas residuales, poniendo en relevancia los problemas de la contaminación y la preocupación por la escorrentía en las zonas urbanizadas. Se ha avanzado con el paso de los años en la incorporación de la gestión sostenible del agua de lluvia, pero el empleo de SUDS no fue acogido como se debería (Rodríguez Arbelo, 2017).

La creación de nuevas líneas de investigación van dando sus frutos con soluciones multifuncionales cada vez más integradas, como las que se pueden ver en Barcelona, en el Estadio Wanda Metropolitano y también en espacios públicos de múltiples ciudades.

Sin embargo, uno de los mayores problemas en la incorporación de los SUDS al diseño se encuentra en la Administración Central. La cual debería realizar una normativa común para que las Administraciones Locales puedan diseñar sus planes de intervención, solo de esta manera se conseguirán las mismas condiciones de las que gozan los sistemas convencionales de drenaje (Agua y Ciudad: Sistemas de drenaje urbano sostenible, Conama 2018, pág. 10)

Por lo tanto, existen en España una serie de retos para la colocación de SUDS como la normativa, financiación, coordinación intersectorial, cultura de la ecología urbana, profesionales, ejecución, mantenimiento y evolución.

De acuerdo con el Informe OPPA de 2017, a nivel normativo, recientemente en España se ha avanzado en cuatro niveles:

- Primero, a nivel europeo, las principales normativas relacionadas con el drenaje urbano, la Directiva Marco del Agua (DMA 200/60/EC) y la Directiva de Vertidos (91/271/CEE) no contemplan explícitamente la problemática de la gestión del drenaje urbano en episodios de lluvia.
- Segundo, a nivel Estatal, la aprobación del Real Decreto 1290/2012 ha establecido la obligatoriedad de obtener una Autorización de vertido para los desbordamientos de los sistemas de saneamiento de ciudades con más de 50.000 habitantes equivalentes. Esto supone un avance significativo para la mejora del estado de las masas de agua.
- Tercero, a nivel Autonómico destacan distintos Planes de Ordenación Territorial como el POT de la comunidad foral de Navarra o la Ley de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Paisaje (LOTUP) y el Plan de Acción para la prevención del riesgo de inundación (PATRICOVA) de la Comunitat Valenciana.

- Cuarto, a nivel municipal, algunas ciudades como Madrid, Barcelona, Vitoria, Aranguren, Ayegui, Lekumberri, Castejón, etc., promueven en sus ordenanzas municipales la incorporación de SUDS en el planeamiento urbano a través de diversas medidas como la obligatoriedad de uso de un porcentaje determinado de superficies permeables en espacios libres, la captación y reutilización del agua de lluvia para el riego de zonas verdes o en las viviendas unifamiliares. Para ello en muchos casos se ofrecen unas normas técnicas municipales para el diseño y dimensionamiento de las instalaciones. No obstante no existen a nivel estatal unas normas técnicas consensuadas que sirvan de guía para todos los municipios españoles. " (Informe de laOPPA, 2017, pag. 116-117)

4.2. SISTEMAS CONVENCIONALES DE GESTIÓN DE AGUAS URBANAS

Conviene, antes de centrarse en los SUDS, conocer el funcionamiento de los sistemas convencionales de aguas urbanas. Los investigadores del grupo (*Castro et al.*, 2006-2009) recoge y explica las partes fundamentales del proceso:

- Captación y potabilización
- Distribución
- Alcantarillado y drenaje
- Depuración



Figura 4.2.1: Gestión del agua. Fuente: ver anexo 1

- Captación y potabilización (Gestión de lodos en la depuración): La gestión total del agua urbana es el proceso por el cual se da abastecimiento, reutilización y saneamiento del agua. Comienza con la captación del agua en el medio natural, llegada al usuario a través de canalizaciones y una vez se ha usado es reutilizado o devuelto al medio, se puede dividir en tres fases: abastecimiento, saneamiento y reutilización.

- Distribución (Abastecimiento): El agua se capta del medio natural, de ríos, pozos y embalses se almacena y transporta a plantas de potabilización donde es tratado para su uso. Tras ello se conduce a depósitos de almacenamiento desde los cuales y mediante

tuberías se transporta hasta el usuario pasando por la red de abastecimiento de agua urbana.

- Alcantarillado y drenaje (Saneamiento): Se pueden encontrar red separativa o conjunta para el saneamiento del agua ya usada, ambas dos conducen el agua a las depuradoras para ser vertido posteriormente. En el caso de la red separativa puede ser reutilizada antes de llegar a la planta depuradora, por su bajo índice de contaminación.
- Depuración (Reutilización): Como ya se anunciaba muchas de las aguas ya usadas se reutilizan tras un proceso de depuración y afino, estas aguas son transportadas por tuberías a los usuarios, estas están diseñadas de forma distinta a las anteriores para evitar que se puedan confundir.

La cantidad, la calidad y el servicio del agua en las ciudades son los problemas a los que se ve sometido el sistema de gestión del agua, siendo el primero de ellos el más notable por el usuario y los otros dos son notables a largo plazo. La falta de estética, afección al tráfico, pérdida de comodidad, daños materiales y desnaturalización del entorno son algunas de las prestaciones que podrían verse afectadas por los anteriores problemas.

4.3. UN NUEVO ENFOQUE: SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE

Tomando como base el precedente análisis sobre los inconvenientes de los sistemas convencionales de drenaje y por otro lado, la dirección a seguir que marcan las normativas más recientes (Directiva Marco del Agua), se hace evidente la necesidad de afrontar el drenaje y los espacios urbanos desde otro enfoque.

Pueden resolver los parámetros de cantidad, calidad y servicio que por un lado nos solicita la normativa vigente y que además respetan los criterios de sostenibilidad y el medio ambiente.

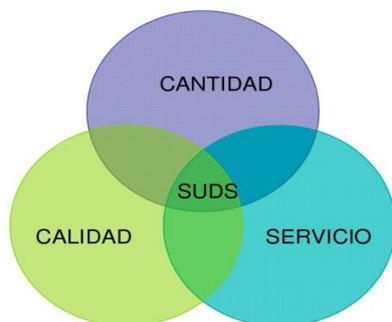


Figura 4.3.1 : Triángulo de sostenibilidad. Fuente: ver anexo 1.

Los problemas citados anteriormente de cantidad, calidad y servicio son el punto de partida para la creación de nuevos diseños. Las soluciones convencionales se centraban en solucionar principalmente la cantidad y el servicio diseñando en la red tanques de tormenta y aumentando el diámetro de las canalizaciones. Con la situación actual en la que se busca un diseño más sostenible de las ciudades precisa un acercamiento de los sistemas a las características naturales.

A estos sistemas se los denomina SUDS, los cuales engloban numerosas soluciones dando importancia a los aspectos sociales, hidrológicos, hidráulicos y medio ambientales. Estos dan la posibilidad de reutilización de aguas grises con un pequeño tratamiento, sin incluir actividades que precisen de la potabilización del agua (*Castro et al.*, 2006-2009).

Según Rodríguez Arbelo (2017) se pueden resumir los objetivos de los SUDS en los siguientes aspectos:

- “Proteger los sistemas naturales: proteger y mejorar el ciclo del agua en entornos urbanos.
- Integrar el tratamiento de las aguas de lluvia en el paisaje: maximizar el servicio al ciudadano mejorando el paisaje con la integración de cursos y/o láminas de agua en el entorno.
- Proteger la calidad del agua: proteger la calidad de las aguas receptoras de escorrentías urbanas.
- Reducir volúmenes de escorrentía y caudales punta: reducir caudales punta procedentes de zonas urbanizadas mediante elementos de retención y minimizando áreas impermeables.
- Incrementar el valor añadido minimizando costes: minimizar el coste de las infraestructuras de drenaje al mismo tiempo que aumenta el valor del entorno.

Por otra parte, la reducción del volumen de escorrentía y caudales punta redundará en un mejor funcionamiento de las estaciones depuradoras, al darse las siguientes condiciones:

- Reducción de costes al no alterarse frecuentemente el patrón de contaminantes para el que la depuradora ha sido diseñada.
- Reducción del número de vertidos a la entrada de la depuradora por incapacidad de la misma.
- Reducción de costes al reducirse el volumen de los influentes en las mismas.

Por lo tanto el empleo de SUDS no sólo mejora la gestión de las aguas pluviales, sino la gestión del agua en general, tanto en cuanto al abastecimiento como al drenaje y posterior tratamiento.

Se debe comenzar estudiando las estrategias para la gestión del agua de lluvia, las cuales deben planificarse en función del propósito y las condiciones locales. De modo que se ordenan en relación a la escala de intervención " (Rodríguez Arbelo, 2017, pag 4).



5. SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE

Figura 5.0: Fuente ver Anexo 1
Primera fase del ciclo natural del agua; Escorrentía (río)

5. SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE

Los sistemas urbanos de drenaje sostenible son conocidos con numerosas denominaciones en los diferentes países donde son empleados, estas son algunas de sus siglas :

- SUDS (Sustainable Urban Drainage Systems)
- BMPs (Best Management Practices)
- MPC (Mejores Prácticas de Control)
- BPAs (Buenas Prácticas Ambientales)
- TEDUS (Técnicas de Drenaje Urbano Sostenible)
- LID (Low Impact Development)
- WSUD (Water Sensitive Urban Design)
- Diseño Urbano Sensible al Agua.

Todos ellos se basan en el principio de realizar las funciones de una red de drenaje convencional pero de una manera sostenible, resolviendo los problemas de cantidad y calidad del agua, maximizando los valores sociales y la integración paisajística y minimizando el impacto del desarrollo urbanístico. Inciden en “tres ejes básicos de la sostenibilidad:

- Economía: control y gestión eficiente de la cantidad de escorrentía urbana, reduciendo su producción y dotando así de una mayor resiliencia a los sistemas convencionales existentes.
- Medio ambiente: control, gestión y recuperación de la calidad del agua de lluvia, haciendo frente a la contaminación difusa.
- Sociedad: valoración y potenciación del paisaje urbano con la puesta en valor de los beneficios añadidos para el propio ciudadano y para la biodiversidad en el ecosistema urbano. " (CONAMA, 2018, pág. 7)

En algunos casos se pueden considerar los SUDS como Infraestructuras verdes, caracterizadas por el empleo de la vegetación como elemento de control, la mejora estética o la reducción de "la isla de calor".²

² La isla de calor es un efecto que se produce cuando hay una gran diferencia de temperatura entre una zona rural y una urbana.

5.1. EL CICLO NATURAL Y URBANO DEL AGUA

Para entender y aplicar correctamente los SUDS es preciso comprender previamente la diferencia entre el funcionamiento del ciclo natural del agua y del ciclo urbano del mismo.

El ciclo natural del agua

El ciclo natural del agua es un proceso sencillo, según los investigadores de GITECO (Universidad de Cantabria), la vegetación intercepta parte de la precipitación antes de tocar el suelo; el resto se filtra y aumenta la humedad del mismo hasta alcanzar el máximo, satisfaciendo su necesidad y creando acumulaciones superficiales, flujos de escorrentía superficial y subsuperficial. La escorrentía superficial tiene un tiempo de concentración que depende de la topografía, el tipo de suelo y la vegetación, el agua acumulada en la superficie puede agruparse y formar lagos naturales o artificiales, ríos o humedales, o bien puede infiltrarse en el terreno recargando los acuíferos (fuentes de abastecimiento de agua para las ciudades), el agua acumulada recorre las superficies hasta llegar al mar (Castro *et al.*, 2006-2009). Para cerrar el ciclo natural del agua está la evaporación por acción del sol junto a la evapotranspiración de la vegetación localizada a lo largo de todo el ciclo.



Figura 5.1.1: Ciclo natural del agua. Fuente: ver anexo 1

El ciclo urbano del agua

El ciclo del agua en las ciudades es diferente al natural. En las ciudades apenas hay capa vegetal que intercepte la lluvia, a ella le sustituyen suelos impermeables y tejados con un umbral bajo de escorrentía. Lo cual se transforma en escorrentía superficial y en mayores caudales punta, impidiendo recargar los acuíferos ya que el agua no se infiltra en el terreno, dejando anegados los acuíferos situados bajo las ciudades. En este caso el agua de lluvia comienza el proceso purificando el aire, recogiendo partículas contaminantes. Este agua al llegar al suelo o a los tejados de los edificios corre rápidamente por pavimentos y canalones, llegando en muy poco tiempo al sistema de alcantarillado subterráneo a través de sumideros y alcantarillas. Las cualidades de este nuevo terreno provocan a su vez el aumento de la velocidad del caudal y la

disminución del umbral de escorrentía provocado por la disminución del número de Manning³ (Trapote y Fernández, 2016). A esto se le añade la contaminación del agua provocada por contaminantes suspendidos en el aire como los arrastrados en la superficie impermeable que a menudo se encuentran contaminadas con aceites, combustibles de vehículos y todo tipo de sustancias. Todo esto hace más complejo el proceso de depuración de las aguas que llegan a una E.D.A.R. o contaminará el medio receptor si se vierte directamente al medio natural. (Castro et al., 2006-2009).

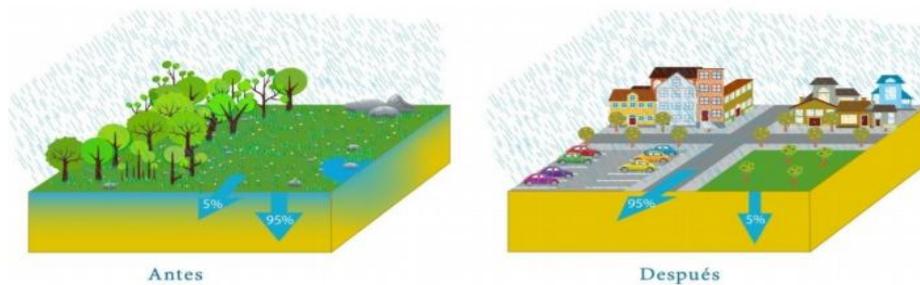


Figura 5.1.1: Relación del agua con el porcentaje de suelo permeable.

Los principales problemas del ciclo del agua en las ciudades son: la contaminación difusa, las descargas de sistemas unitarios (DSU), los costes de la gestión centralizada, el incremento de caudales aguas abajo y el desperdicio de un recurso potencialmente aprovechable. A toda esta problemática se le añaden las inundaciones provocadas por grandes tormentas y que dejan incapacitado el sistema de evacuación de las ciudades. Sobrepasando los caudales para los que fue dimensionada la red de saneamiento, por lo que cuando existe una gran sobrecarga las aguas recogidas no podrán pasar por el tratamiento pertinente en la EDAR provocando su descarga directamente a los cauces sin ningún tipo de tratamiento generando un gran problema de contaminación para el medioambiente, la flora y la fauna del entorno (CONAMA, 2018).

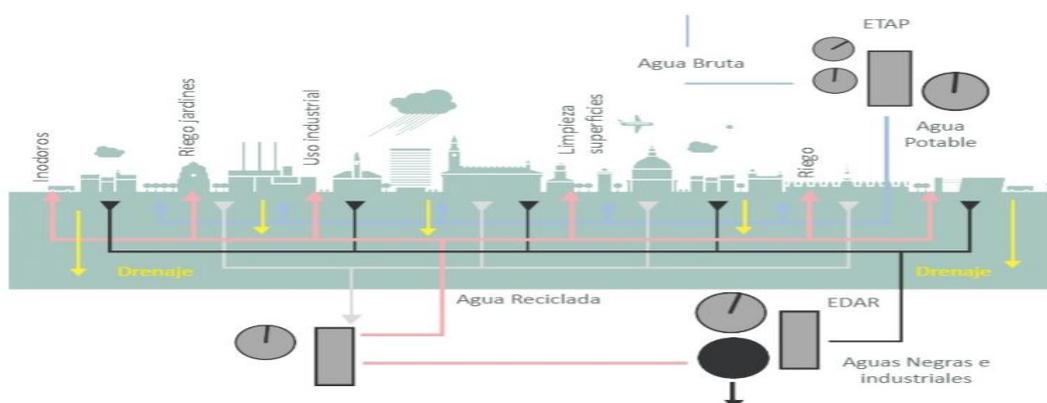


Figura 5.1.2 : Separación de aguas urbanas. Fuente: ver anexo 1

³ Número de Manning: Fórmula evolucionada de la fórmula de Chézy que sirve para el cálculo de la velocidad del agua en tuberías y canales abiertos.

5.2. OBJETIVOS DE LOS SUDS

Para conseguir el uso adecuado de estos sistemas son precisos cambios a muchos niveles como el administrativo, proyectos, planes y políticas. Es un proceso que precisa de la implicación tanto de la ciudadanía como de los altos cargos administrativos para conseguir de manera conjunta el cambio de los sistemas convencionales, algunos de ellos se enuncian en la imagen siguiente (GEAMA, 2005) y se definen a continuación:



Figura 5.2.1: Métodos para avanzar hacia una gestión integral del agua de lluvia. Fuente: ver anexo 1.

- **"Planificación estratégica:** Proceso por el cual se planifica de forma conjunta la implantación de una estrategia flexible, mediante unas fases con herramientas y objetivos que darán unos resultados, los cuales serán revisados de manera periódica.
- **Participación:** Todas las personas se encuentran relacionados con el agua de las ciudades, bien como usuarios o como responsables por lo tanto a todas ellas les afecta una mala gestión de este.
- **Investigación:** Hasta ahora las investigaciones se han realizado de manera interna por los científicos sin tener en cuenta a los ciudadanos, este hecho es otro de los que se pretende cambiar, involucrando al ciudadano en la investigación de los sistemas se consigue una unidad muy potente para el desarrollo de soluciones innovadoras y sostenibles para cualquier campo científico.
- **Toma de decisiones:** Son una parte compleja del proceso debido a la gran cantidad de factores que influyen en el ciclo urbano del agua y su constante cambio. Es por ello que los encargados del agua deben tomar decisiones de presente y de futuro utilizando para ello las tecnologías disponibles.”

Cuando en un lugar se plantea la instalación de uno o varios sistemas de drenaje urbano sostenible es debido a que se espera que las condiciones cambien a mejor, esperando de esta actualización del sistema de drenaje y evacuación de aguas una serie de mejoras como las siguientes:

- Proteger los sistemas naturales.
- Integrar el tratamiento de las agua de lluvia en el paisaje.
- Proteger la calidad del agua.
- Reducir volúmenes de escorrentía y caudales punta.
- Incrementar el valor añadido minimizando costes.
- Incremento del confort higrotérmico⁴ del espacio.
- Incremento de la calidad paisajística.
- Incremento de la biodiversidad.
- Mejora de la calidad del aire y en consecuencia en la salud de la personas.

Se puede resumir todos los anteriores en cuatro objetivos: disminuir la contaminación difusa, reducir la escorrentía, minimizar las descargas, y retrasar su entrada en la red. En los últimos años se pone de manifiesto el uso de técnicas de drenaje sostenibles, respetuosas con el medio ambiente, preocupadas por la cantidad y la calidad al igual que por los servicios. Pudiéndose englobar todas ellas en los denominados Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), los cuales conseguirán cambiar el problema del agua de lluvia en una oportunidad de mejorar las ciudades y sus entornos. (Rodríguez Arbelo, 2017, pág. 28, 29, 30 y 33)

5.3. MECANISMOS DE ELIMINACIÓN DE CONTAMINANTES

“No hay mejor forma de luchar contra la contaminación que evitando que esta se produzca y con la escorrentía ocurre igual.” (Sánchez, 2019, pag. unica)

Las precipitaciones en forma de agua de lluvia arrastran en su caída los contaminantes localizados en la cuenca y la superficie de la tierra, estos últimos provocados por las actividades humanas. En su evacuación de la superficie se mezclan con la red de saneamiento de aguas residuales, lo que acaba yendo a un punto de depuración que debe realizar el arduo trabajo de descontaminación. Para la eliminación de las impurezas que transporta el agua se puede realizar mediante diferentes sistemas como son los siguientes:

- Sedimentación: Separación de sólido-fluido por la acción de la gravedad, las partículas sólidas al tener una mayor densidad que el fluido que contienen se quedan en la parte inferior del recipiente que lo contiene.

⁴ Confort higrotérmico: es la ausencia de malestar térmico.

- Filtración y bio-filtración: La bio-filtración es el tratamiento biológico de compuestos volátiles orgánicos e inorgánicos, se realiza utilizando microorganismos que degradan los contaminantes del aire. Cuando ya se han degradado se usan a un líquido donde se utilizarán como fuente de carbono y energía.
- Adsorción: proceso en el cual las partículas de sólidos, líquidos o gases quedan en la superficie.
- Biodegradación: capacidad de un material de ser biodegradado. La acción biológica provoca en un material cambios y pérdida de sus propiedades, simplificando su composición
- Volatilización: paso de una sustancia química de sólido o líquido a gaseoso o vapor.
- Precipitación: proceso mediante el cual se eliminan los metales del agua, este proceso es especialmente usado para eliminar plomo y fósforo.
- Especies vegetales: proceso por el cual la vegetación hace de filtro para la eliminación de distintas partículas que son transportadas en el agua. Las más utilizadas son: esparto, junco lirio, lechuga de agua, papiro, lenteja de agua, avena, carrizo y vetiver.
- Nitrificación: generación de nitratos a partir de la oxidación de nitritos producidos por la oxidación biológica de amonio.

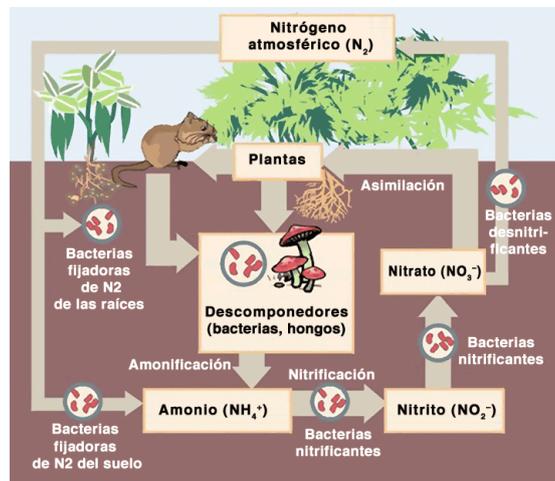


Figura 5.3.1: Proceso de nitrificación del suelo

5.4. BENEFICIOS DE LOS SUDS

Los beneficios obtenidos de la aplicación de los SUDS se podrían resumir en los siguientes aspectos (SUD Sostenible):

- Reducción de los picos del hidrograma⁵: Unos de los factores que afectan a la forma del hidrograma pueden agruparse en factores climáticos y factores físico-geográficos y estos pueden hacer que los picos de las gráficas cambien o disminuyan.
- Disminución de la escorrentía: Como ya se ha citado se conocen dos tipos de escorrentía, superficial y subsuperficial. En ambos casos su disminución es debida a que hay mayor superficie de terreno permeable lo que hace que este no esté tan saturado.
- Reducción de la contaminación de la escorrentía, especialmente en los "first flush"⁶: Como el agua de lluvia tarda menos en llegar a un medio natural donde las capas de la tierra actúan como filtros drenantes, dejando el agua más limpio y con menos impurezas.
- Aprovechamiento del agua de escorrentía: El tanto por ciento de agua de escorrentía que no es absorbida por el terreno se puede reutilizar para riego de plantaciones e incluso para algunos usos domésticos que no necesitan mucho tratamiento.
- Reducción de los costes de implantación del sistema de drenaje convencional: Como ya se vienen anunciando los SUDS son un nuevo tipo de construcción, de control del agua y de cómo tratarlo por ello con este nuevo diseño hay muchas más superficies permeables y que utiliza materiales más amables con el medio ambiente.
- Desconectar las superficies impermeables: Consiste en desconectar las canaletas que recogen y conducen el agua de lluvia de las cubiertas hacia el sistema municipal de alcantarillado y, en su lugar, dirigirlas hacia alguna técnica SUDS, como son los parterres inundables.
- Mejora ambiental: Cualquier ahorro de agua y riego del terreno para que pueda proliferar la flora y la fauna es una gran mejora del medio ambiente y su avance es una mejora constante para el planeta.

⁵ *Hidrograma*: "Gráfica de variación de caudal en un punto determinado del curso de un río, en función del tiempo, compuesta, en el caso de crecidas, de una rama ascendente, una punta, o pico, y otra rama de agotamiento "(Real Academia de Ingeniería, 2021).

⁶ *First flush*: escorrentía superficial inicial de una tormenta de lluvia.

5.5. CLASIFICACIÓN

Bajo la denominación SUDS, encontramos esta posible clasificación dada por la Escuela de caminos, canales y puertos de Santander. Universidad de Cantabria (*Castro et alt.*, 2006-2009):

- Medidas preventivas:
 - Legislación.
 - Educación.
 - Programación económica.
- Sistemas de infiltración o control en origen:
 - Superficies permeables
 - Pozos y zanjas de infiltración
 - Depósitos de infiltración
- Sistemas de transporte permeable:
 - Drenes filtrantes o drenes franceses
 - Cunetas verdes
 - Franjas filtrantes
- Sistemas de tratamiento pasivo:
 - Depósitos de detención
 - Estanques de retención
 - Humedales artificiales
 - Cubiertas vegetales
 - Zonas de biorretención⁷/ Jardines de lluvia

Esta es simplemente una posible clasificación de las soluciones sostenibles que se le pueden dar a un espacio, de esta misma manera estos sistemas se podrían combinar entre ellos creando nuevos sistemas que fuesen más completos y ayudaran a mejorar aun más la recogida y el tratamiento del agua. Entrando en una descripción más detallada de cada uno de los sistemas.

- Medidas preventivas:

A nivel de planeamiento se trata cualquier consideración que puedan evitar los problemas relacionados con la escorrentía superficial. En cuanto a los problemas de cantidad se dan soluciones como la división de cuencas urbanas evitando así los grandes volúmenes, recogida y reutilización del aguade lluvia junto con disminuirla superficie impermeable. En el caso de la calidad del agua se proponen limpieza, mantenimiento de calles y como medida complementaria y muy importante la educación y concienciación del ciudadano.

- Sistemas de infiltración o control en origen

Los sistemas de infiltración son aquellos que permiten la infiltración superficial, conectando la superficie con el subsuelo ya que tienen una recepción directa de agua de lluvia.

⁷ Biorretención: eliminación del agua de lluvia los contaminantes y la sedimentación.

- Superficies permeables

Los pavimentos permeables son superficies que gracias a su diseño permiten trasladar el agua de lluvia de la superficie al subsuelo consiguiendo de esta manera recargar los acuíferos y llevar el agua a capas sub-superficiales de donde será reutilizada o evacuada. Este tipo de pavimentos son aptos para la circulación de tráfico rodado como peatonal además mejoran la calidad del agua, disminuye notablemente la posibilidad de escorrentía haciendo de esta manera los pavimentos más seguros y adherentes evitando accidentes de tráfico (*Castro et alt., 2006-2009*).

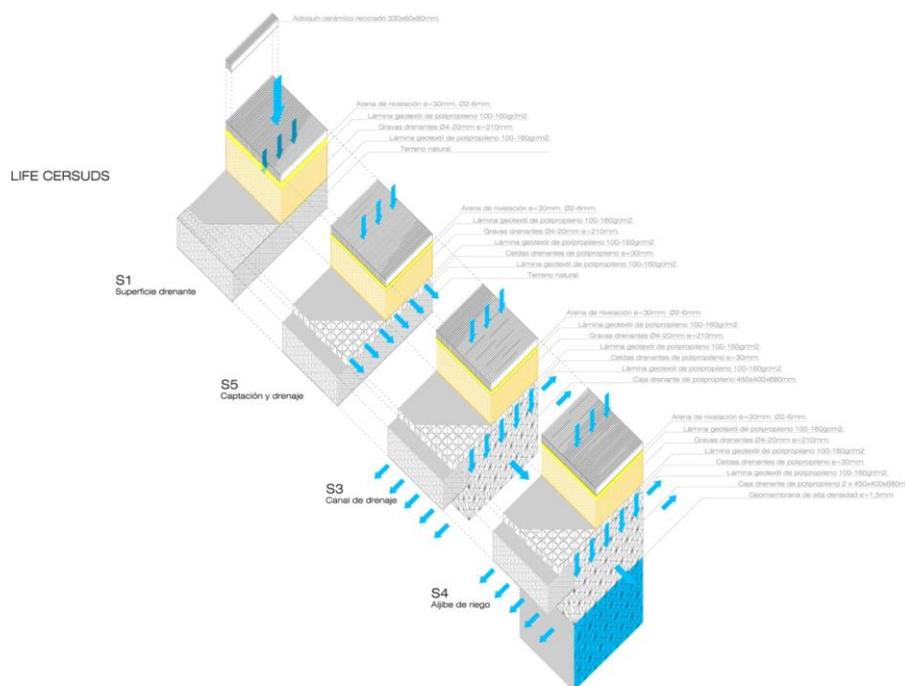


Figura 5.5.1 : Diferentes capas de un suelo con SUDS. Fuente: ver anexo 1.

El diseño de estos pavimentos puede ser continuo o discontinuos, utilizados en cualquier superficie, como parques, aparcamientos, aceras, terrazas... Uno de los condicionantes es que la capa inferior a la superficie del pavimento debe permitir el paso del agua para su infiltración en el terreno, también podría almacenar el agua temporalmente para infiltrarla progresivamente. Algunos de los tipos que se pueden encontrar en el mercado actualmente son césped, grava, hormigón poroso, bloques impermeables con juntas permeables...

En caso de colapso de este sistema por elevadas precipitaciones la superficie podría quedar saturada no absorbiendo más cantidad de agua, por ello es preciso conectar con otro tipo de SUD para evitar inundaciones y escorrentía superficial o bien colocar aliviaderos que conecten con la red de saneamiento convencional.

Uno de sus inconvenientes de uso es su colocación e zonas donde hiela o para usos de tráfico pesado pero esto depende mayoritariamente de la capacidad estructural del suelo.

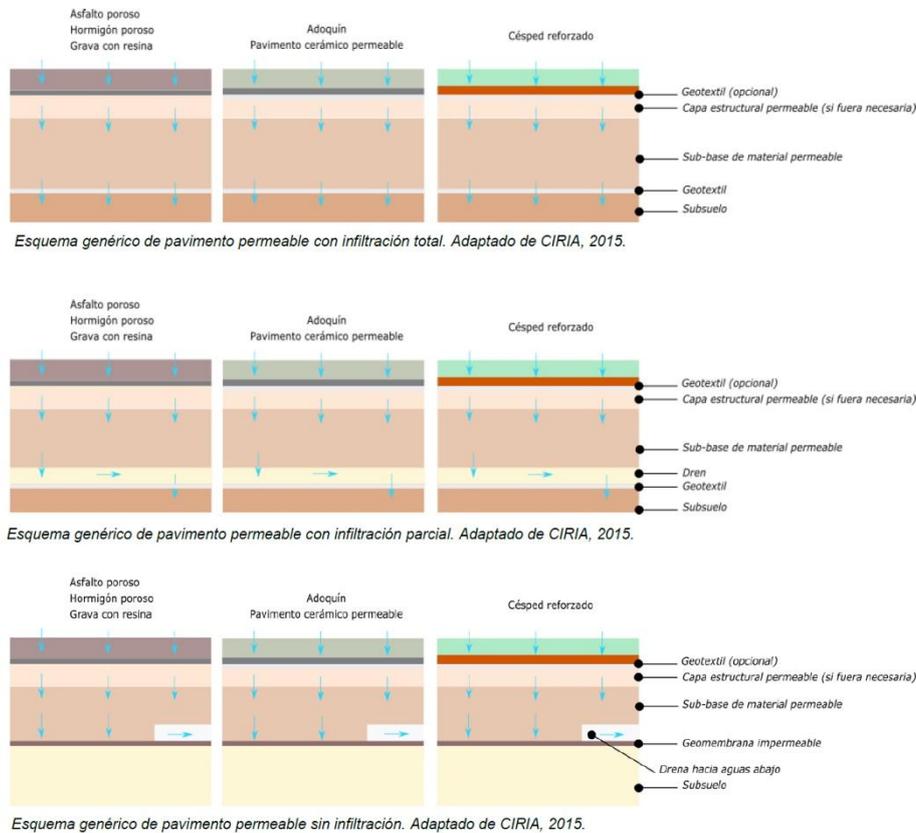


Figura 5.5.2: Posibilidades de esquemas de pavimento sostenible. Fuente: ver anexo 1.

- Pozos y zanjas de infiltración

Perforaciones en el terreno de poca profundidad, de 1 a 3 metros, a los que se vierte el agua de grandes superficies impermeables o de escorrentía. Gracias a que se encuentran rellenos de material drenante son capaces de absorber el total del agua para infiltrarlo en el terreno.

Al igual que ocurre en otros tipos de SUDS la permeabilidad del suelo es un factor importante para la infiltración del agua. Tras este proceso el terreno debe ser estable cuando está saturado ya que de lo contrario pondría en riesgo estructural las construcciones cercanas.

Su construcción es sencilla con bajos costes de mantenimiento, con muy buen porcentaje en la relación entre la superficie ocupada y el caudal de agua que infiltran en el terreno. Gracias a las capas de relleno que contiene el agua llega a los acuíferos mas limpia, se elimina en su infiltración gran parte de los contaminantes que ha recogido hasta la llegada

del pozo. Su uso es muy recomendable en suelos que cumplan las características necesarias para su construcción y que dispongan de poca superficie.

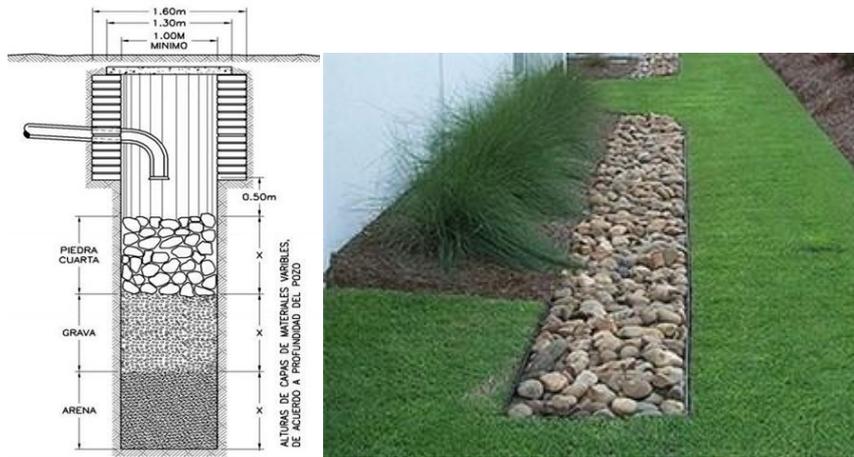


Figura 5.5.3: Esquema de pozo de infiltración. Fuente: ver anexo 1.

Figura 5.5.4: Aspecto acabado de zanja o pozo de infiltración. Fuente: ver anexo 1

- Depósitos de infiltración

Tienen como objetivo infiltrar y almacenar el agua de lluvia mediante depresiones en el terreno recubiertas de vegetación que hace las veces de filtro para la eliminación de contaminantes (sólidos en suspensión y metales pesados), consiguiendo convertir el flujo superficial en uno subterráneo. Con esta transformación se evita la escorrentía superficial, aunque para ello hay que prestar atención a la permeabilidad del terreno. Cuando esta es adecuada permite la recarga de acuíferos. Otro de los factores que afectan a la infiltración del agua en relación a la permeabilidad del terreno es la superficie destinadas a este tipo de SUDS, ya que se precisa de un largo recorrido para conseguir la infiltración de cantidades de agua significativas.



Figura 5.5.5: Gran extensión de un depósito de infiltración. Fuente: ver anexo 1.

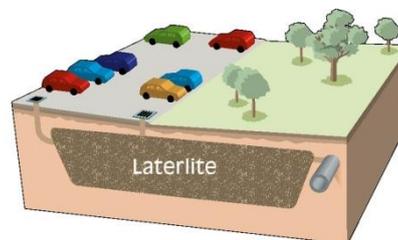


Figura 5.5.6: Esquema de depósito de infiltración. Fuente: ver anexo 1

- Sistemas de transporte permeable

Elementos cuya función es transportar el agua de lluvia a sistemas de tratamiento o lugares de vertido, durante el recorrido aporta ventajas.

- Drenes filtrantes o drenes franceses

Son sistemas similares a los pozos de infiltración con la variación de su profundidad, en este caso son perforaciones poco profundas también rellenas de material filtrante que facilite la llegada del agua, recogida por grandes superficies impermeables, hasta el subsuelo, consiguiendo así la recarga de los acuíferos. Se caracterizan por poder llevar en la parte baja de la perforación una tubería que facilitara el transporte del agua (tubo-dren). Su principal aplicación es en los bordes de las carreteras para evacuar el agua recogida en el asfalto.

"Son especialmente indicadas en terrenos de baja permeabilidad o donde la infiltración del agua al terreno pueda poner en peligro la estabilidad de las estructuras cercanas, ya que las zanjas conducen la escorrentía aguas abajo. "(Trapote, Jaume y Fernández Rodríguez, Héctor, 2016, pag. 23)

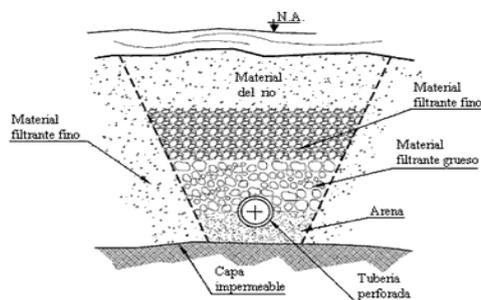


Figura 5.5.7: Esquema en sección de un dren filtrante. Fuente: ver anexo 1.

- Cunetas verdes

Estructuras lineales vegetadas, pensadas para transportar y almacenar superficialmente la escorrentía de una superficie colindante impermeable. Suelen tener forma trapezoidal, de base ancha (> 0,5 m) y talud tendido. Deben generar bajas velocidades que permitan la sedimentación de las partículas en suspensión para una eliminación eficaz de contaminantes, para ello, deberán estar densamente vegetadas, también permitir la infiltración a capas inferiores.

Para una eliminación adecuada de los contaminantes deberán tener mucha vegetación permitir la infiltración, por otro lado la velocidades deben ser bajas para asegurar la sedimentación. Al ser espacios vegetados con agua atraen fauna que aumente la

biodiversidad de la zona donde se coloquen. (Trapote Jaume y Héctor Fernández Rodríguez, 2016)



Figura 5.5.8 : Esquema de cuneta verde. Fuente: ver anexo 1 .



Figura 5.5.9: Aspecto de cuneta verde. Fuente: ver anexo 1

- Franjas filtrantes

"Se tratan de superficies cubiertas de vegetación, con una pendiente pequeña, que provoca un flujo lento de la lámina de escorrentía superficial. Tienen la capacidad de tratar el agua mediante procesos físicos, químicos y biológicos, asegurando un efecto filtro gracias a la cobertura vegetal, que puede ser desde hierba hasta arbustos. Además del tratamiento de la escorrentía, que se realiza mediante el filtrado a través de la vegetación, se produce una disminución de la velocidad del agua, facilitando tanto la sedimentación de otros contaminantes como la infiltración del agua.

No son indicadas para zonas con baja disponibilidad de espacio, como pueden ser las zonas altamente urbanizadas, o en áreas de gran pendiente. Se utilizan principalmente en los márgenes y/o medianas de las carreteras en los que se disponga de suficiente espacio, ya sea como sistema aislado, o como conexión a otro tipo de SUDS, sirviendo de pre tratamiento" (Trapote Jaume y Fernández Rodríguez, Héctor, 2016, pag. 19)

Algunas de las ventajas que destacan de estos sistemas son el valor ecológico, facilidad de adaptación a los espacios, construcción sencilla, facilita la evapotranspiración, la infiltración y ayudan a la eliminación de contaminantes.



Figura 5.5.10: Aspecto de franjas filtrantes. Fuente: ver anexo 1.

- Sistemas de tratamiento pasivo

"Se consideran sistemas de tratamiento pasivo a aquellos situados al final de la red para prolongar la estancia de las aguas pluviales por un periodo de tiempo, antes de su vertido al medio receptor, que permita proporcionar el tratamiento adecuado a las mismas"(Castro et al., Universidad de Cantabria, 2006-2009, pag. 16)

- Depósitos de detención

Depósitos diseñados para almacenar temporalmente los volúmenes de escorrentía generados aguas arriba que mediante la sedimentación ayuda a la eliminación de contaminantes. Son muy versátiles a la hora de colocarse ya que su funcionamiento es sencillo. Captan el agua y la almacenan temporalmente, cuando la red de saneamiento queda liberada vierten sus aguas progresivamente a ella. Estos depósitos pueden ser:

- En Superficie: Su diseño y funcionamiento son muy parecidos a los depósitos de infiltración, el agua de escorrentía se almacena en superficie colaborando así a reducir el caudal punta.

- Enterrados: Las características del entorno y la disponibilidad de terreno son los determinantes para poder escoger un tipo u otro, en este caso se construyen en el subsuelo. Su fabricación puede realizarse con numerosos materiales aunque los más habituales son los de hormigón armado y los de materiales plásticos.



Figura 5.5.11: Imagen de depósito de detención.

Fuente: ver anexo 1

- Estanques de retención secos

Los estanques de detención o depósitos secos tienen como objetivo reducir los caudales punta con un almacenaje del agua de lluvia por un periodo corto de tiempo. Sus características no son tan buenas, en cuanto a reducción de contaminantes, como en los estanques húmedos ya que al llegar nuevas aguas al depósito revuelven las que ya se

encuentran en él con los sedimentos que ya se habían separado volviéndolos a mezclar. Por lo tanto, su diseño sólo atiende a criterios hidráulicos (GRAF, 2020).

- Estanques de retención húmedos

Almacenamiento del caudal en instalaciones donde permanece por un periodo prolongado de tiempo para asegurar la eliminación de contaminantes del agua por el proceso de sedimentación. Otro factor que influye en la descontaminación del agua son los microorganismos y plantas presentes en el estanque con procesos de degradación bioquímicos. El dimensionado de estos estanques se realiza por encima de las necesidades asegurando un margen de volumen en caso de lluvias torrenciales y ayudando de esta manera a asegurar la sedimentación debido a que siempre tienen agua. Lo cual atrae fauna a los alrededores reavivándola biodiversidad. En caso de lluvias extremas ocurriría al igual que en otros SUDS se vierte el agua por aliviaderos a la red de evacuación convencional o a otros SUDS (GRAF, 2020).



Figura 5.5.12: Estanque de retención húmedo en zona industrial. Fuente: ver anexo 1



Figura 5.5.13: Aspecto de estanque de retención húmedo. Fuente: ver anexo 1.

- Humedales artificiales

Los sistemas de humedales artificiales previstos para controlar la contaminación del agua de escorrentía a partir de estanques donde mediante procesos físicos, químicos y biológicos eliminan parte de los contaminantes, ayudando paralelamente a la oxigenación del agua. Su principal característica es la existencia de plantas hidrófilas las cuales ayudan en el proceso de descontaminación del agua de lluvia. Estas plantas también colaboran a la integración de los humedales en el paisaje y a crear, aunque no en elevadas cantidades, biodiversidad. Necesitan niveles de agua elevados para asegurar la permanencia de fauna flora en el lugar donde se colocan.



Figura 5.5.1: Aspecto de humedales artificiales. Fuente: ver anexo 1 .

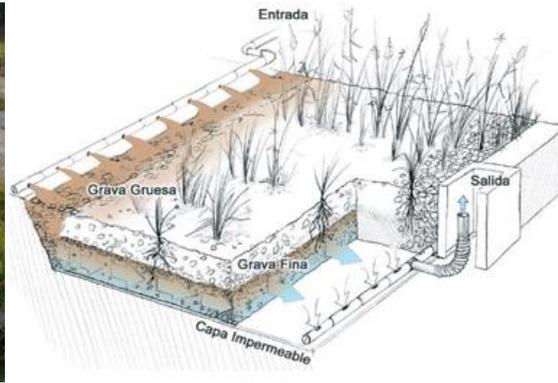


Figura 5.5.15: Capas de construcción de un humedal artificial. Fuente: ver anexo 1.

- Cubiertas vegetales

Las cubiertas verdes son sistemas muy novedosos en la actualidad, están formados por múltiples capas (barrera de vapor, aislante, membrana, barrera anti raíces, capa drenante, filtro, sustrato y vegetación). "El desarrollo de las cubiertas vegetadas requiere al menos de cuatro componentes:

1. Barrera de raíces: Impide que las raíces penetren la membrana impermeable y la dañen. Esta barrera puede ser un biocida⁸ o una espesa capa de polietileno.
2. La capa de drenaje: Su función es controlar el agua de retención del tejado y sus propiedades en combinación con el sustrato. Puede estar compuesta de varios tipos de materiales granulares.
3. El sustrato o medio de crecimiento: Es el espacio físico, con nutrientes, composición química y propiedades de drenaje necesarios para el crecimiento de las plantas escogidas.
4. La capa vegetal: Se debe elegir la mejor especie en función de la climatología de cada lugar. Puede ser plantada artificialmente, mediante semillas, esquejes o por colonización natural." (Ingeniería de drenaje-UNC, 2019, pág. única)

Están pensadas para recoger y mantener el agua de lluvia, reduciendo la escorrentía y el caudal pico. Aportan al edificio una capa de aislante térmico a mayores y ayudan a compensar el efecto "isla de calor". Además provocan una gran reducción de los contaminantes en suspensión del agua y añaden a las ciudades un gran valor ecológico.

⁸ Biocida: sustancia química empleada para matar organismos vivos o para detener su desarrollo.

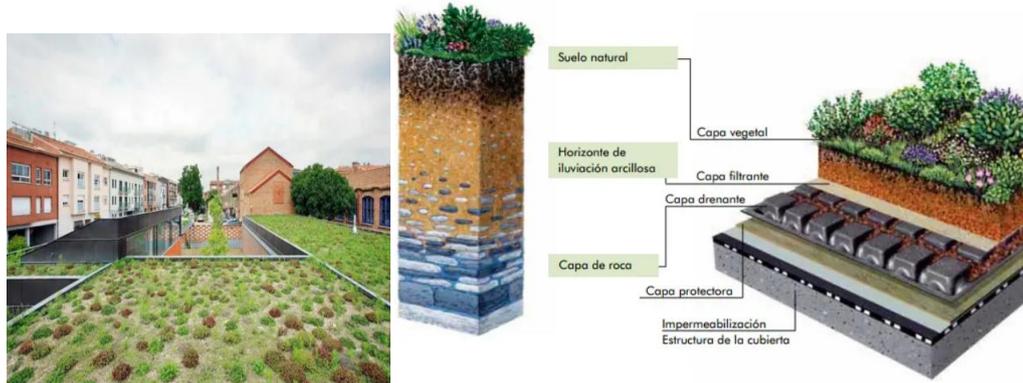


Figura 5.5.16 : Uno de los aspectos de una cubierta vegetal. Fuente: ver anexo 1

Figura 5.5.17: Capas de construcción de cubierta vegetal. Fuente: ver anexo 1

Hay 3 tipos de cubiertas vegetales:

- 1.- Extensivas: son cubiertas con muy poco mantenimiento con una tipología de vegetación baja que ocupa toda la cubierta.
- 2.-Intensivas: son la tipología más cara y se asemejan a un jardín convencional pero en la parte superior del edificio.
- 3.-Intensivas simples: son cubiertas muy ligeras utilizando las plantas tapizantes.

Este tipo de sistemas lleva consigo un incremento inevitable del coste de obra, incrementándose sobre todo en el ámbito de la estructura. Se deben tener en cuenta también los costes de mantenimiento de estas cubiertas aunque hay algunos aspectos más a los que se les debe prestar especial atención:

- La capacidad resistente de la estructura del edificio y el peso saturado del conjunto suelo-agua.
- Cargas por mantenimiento.
- La resistencia de la membrana impermeable a la penetración de las raíces.
- Gestión del drenaje en la cubierta.
- Asegurarse de la idoneidad para ciertas plantas (Trapote Jaume y Fernández Rodríguez, Héctor, 2016)
- Zonas de biorretención/ Jardines de lluvia

Cuando el suelo no ha sido preparado previamente para este uso se denomina jardín de lluvia, siendo sistemas que tratan la escorrentía con la vegetación y el terreno. Buscan reducir los niveles de escorrentía junto con los contaminantes del agua e infiltrarla en el

terreno. Su construcción se puede realizar en gran variedad de lugares urbanos debido a la flexibilidad de su diseño.

En lo referente a la hidrología, los jardines de lluvia reducen la escorrentía generada en la zona donde se implantan gracias a la infiltración, evapotranspiración, y aumento del número de Manning de la superficie.

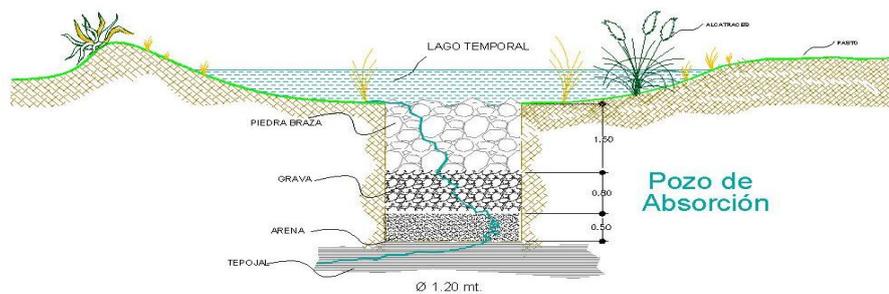


Figura 5.5.18: Construcción de una zona de biorretención. Fuente: ver anexo 1.

5.6. SIETE TIPOS DE SUDS. FICHAS TÉCNICAS

A continuación se redactan siete fichas que describen pormenorizadamente cada uno de estos siete SUDS, según los autores citados en cada una de las fichas, habiendo sido elegidos los más adecuados para la implementación en áreas industriales. El procedimiento a seguir será dividir las fichas en los siguientes apartados; Datos iniciales, adaptabilidad, rendimiento, mantenimiento, ventajas, desventajas e imágenes. En el primer apartado, datos iniciales, se tratarán cualidades como el área drenante, la superficie que puede abarcar el sistema, la capacidad de infiltración del suelo donde se va a colocar cada tipo de SUDS, distancia mínima del nivel freático, si se deben utilizar geotextiles y si precisan desagües para evacuar las aguas retenidas o captadas por cada sistema de drenaje sostenible.

En segundo lugar se expone la adaptabilidad del tipo de SUD del que se esté hablando, los lugares en los que se deben colocar, como se debe colocar el tipo de suelo. Para continuar, se clasifica con un rango entre malo, bueno y muy bueno el rendimiento que tiene el sistema de drenaje en cada caso. Se basarán en factores con la reducción del caudal pico, reducción del volumen, el tratamiento, la calidad del agua y el beneficio social/urbano que tiene.

Siguiendo citando el mantenimiento que será necesario para un correcto funcionamiento de cada sistema de drenaje. Se enumerarán las ventajas y desventajas del uso de estos sistemas. Y para finalizar se citarán los costes necesarios de su financiación. También se expondrán imágenes de ellos y las fuentes de donde se ha obtenido la información para redactar dichas fichas.

5.6.1. SUPERFICIES PERMEABLES

SUPERFICIES PERMEABLES

Datos iniciales

Área drenante	≤ 4 ha
Superficie	Indefinida
Capacidad de infiltración del suelo	≥ 1,2mm/hora, sin arcillas que provoquen la colmatación.
Distancia mínima del nivel freático	1,2 metros
Geotextiles	Si. Actúan como filtro, separación o refuerzo estructural.
Desagües	Si. Diseñados para controlar el exceso de agua.

Adaptabilidad

- Aptas para el paso de peatones o de tráfico rodado.
- Se adapta a cualquier tipo de espacio, (carreteras, patios, aceras, aparcamientos)
- Pavimentos continuos o modulares.
- Tienen que ser suelos muy permeables o tratados para que lo sean.

Rendimiento

Reducción del caudal pico	Bueno
Reducción del volumen	Bueno
Tratamiento calidad del agua	Bueno
Beneficio social/urbano	Bueno
Potencial ecológico	Bueno

Mantenimiento

- Necesita un aliviadero perimetral en estado limpio.
- Superficie limpia y libre de sedimentos.
- No emplear sal ni gravilla para luchar contra el hielo.
- Mantenimiento del relleno de las juntas, bien si son gravas o vegetales.

Ventajas

- Mejora del proceso de transpiración del suelo.
- Permite recargar los acuíferos.
- Mejora de la calidad del agua.
- Atenúa el caudal punta de escorrentía.
- Eliminación de aceites, grasas, metales, sólidos en suspensión...
- Atenúa la seguridad del tráfico rodado con estas superficies en episodios de precipitación.
- Impide la formación de charcos, aumentando la adherencia de los neumáticos con el firme.
- Distintos pavimentos (modulares, continuos...).
- Adaptación a diferentes espacios, carreteras, aparcamientos, aceras, parques, terrazas, patios,...
- Sencillez de ejecución.
- Ayudan a preservar el balance hídrico.
- Mejoran la calidad del terreno y la vida vegetal.
- Reducción de la necesidad de realizar excavaciones profundas para la colocación de sistemas de drenaje convencionales, lo que abarata costes.
- Se pueden usar como parte de un sistema en línea en aquellos lugares donde la infiltración del agua puede conllevar problemas.

- Permiten un doble uso del espacio, por lo que no es significativa su ocupación en suelo.
- Reducen o eliminan la presencia de imbornales y colectores.
- Son resistentes a la falta de mantenimiento.
- Aceptados por la comunidad.

Desventajas

- Se desaconseja su uso donde se producen heladas que podrían provocar agrietamiento de estos sistemas.
- Desaconsejado para firmes con alta carga de tráfico.
- El límite de este sistema es la capacidad estructural del suelo saturado.
- No pueden utilizarse donde haya arrastre superficial de grandes cargas de sedimentos.
- A largo plazo, si no hay mantenimiento, existe riesgo de crecimiento de malas hierbas y obstrucciones.

Costes

Su instalación puede ser más cara pero se amortiza teniendo en cuenta la reducción de carga que supone para los colectores y la depuradora.

Imágenes



Figura 5.6.1: Ejemplo. Fuente: ver anexo 1



Figura 5.6.2: Ejemplo. Fuente: ver anexo 1



Figura 5.6.3: Ejemplo. Fuente: ver anexo 1



Figura 5.6.4: Ejemplo. Fuente: ver anexo 1

Fuentes

Mimbrero, David: *El proyecto LIFE CERSUDS: Pavimento cerámico permeable*

Página web <https://tectonica.archi/articulos/pavimento-ceramico-permeable-como-solucion-de-drenaje-sostenible>

Página web <https://fosassepticas.online/pozo-de-absorcion/>

Abellán, Ana (9/03/2014): Pozos y zanjas de infiltración

Página web <http://sudsostenible.com/tipologia-de-las-tecnicas/medidas-estructurales/pozos-y-zanjas-de-infiltracion/>

Mimbrero, David: *El proyecto LIFE CERSUDS: Pavimento cerámico permeable*

Página web <https://tectonica.archi/articulos/pavimento-ceramico-permeable-como-solucion-de-drenaje-sostenible>

5.6.2. ZANJAS DE INFILTRACIÓN

ZANJAS DE INFILTRACIÓN

Datos iniciales

Área drenante	2 ha aprox.
Superficie	Indefinida
Capacidad de infiltración del suelo	≥ 1,2mm/hora, sin arcillas que provoquen la colmatación.
Distancia mínima del nivel freático	1,2 metros
Geotextiles	Posibilidad de emplearlos de filtro y separación para envolver el material granular.
Desagües	Si. Diseñados para controlar el exceso de agua. Requieren un periodo seco entre tormentas.

Adaptabilidad

- Posibilidad de colocación de vegetación del entorno.
- Facilidad de colocación junto a cualquier tipo de superficies(permeables o impermeables).
- No interfieren en la accesibilidad de las personas.
- Su vegetación ayuda a amortiguar ruidos del tráfico rodado.

Rendimiento

Reducción del caudal pico	Medio
Reducción del volumen	Alto
Tratamiento calidad del agua	Alto
Beneficio social/urbano	Alto
Potencial ecológico	Medio

Mantenimiento

- Cuidado de la vegetación.
- Control de crecimiento de raíces cuando este cerca de superficies pavimentadas.
- Inspecciones para revisar posibles obstrucciones.
- Retirada de sedimentos.
- Retirada y limpieza de los materiales filtrantes.

Ventajas

- Mejora la seguridad vial.
- Mejora estética de conjunto.
- Flujo lento de la lámina de escorrentía superficial.
- Utiliza procesos físico, químicos y biológicos para el tratamiento del agua.
- Facilita la sedimentación de contaminantes.
- Mejora de la infiltración del agua en el terreno.
- Construcción sencilla.
- Tiene un gran valor ecológico.
- Mejora de la biodiversidad y de la calidad del aire.

- Caudales base pequeños.
- Trata la contaminación asociada a la escorrentía urbana.
- Ayuda a preservar el balance hídrico.
- Recarga los acuíferos.
- Evapotranspiración.
- Mayor capacidad filtrante y grado de depuración.
- Control de la erosión donde se hayan plantado semillas los primeros 75 días.
- Cortar periódicamente la hierba (mantener entre 10 – 15 cm. de altura) y eliminar los restos.
- Limpiar las entradas a las alcantarillas de desechos y sedimentos.
- Reparar las áreas erosionadas o dañadas anualmente.

Desventajas

- Poco adecuadas para zonas con cargas descontaminación que contengas pesticidas, hidrocarburos o metales pesados.
- Las acumulaciones de contaminantes y las obstrucciones son difíciles de ver.
- El fracaso puede producirse por mantenimiento deficiente, mal emplazamiento o la presencia de grandes cantidades de desechos a la entrada.
- Limitados a pequeñas áreas drenantes.

Costes

Fácil instalación, bajo coste

Imágenes



Figura 5.6.5: Ejemplo. Fuente: ver anexo 1



Figura 5.6.6: Ejemplo. Fuente: ver anexo 1



Figura 5.6.7: Ejemplo. Fuente: ver anexo 1



Figura 5.6.8: Ejemplo. Fuente: ver anexo 1

Fuentes

Arbelo, Antonio Miguel (Junio 2017) Trabajo fin de grado: *SUDS Hacia una gestión integral del ciclo urbano del agua*

Página web <https://docplayer.es/68163036-S-u-d-s-sistemas-urbanos-de-drenaje-sostenible-hacia-una-gestion-integral-del-ciclo-urbano-del-agua-silvicultura-residuos-energia.html>

Página web <https://app.emaze.com/@ALZZOQLL#6>

SUDS Sostenibles: Cunetas verdes húmedas en imágenes

Página web <http://sudsostenible.com/cunetas-verdes-humedas-en-imagenes/>

Página web <https://fosassepticas.online/pozo-de-absorcion/>

Abellán, Ana (9/03/2014): Pozos y zanjas de infiltración

Página web <http://sudsostenible.com/tipologia-de-las-tecnicas/medidas-estructurales/pozos-y-zanjas-de-infiltracion/>

Arango Ruiz, Álvaro, (2004): Revista Lasallista de Investigación

Página web <https://www.redalyc.org/pdf/695/69510210.pdf>

5.6.3. DEPOSITOS DE RECOGIDA

DEPOSITOS DE RECOGIDA

Datos iniciales

Área drenante	Entre 4 y 30 ha
Superficie	Indefinida
Capacidad de infiltración del suelo	$\geq 1,2\text{mm/hora}$, sin arcillas que provoquen la colmatación.
Diferencia de cota entre la entrada y la salida	1,5 metros
Pendiente longitudinal max.	15%
Impermeabilización	Cuando sea necesario

Adaptabilidad

- Puede combinarse con otros SUDS.
- Se pueden colocar en zonas muertas.

Rendimiento

Reducción del caudal pico	Alto
Reducción del volumen	Escaso
Tratamiento calidad del agua	Medio
Beneficio social/urbano	Alto
Potencial ecológico	Medio

Mantenimiento

- Eliminación de restos y residuos.
- Mantener en buen estado la vegetación.
- Limpiar las entradas y salidas de agua.
- Controlar el nivel de sedimentos y eliminar cuando sea preciso.

Ventajas

- Favorece la sedimentación.
- Reduce la contaminación del agua.
- Liberan lentamente el volumen de agua recogido.
- Reducción del caudal punta.
- Pueden suponer una nueva fuente de agua como recurso, reduciendo su demanda de la red de abastecimiento.
- Reduce el pico del hidrograma en la red de saneamiento al retener parte del agua de lluvia.

Desventajas

- Se encarece si precisa sistema de tratamiento.
- A veces requiere un sistema de bombeo.

Costes

Si el agua recogida no es para consumo directo, no necesita un tratamiento, por lo que la instalación del sistema es barata.

Imágenes



Figura 5.6.9: Ejemplo. Fuente: ver anexo 1



Figura 5.6.10: Ejemplo. Fuente: ver anexo 1

Fuentes

Land Studios, consulting S.L: *Instalación de depósitos pluviales*

Página web <http://landstudios.com/depuradora-aguas-residuales/>

GRAF Recuperación de agua de lluvia: Depósitos de exteriores

Ekoideas, para una vida mejor: Depósitos de recogida de agua de lluvia

Página web <https://www.ekoideas.com/depositos-recogida-agua-de-lluvia>

H2agua; Equipos para tratamiento de agua

Página web <https://www.h2agua.com/depositos-de-agua/agua-lluvia>

Grupo TMA: AQUA Ambient, Iberica

Página web <https://aqua-ambient.com/?productos=aquarain-filter>

5.6.4. PARQUES INUNDABLES

PARQUES INUNDABLES

Datos iniciales

Área drenante	Mínimo 10 ha
Superficie	Indefinida
Capacidad de infiltración del suelo	$\geq 1,2\text{mm/hora}$
Diferencia de cota entre la entrada y la salida	Entre 1,2 y 1,8 metros
Pendiente longitudinal max.	15%
Impermeabilización	Si

Adaptabilidad

- Se pueden colocar en cualquier lugar.
- Colocación en una cota inferior.
- Conectado correctamente a la red de saneamiento.
- Se adapta a cualquier tipo de área urbana.

Rendimiento

Reducción del caudal pico	Medio
Reducción del volumen	Alto
Tratamiento calidad del agua	Medio
Beneficio social/urbano	Alto
Potencial ecológico	Alto

Mantenimiento

- Deben evitar os estancamientos del agua, mediante el vaciado- llenado.
- Limpieza de las superficies.
- Recirculación constante del agua.

Ventajas

- Colabora con las relaciones sociales dándoles un lugar para ello.
- Lugar seguro para los niños por su construcción a una cota inferior.
- Se puede combinar con otros SUDS.
- Evita la sobrecarga en las redes de saneamiento en episodios de precipitación.
- Aporta un lugar al aire libre con suelo parcialmente permeable e incorporando vegetación.
- Produce una infiltración más lenta.
- Espacio multifunción.
- Favorece la hidrología.
- Genera un gasto menor de la EDAR en la depuración de aguas.
- Atrae fauna cuando se encuentra lleno.

Desventajas

- Necesidad de conexión con la red de saneamiento.
- Anegación del espacio público en temporada de lluvias prolongadas.
- Atracción de bichos e insectos cuando se encuentra lleno.
- Malos olores en caso de un mala recirculación del agua.

Imágenes



Figura 5.6.11: Ejemplo. Fuente: ver anexo 1

Figura 5.6.12 y Figura 5.6.13: Ejemplo. Fuente: ver anexo 1

Fuentes

González, José Alberto (15/02/2019): El Ayuntamiento pide a la UE 2,8 millones para un área «sostenible» y plantea colaborar con las universidades y el Centro Tecnológico del Medio Ambiente

Página web <https://www.laverdad.es/murcia/cartagena/parque-plan-rambla-20190215005501-ntvo.html?ref=https://www.google.com>

I. ambiente, portal de medio ambiente (07/02/2018 - 09:05): *ParqueLaMarjal, un parque urbano inundable como solución inteligente y sostenible*

Página web <http://www.i-ambiente.es/?q=blogs/parquelamarjal-un-parque-urbano-inundable-como-solucion-inteligente-y-sostenible>

DOCPLAYER: *Cauces urbanos y parques inundables*

Página web <https://docplayer.es/50779082-Cauces-urbanos-y-parques-inundables.html>

Parque en Asunción, Paraguay(6 de Octubre 2016)Parques inundables y espacios para la comunidad

Página web <https://tfg2016marisaaguayo.wordpress.com/>

Morote Seguido, Álvaro-Francisco (14 de noviembre de 2016): El parque inundable “la marjal” de alicante (España) como propuesta didáctica para la interpretación de los espacios de riesgo de inundación.

Página web <https://pdfs.semanticscholar.org/fe94/4171b692c87d7bc209cc2e52aca212b1040b.pdf>

5.6.5. ZONAS DE BIORRETENCIÓN / JARDINES DE LLUVIA

ZONAS DE BIORRETENCIÓN / JARDINES DE LLUVIA

Datos iniciales

Área drenante	≤ 2 ha.
Superficie	10 - 20% del área drenante
Capacidad de infiltración del suelo	$\geq 1,2$ mm/hora, sin arcillas que provoquen la colmatación.
Distancia mínima del nivel freático	60 cm.
Geotextiles	Según el tipo.
Diferencia de cota entre la entrada y la salida	Cunetas secas: entre 1 -1,5 m. Cunetas húmedas: 30 cm.
Pendientes máximas	4%. Recomendada: 1 – 2%.
	Inclinación siempre menor de 3:1.
Fondo, forma	- Ancho total < 2,5 metros. - Ancho del fondo entre 0,6 y 2,4 metros, siendo su relación máxima con la profundidad del canal de 12:1. - Base > 0,5 m. - Taludes con poca pendiente (<1V:3H). - Las cunetas verdes pueden ser triangulares, trapezoidales (más usadas) o parabólicas (mejores para la erosión). Se desaconsejan las rectangulares.
Desagües	En caso de riesgo de colmatación < 1 – 2 m/s para favorecer la sedimentación y evitar la erosión.
Velocidad	Para el volumen de calidad se establecen velocidades de 0,3 m/s aproximadamente para favorecer la infiltración.
Impermeabilización	- Sellar inferiormente si están sobre zonas de protección de aguas subterráneas. De esta forma se mantiene la función de transporte, pero se impide la infiltración. - Calado del volumen de calidad < 45 cm. - Nivel de rebose superior diseñado para un aguacero de 2 años y 24 horas de duración. - Tiempo de encharcación de 24 horas como máximo, ya que más tiempo puede afectar a la vegetación. - En las cunetas secas la capa de suelo permeable será de al menos 75 centímetros, con una infiltración de 30 – 40 cm/día. Este suelo debe ser rico en materia orgánica para favorecer la retención de contaminación. Debajo de esta capa se situará una tubería perforada de PVC con un diámetro de 100 mm como mínimo embebida en un lecho de gravilla o arena de 15 cm mínimo. Entre el suelo y la gravilla se dispondrá un filtro geosintético que impida el lavado de finos. - Diseño hidráulico del caudal: Ecuación de continuidad y la de Manning. Coeficientes de fricción típicos en torno al 0,05, aunque varían mucho en función de la vegetación presente en la cuneta.

Adaptabilidad

- Puede utilizar el suelo autóctono si cumple las condiciones requeridas.
- Se pueden unir a otros sistemas de SUDS aumentando su eficiencia.

Rendimiento

Reducción del caudal pico	Medio
Reducción del volumen	Medio
Tratamiento calidad del agua	Bueno
Beneficio social/urbano	Bueno
Potencial ecológico	Medio

Mantenimiento

- Cuidado continuo de la vegetación.
- Limpieza de la superficie.

Ventajas

- Son especialmente útiles en la eliminación de sólidos en suspensión.
- Tienen gran valor estético como ecológico.
- Reduce el volumen de escorrentía y su contaminación.
- Ayudan al crecimiento de la flora y la fauna.
- Como consecuencia de la existencia de vegetación se elimina CO₂.
- Ayuda a la recarga de acuíferos.
- Fáciles de incorporar al paisaje.
- Buena eliminación de contaminantes urbanos.
- Tienen bajo costo.
- Su mantenimiento puede ser incorporado en la gestión del paisaje urbano.

Desventajas

- Necesidad de un mantenimiento continuo.
- Puede atraer plagas de insectos o intrusos no deseados.
- Existe riesgo de bloqueo en la conexión con el colector de salida

Costes

Bajo

Imágenes



Figura 5.6.14: Ejemplo. Fuente: ver anexo 1



Figura 5.6.15: Ejemplo. Fuente: ver anexo 1



Figura 5.6.16: Ejemplo. Fuente: ver anexo 1

Fuentes

Abellán, Ana (9/03/2014): Apuntes sobre el diseño áreas de biorretención

Página web <http://sudsostenible.com/apuntes-sobre-el-diseno-areas-de-biorretencion/>

ISOSCOL S.L.S: Ingeniería sostenible de Colombia

Página web <http://www.isoscol.com/como-lo-hacemos/>

Altiplano (16/08/2010): *Jardines de lluvia*

Página web <http://susanabianconi.blogspot.com/2010/08/jardines-de-lluvia.html>

Herrería Liaño, Eduardo. (Santander, Junio 2014): Estudio de viabilidad de la implantación de sistemas de drenaje sostenible en el área de Santander.

Página web repositorio.unican.es

Anta, Jose; Suárez, Joaquín; Puertas, Jerónimo; del Río, Héctor; Hernáez ,David: Las Técnicas de Drenaje Urbano Sostenible para la gestión de las aguas pluviales en ámbitos urbanos.

Página web [www.geama.org › sanitaria](http://www.geama.org/sanitaria)

Página web https://savetherain.us/wp-content/uploads/2012/08/StR-SPA-Rain-Garden-digital6_20_12.pdf

BibLus: Diseño de jardines de lluvia

Página web <http://biblus.accasoftware.com/es/disenio-de-un-jardin-de-lluvia/>

Dimensionado

Dimensionar cuatro zonas interdependientes con varias profundidades para que el rendimiento sea adecuado. Estas zonas son:

1. Zona de aguas profundas. Entre 0,5 y 1,8 metros, con vegetación sumergida y flotante.
2. Zona de baja vegetación. Entre 6 cm. y medio metro.
3. Zona de anta vegetación. Desde los 6 cm hasta el nivel normal del estanque. Gran variedad de especies vegetales y de extensión superior a la zona baja.
4. Zona inundable. Por encima del volumen permanente, se inunda durante los episodios de mayor intensidad.

Clasificación según CEDEX

1. Humedal poco profundo. Su volumen de agua permanente puede oscilar entre el volumen de calidad y el triple de su valor, por lo que ocupa una gran extensión.
2. Humedal poco profundo de detención extendida. Su volumen permanente es sólo una fracción del volumen de calidad de agua, por lo que requiere espacios menores.
3. Sistema de humedales. Compuesto por dos zonas, un estanque de retención donde se retienen los sólidos más gruesos y una zona de marisma somera con vegetación donde se eliminan más contaminantes.
4. Pequeños humedales. Para cuencas de entre 2 y 5 hectáreas.

Imágenes

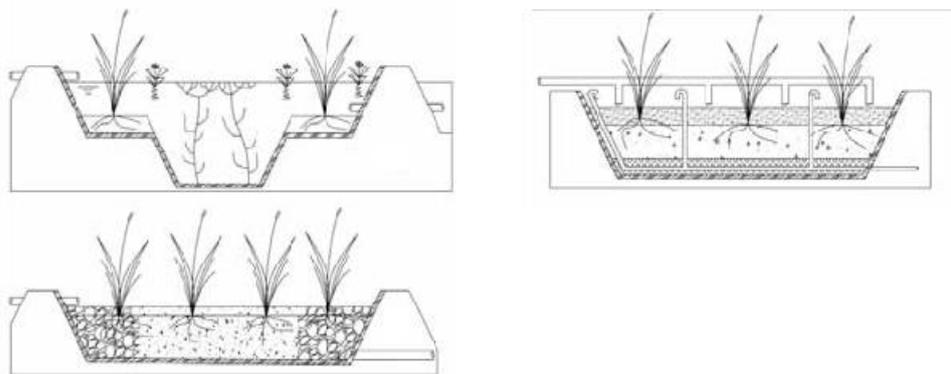


Figura 5.6.17: Ejemplo. Fuente: ver anexo 1

Fuentes

Página web https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Corte-de-los-diferentes-tipos-de-humedales-artificiales-a-flujo-superficial_fig2_235754309

ARÍSTEGUI MAQUINARIA

Página web <https://www.aristegui.info/que-es-un-estanque-de-retencion-y-por-que-las-ciudades-lo-necesitan/>

IAGUA :Humedales artificiales para depurar las aguas residuales en pequeñas poblaciones

Página web <https://www.iagua.es/noticias/espana/iama/17/05/23/humedales-artificiales-depurar-aguas-residuales-pequenas-poblaciones>

Rentavares (16/05/2013): Humedales artificiales como sistemas naturales de depuración de aguas residuales. Conceptos e historia.

Página web <https://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2013/05/16/131891>

5.6.7. CUBIERTA VERDE

CUBIERTAS EXTENSIVAS

Datos iniciales

Área drenante	Área total o parcial de la cubierta
Superficie	Indefinida
Capacidad de infiltración del suelo	≥ 1 mm/hora.
Pendiente longitudinal max.	0-5%
Impermeabilización	Siempre

Adaptabilidad

Usos aptos	Retención y filtración de las aguas pluviales
Usos no recomendados	Zonas con excesivo peso de aguas pluviales

Rendimiento

Reducción del caudal pico	Bueno
Reducción del volumen	Bueno
Tratamiento calidad del agua	Alto
Potencial ecológico	Muy alto

Mantenimiento

- Un techo verde intensivo, como el mismo nombre sugiere, lleva mucho más trabajo en cuanto a gestión de los diferentes tipos de plantas por separado y mantenimiento. Se trata de un jardín en toda regla.
- Un techo verde extensivo se deja crecer de forma natural sin restricciones. Se auto-gestionan como en la propia naturaleza. Por lo tanto sólo requieren deshierbar y fertilizar cada año.

Ventajas

- Incrementan el aislamiento térmica.
- Incrementan la aislación acústica.
- Aumentan la vida útil del techo.
- Purifican el aire.
- Retención y purificación de aguas pluviales.
- Generación de espacio verde.
- Captura de partículas contaminantes.

Desventajas

- Requiere mantenimiento.
- No se pueden instalar en cualquier techo.
- Los costes pueden ser elevados.
- Es complejo instalarlos.
- Requieren de una estructura particular.

Costes

Superiores a la hora de su construcción y en su mantenimiento pero tienen una durabilidad de 15 años el material impermeable y con alguna reparación hasta de 25 años.

Viene dado por el tipo de vegetación que se quiera plantar.

Imágenes



Figura 5.6.18: Ejemplo. Fuente: ver anexo 1

Figura 5.6.19: Ejemplo. Fuente: ver anexo 1

Fuentes

Busca, Marco (31-08-2014): ARQUITECTURAYEMPRESA

Página web <https://www.arquitecturayempresa.es/noticia/techos-verdes>

OI Realtor: Real Estate New

Página web <https://www.oirealtor.com/noticias-inmobiliarias/los-techos-verdes-se-instalan-en-las-principales-urbes-del-mundo/>

Ovacen : Manuales o guías sobre cubiertas vegetales. Ventajas y desventajas

Página web <https://ovacen.com/como-construir-cubiertas-vegetales-o-verdes-manuales-guias/>

KNAUF: Cubiertas verdes

Página web <https://www.knaufinsulation.es/aplicaciones/cubierta/cubiertas-verdes>

MAISON +(6 de Agosto 2018):Maison plus soluciones sostenibles

Página web <https://maison-plus.es/cubierta-verde/>

ISOPAN, Insulating desing (9 de Julio 2018): ¿Qué debes tener en cuenta para la construcción de una cubierta verde?

Página web <https://www.isopan.es/magazine/que-debes-tener-en-cuenta-al-instalar-una-cubierta-verde>

Eco- Inventos, green tecnology

Página web <https://ecoinventos.com/tejados-verdes/>



6. ANÁLISIS DEL AREA INDUSTRIAL DEL POLÍGONO ARGALES

Figura 6.0: Fuente ver Anexo 1

Primera fase del ciclo natural del agua; Escorrentía controlada (pantano)

6. ANÁLISIS DEL ÁREA INDUSTRIAL DEL POLÍGONO ARGALES

6.1. INTRODUCCIÓN

La ciudad de Valladolid, a partir del siglo XIX, comienza a despertar del letargo, gracias a una incipiente industrialización, que eclosiona a partir de la segunda mitad del siglo XX, con la llegada del ferrocarril. Al acabar la guerra, con la designación de Valladolid como polo industrial por el régimen franquista, en la conocida como la primera fase de desarrollo, se llevará a cabo: la instalación de grandes fábricas, Nicas en 1939, Fada, Endesa, Tafisa, y sobre todo la Fasa Renault en 1953 y la Sava en 1957, que conllevaron un importante crecimiento demográfico y urbanístico. (Historia de Valladolid, Civitatis)

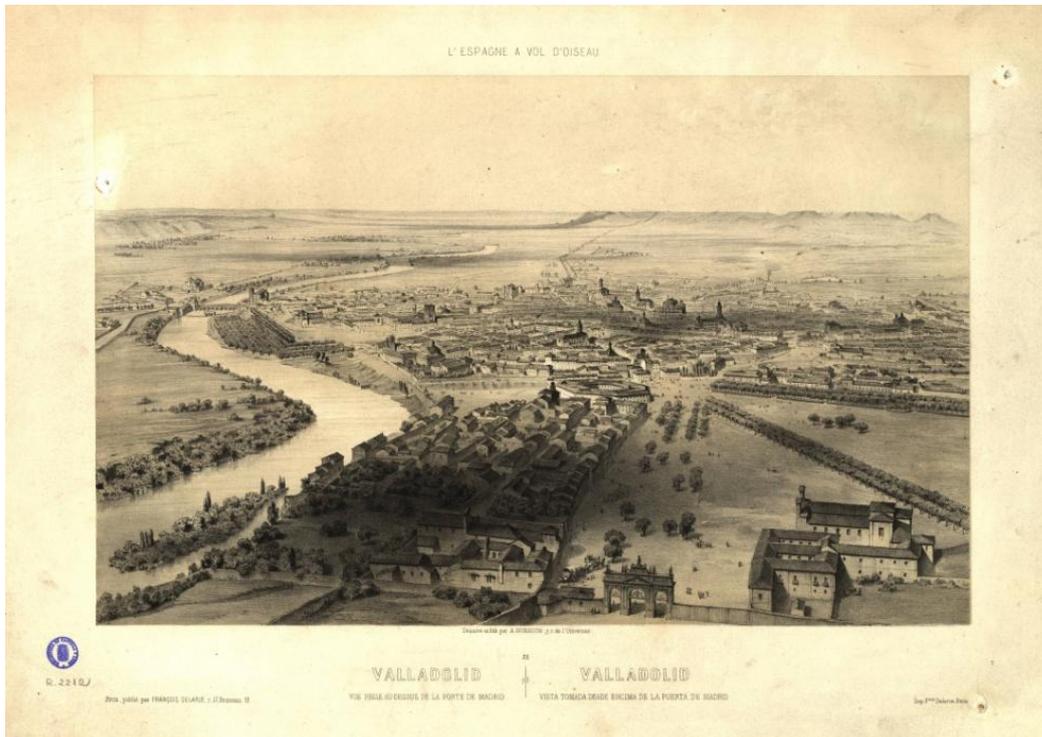


Figura 6.1.1 : Vista tomada desde lo alto de la Puerta de Madrid. Fuente: ver anexo 1

De la memoria del Plan parcial del polígono industrial de Argales (1962) se desprende que “su emplazamiento se ha hecho teniendo en cuenta en primer lugar, que era zona prevista en el plan de Urbanización de Cort como zona Industrial, además de las excelentes condiciones que reúne por ser una superficie prácticamente llana, estar situada entre ferrocarriles y existir facilidad para la evacuación de aguas residuales por su proximidad al río Pisuerga, aguas abajo del casco urbano de la Ciudad. Además la proximidad a la carretera Adanero-Gijón y Paseo de Zorrilla, vía principal de la ciudad, favorece el enlace del polígono el casco de la población y las

carreteras de acceso a la misma” (Memoria del Plan parcial del polígono industrial de Argales, 1962, 1). En su creación se previeron tres accesos a este, dos de ellos cruzando las dos vías ferroviarias a diferentes niveles y otro a través de la carretera de "La Esperanza". Añadiendo a estos accesos unos enlaces fundamentales con la carretera Adanero-Gijón y la prolongación del Paseo Zorrilla.

6.2. EVOLUCIÓN



Figura 6.2.1: Polígono Argales en su inauguración el 13 de Marzo de 1962. Fuente: ver anexo 1

Desde su creación hasta la actualidad en el polígono Argales se han sucedido reformas actuaciones y planes parciales. En un inicio se efectuaron una serie de ordenanzas en las cuales se recoge el reglamento de cómo se debía proceder en las obras de esta área (Ordenanzas reguladoras, 1962, pag 83):

- Ordenanza nº 1: Del uso de los terrenos urbanizados
- Ordenanza nº 2: De las parcelas y sus edificaciones
- Ordenanza nº 3: De las características de los edificios industriales
- Ordenanza nº 4: Del uso y destino
- Ordenanza nº 5: De las condiciones sanitarias, higiénicas y seguridad.
- Ordenanza nº 6: De las condiciones estéticas y constructivas

En Noviembre de 1965 se presenta un plan parcial de ordenación del Polígono Argales para llevar a cabo un proceso de ampliación. La zona de actuación está situada al Sur del Polígono primitivo, ocupando una superficie de 35.49 Has., la elección de este espacio son las mismas que en el proyecto primitivo (excelentes condiciones del terreno, prácticamente llano, facilidad de evacuación de las aguas, facilidad de enlace y carreteras de acceso). Alguno de los puntos muy interesantes de como se realiza la unión con esta ampliación, para la realización de este trabajo, es el alcantarillado. El cual se realiza con un sistema unitario prolongando los ramales y los colectores de la primera fase del polígono. El mismo proceso se realiza para el abastecimiento de agua, la energía eléctrica y el alumbrado público (Proyecto de plan parcial del polígono industrial "Argales" ampliación, de Valladolid).

El Plan Parcial del Polígono Industrial Argales sufre una nueva modificación en el año 1992, dicha modificación está centrada en las parcelas de categoría I (grandes), abriendo el polígono a la implantación de edificios empresariales que puedan suponer un mayor tamaño del denominado bloque representativo.

Se considera importante tratar de alejar esa imagen industrial relacionada con la contaminación, el ruido y otros elementos negativos para adecuar estas zonas a una sociedad y un perfil económico cada vez más exigente y de mayor calidad. Es de esta idea de donde surge la adecuación paisajística de los ámbitos industriales, que tiene su base normativa en el Convenio Europeo de Paisaje (CEP, Florencia 2000), el cual fue ratificado por el Gobierno de España el 26 de noviembre de 2007.

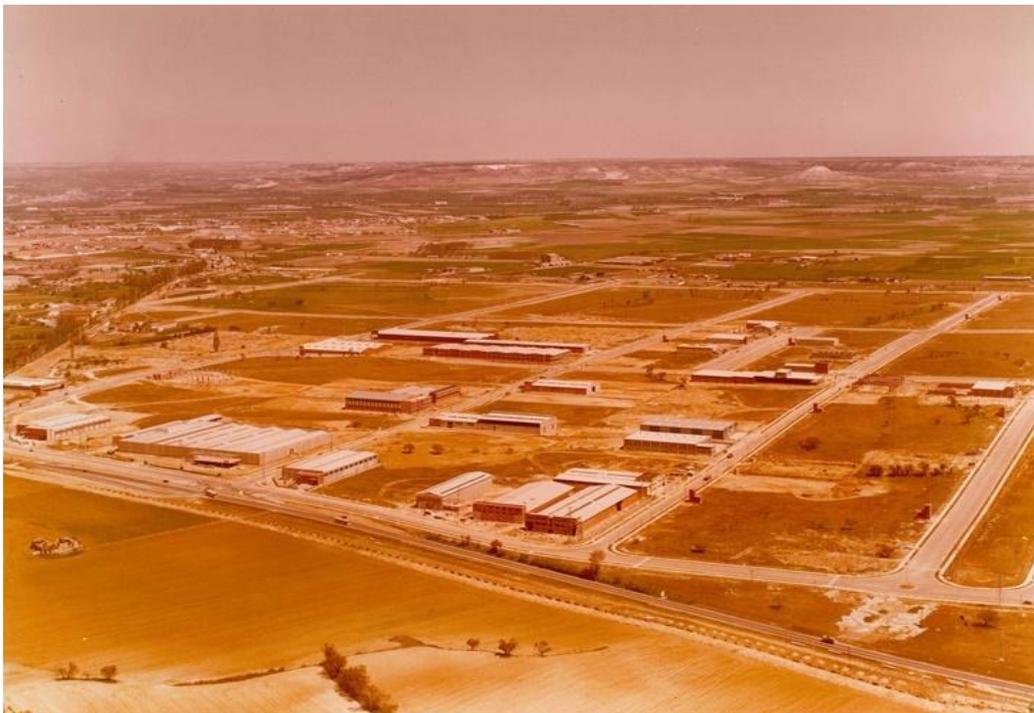


Figura 6.2.2: Vista aérea. Fuente: ver anexo 1

6.3. CARACTERÍSTICAS DEL POLÍGONO ARGALES

La organización general del polígono trata de continuar con la estructura habitual de la ciudad, pensando en la instalación de pequeña, media y gran industria, siendo estas dos últimas de las que más presencia va a tener. A este programa se le debe sumar el viario, zonas verdes, zonas para edificios y servicios públicos, etc. Para la realización del análisis de esta zona se ha tomado como base la documentación de la ficha 21 correspondiente al Polígono de Argales-Arcas Reales del PGOU de Valladolid (Revisión del PGOU de Valladolid. Memoria informativa. Los barrios de Valladolid-Ficha 21, 2020).

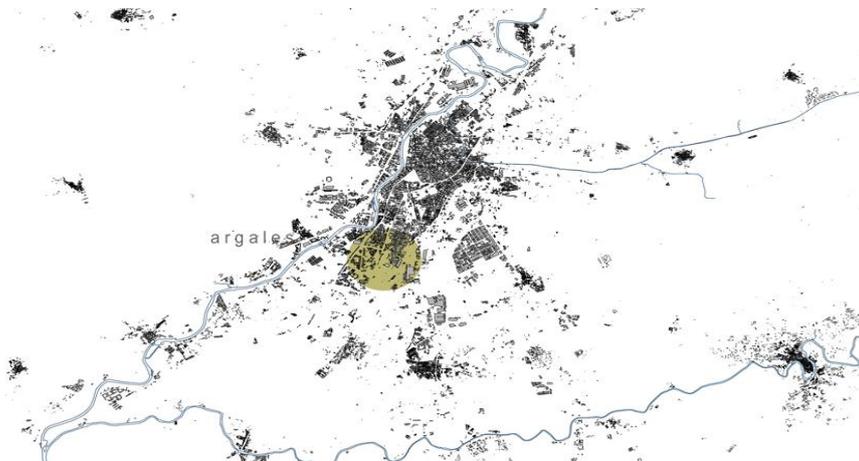


Figura 6.3.1: Plano de Valladolid. Fuente: ver anexo 1

6.3.1. CLASIFICACIÓN DE USOS

A continuación se ofrece una información más detallada de los diferentes usos en los que se



desglosa cada una de las manzanas del polígono, partiendo de la ficha 21 del PGOU. Las manzanas se encuentran divididas en parcelas en las que se han construido diferentes tipos de edificaciones. El dimensionado de las parcelas se efectúa siguiendo la proporción de que el fondo de cada una de ellas sea 2.5 veces su ancho de fachada. Las parcelas de los tres tipos de industria se han procurado agrupar en una misma zona, reservándose los contiguos a los ferrocarriles para la gran industria. Una cantidad pequeña de sus construcciones son edificios, y la gran mayoría naves o naves + edificios.

Figura 6.3.2: Plano de usos del Polígono Argales. Fuente: ver anexo 1

Los únicos equipamientos que se localizan en el polígono son el Colegio Internacional de Valladolid y, con menor relevancia, del centro ocupacional (ambos dos sin uso industrial).

Como enuncia la citada ficha 21 del PGOU, el estado de las edificaciones deja ver los casi 50 años de antigüedad del polígono. Se percibe cierto deterioro en algunas de las naves y hay algunas que se encuentran ya sin uso. A pesar de ello, no existen solares vacíos en su área pero sí entre la ronda interior y la exterior (ficha 21_Polígono de Argales-Arcas Reales del PGOU de Valladolid).

6.3.2. MOVILIDAD Y ESPACIOS LIBRES

La movilidad y los espacios libres en el interior del polígono Argales es prácticamente nula, por el contrario en los alrededores del polígono la morfología es diferente debido a los espacios libres y los usos que se le otorga a las construcciones. Por ello el estudio de esta zona y su posterior tratamiento favorecerá la creación de una trama similar a la de la ciudad para incorporar el polígono a los recorridos peatonales, ciclables y más urbanos.

"A falta de cualquier espacio libre, es interesante resaltar el dinamismo que ha asumido la calle de Daniel del Olmo (y en menor medida su entorno), lo que plantea problemas debido a su condición actual. Además de ser el eje principal de acceso al polígono y de conexión de este con la ciudad, esta calle concentra bastantes actividades de carácter menos industrial y más



bien de servicios, lo cual explica por ejemplo los ya mencionados problemas de aparcamiento. Se ha configurado de esta manera una vía con un fuerte carácter urbano que se ha querido reforzar con una reciente aunque muy ligera intervención, limitada a un simple lavado de cara pero que deja pendiente lo que podría ser una transformación más profunda tanto de la propia calle como de su entorno inmediato, lo que podría permitir resolver los problemas detectados y contribuir de forma más intensa a su integración dentro de la ciudad, superando el habitual aislamiento de este tipo de sectores." (ficha 21_Polígono de Argales-Arcas Reales del PGOU de Valladolid).

Figura 6.3.3: Plano de los espacios libres del Polígono Argales. Fuente: ver anexo 1

El área que ocupa el polígono Argales queda delimitada por dos vías principales que conducen directamente a la zona ferroviaria de la Estación. En su linde oeste se localiza la línea de tren la cual conecta con dos estaciones con esta zona de la ciudad y el resto de localidades.

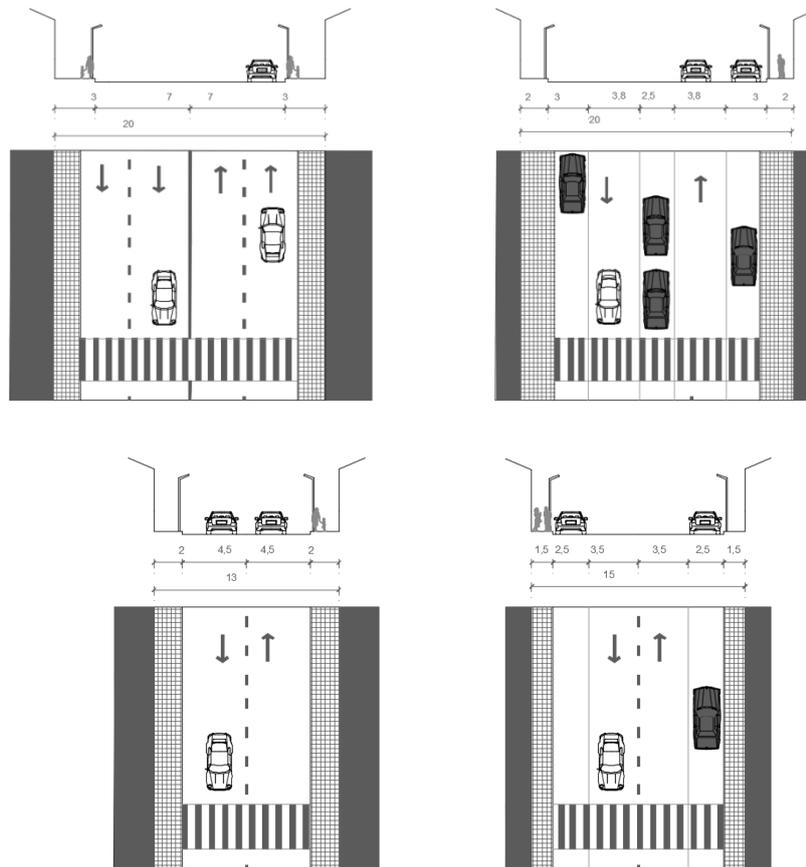
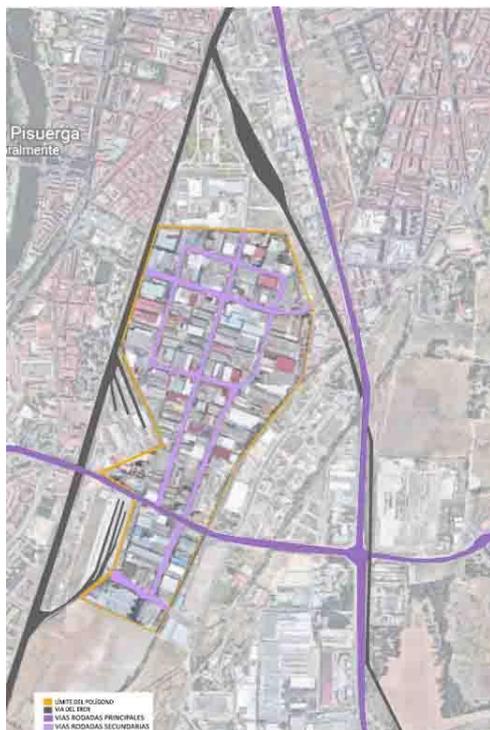


Figura 6.3.4: Secciones del viario urbano del Polígono Argales. Fuente: ver anexo 1

Se observa como la estructura viaria de la zona interior del polígono es muy ordenada ortogonal en su gran mayoría lo que facilita obtener en la división parcelaria y de manzanas soluciones más regulares y sencillas para la construcción del modelo de edificio industrial, la nave. El viario por su lado se ha planificado pensando en la posición de sus accesos y de esta manera se plantearon tres tipos de vías: Vías prioritarias con un ancho de 20 metros, vías secundarias con un ancho de 15 metros y las de acceso por la carretera de La Esperanza de 15 metros.

"La dureza del viario del polígono traslada el carácter industrial del mismo, al tiempo que destaca su notable deterioro e insuficiencia en algunos aspectos. Todas las calles del polígono presentan un aspecto que podríamos denominar duro o de carácter industrial, con la sección dominada por los espacios destinados a los vehículos y con una ausencia total de arbolado, lo cual no deja por otro lado de ser habitual en este tipo de áreas. En este sentido, es más



importante destacar el ya notable deterioro que presenta en muchas zonas, con pavimentos en mal estado o directamente levantados, así como los importantes problemas de aparcamiento en algunas zonas (como la calle de Daniel del Olmo), siendo habitual el estacionamiento de vehículos en carriles de circulación" (ficha 21_Polígono de Argales-Arcas Reales del PGOU de Valladolid).

Figura 6.3.5: Plano del viario urbano del Polígono Argales. Fuente: ver anexo 1

6.3.3. INFRAESTRUCTURAS

A partir del Proyecto y Plan parcial Polígono "Argales" de Valladolid realizado en Julio de 1962 se enuncian las características principales de las diferentes infraestructuras de este área.

- Abastecimiento.



En cuanto se refiere a posibles conexiones de las redes de abastecimiento de agua y alcantarillado de la Ciudad, no existe posibilidad, ya que las zonas limítrofes con el polígono carecen de ramales con capacidad, ni aproximadamente suficientes para las necesidades del polígono. La captación de agua para el abastecimiento se hace directamente desde el depósito de agua filtrada de la estación depuradora de San Isidro.

Encontramos en primer lugar una red arterial que cruza de este a oeste el polígono y a la que conectan las redes privadas que ya distribuyen a menor escala el agua. Perimetralmente se localiza un anillo representado en verde, que lleva las conducciones con mayor caudal.

Figura 6.3.6: Plano de abastecimiento de agua. Fuente: ver anexo 1

Hay que controlar el trazado y la posición por la que discurren las canalizaciones para conseguir posteriormente implantar SUDS. Para ello es preciso combinarlos y conectarlos con la red de saneamiento actual y conseguir un funcionamiento paralelo.

- Saneamiento



El saneamiento de esta zona se efectúa mediante un sistema unitario que evacua las aguas mediante un colector general.

Muy próxima se encuentra la EDAR de Valladolid lo que facilita el traslado de aguas sucias a través del saneamiento hasta esta.

Se representan unas líneas de saneamiento propuestas por el PGOU para aplicar y adecuar las ya existentes.

Al igual que con el saneamiento es una de las partes más importantes a tratar para conseguir la unidad del sistema junto con los SUDS.

Figura 6.3.7: Plano de saneamiento de agua Fuente: ver anexo 1

- Electricidad



El trazado de esta instalación tiene un gran impacto en el diseño de un barrio ya que son redes que se distribuyen aéreamente e impiden o dificultan las intervenciones. En estos momentos el Ayuntamiento de Valladolid está redactando un convenio con Iberdrola para soterrar algunas de las líneas de media y alta tensión.

- Línea 220 KV (Valladolid Nuevo- Zaratán1) (REE)

- Línea 220 KV (La Mudarra- Valladolid Nuevo)(REE)

- Línea 220 KV (REE)

- Iberdrola 16

- Iberdrola 14

Figura 6.3.8: Plano de electricidad, Fuente: ver anexo 1

También se marcan en el plano las subestaciones primarias y las subestaciones transformadoras que existen en Valladolid. En la zona del polígono hay muchas subestaciones transformadoras mediante las cuales se da servicio eléctrico a todo el conjunto.

Actualmente se está trabajando para soterrar estos tendidos, lo que dificultara notablemente el desarrollo de los SUDS.

- Gas



Existen en esta zona dos tramos de gaseoducto uno que une Aranda de Duero- Zamora y otro Valladolid- Palencia. De ellos se obtienen una serie de ramales, ramal de alta presión (Gas natural), red de media presión y ramales de acometida (gas natural), red de baja presión y ramales a Michelin y Cigales.

En esta zona la distribución se hace a partir de una red de alta presión que es la que cruza el polígono y de esta salen red de media presión la cual acercar el suministro a los puntos de consumo.

Figura 6.3.9: Plano de suministro de gas. Fuente: ver anexo 1

- Red de riego.

A continuación se presenta el plano de la red de riego de Valladolid centrado en el perímetro del



polígono Argales. La toma de riego 10 de Arcas Reales ya existente que hace más sencillo la modificación en el futuro para poder implantar más zonas verdes y hacer del polígono una zona más ecológica.

Este sistema será uno de los mas modificados debido a los proyectos que se plantean para la zona, se implementaran los sistemas de recogidas de agua de lluvia para el aprovechamiento en el ámbito del rio de la nueva vegetación que se plantea y los nuevos sistemas filtrantes generarán unirme as saturado de agua en el que sea menos necesario el riego mecánico.(PGOU-Polígono de Argales, Valladolid)

Figura 6.3.10: Plano de elementos de sistemas de riego.

Fuente: ver anexo 1

6.4. SITUACIÓN ACTUAL.

Tras el análisis realizado del polígono de Argales, puede concluirse que se encuentra dotado de un diseño con calles duras e impermeables con escasa vegetación (nula, en el caso del espacio público) ni mobiliario urbano que haga de ellas un lugar atractivo para el ciudadano. A esta problemática se le suma el sistema de evacuación de aguas insuficiente en caso de episodios de lluvia torrencial. Las posibles intervenciones en el espacio público del polígono se ven condicionadas por los tendidos eléctricos que se encuentran distribuidos por el espacio aéreo. Las edificaciones son muy similares entre ellas, siguen una tipología de naves largas y con poca fachada construidas a partir de materiales como la chapa y el fibrocemento, un diseño poco atractivo para el ciudadano y que genera problemas medioambientales y de confort.

Actualmente se están desarrollando dos proyectos paralelos de mejora para el espacio del polígono, uno llevado a cabo por la concejalía de Planeamiento Urbano del Ayuntamiento de Valladolid, que plantea la reurbanización del cruce de calles Daniel del Olmo y parte de la Avenida Norte de Castilla (hasta la calle Forja) calles y la otro por el proyecto INTERREG_POCTEP denominado INDNATUR, en el que también participa como socio el Ayuntamiento de Valladolid, concretamente, en este caso, la concejalía de Innovación, Desarrollo Económico, Empleo y Comercio.

Para mejorar la situación de partida del polígono se acometerá la reurbanización de este área bajo los criterios de sostenibilidad a través la implementación de Soluciones basadas en la Naturaleza (Diario de Valladolid, 2020).

El Ayuntamiento de Valladolid ha comenzado a hablar de planes y proyectos para solucionar la situación del polígono, denominada como "isla de asfalto y cemento", por el Diario de Valladolid. Estas intervenciones supondrán una renaturalización urbana la mejora de la calidad de vida de la ciudadanía, la resiliencia urbana, la lucha contra la contaminación, el cambio climático, la reducción de la isla de calor y la creación de corredores verdes, en la acequia del Duero y al Arroyo Espantá, entre otros factores.

En el caso del Arroyo Espantá, se trata de un arroyo cubierto en muchos tramos y con vertidos de muchas industrias, maltratado desde hace bastante tiempo.

Otra de las actuaciones previstas es la ampliación de la red ciclable y la conexión con la red peatonal de la ciudad (ampliación de aceras y de un carril bici). Los pavimentos filtrantes, barreras verdes contra el ruido o suelos inteligentes que reducen sus necesidades de riego y fertilizantes. Se incorpora un alto componente tecnológico, lo que facilita el desarrollo de iniciativas innovadoras de economía verde por parte de las empresa y entidades, con un importante impacto económico y social.



Figura 6.4.1: Fotomontaje de la futura intervención verde del Polígono Argales. Fuente: ver anexo 1

El proyecto INDNATUR tiene como objetivo, usando Soluciones basadas en la Naturaleza, conseguir mejorar el entorno urbano de las áreas industriales, como expone en su página web.

Este proyecto, iniciado en Junio de 2019 tiene fecha de finalización en Abril de 2022, busca con sus intervenciones naturales mejorar las condiciones ambientales del área; focalizando sus intervenciones en el incremento del confort en espacios urbanos, la mejora del funcionamiento del ciclo del agua permitiendo un mayor ahorro energético, incrementando la biodiversidad y la resiliencia de entornos duros como es el área industrial del Polígono Argales y mejora la calidad paisajística del entorno (Página web del proyecto INDNATUR).

Se diseña un corredor verde-azul con vegetación y sistemas de drenaje urbano sostenible que permitirán una mayor absorción del agua de lluvia. El área de intervención en el polígono Argales está siendo reconsiderada para poder ampliar el ámbito de intervención.

Se centra como ya se anunciaba en una de las vías principales del polígono, se plantará nuevo arbolado, se habilitarán medianas verdes, pavimentos que faciliten el drenaje, un jardín de lluvia y un estanque de retención. Este tipo de acciones requieren también de la implicación de los propietarios del polígono, el objetivo es que los empresarios se sumen a la iniciativa; nueva vegetación, muros vegetales, cubiertas verdes, enredaderas que cubren muros, cunetas verdes, arbolado o suelo filtrante en sus propiedades podrían aminorar la dureza del entorno industrial y "redundaría en el incremento de la competitividad, la mejora de la imagen y la integración de los espacios productivos en la ciudad." (Página web del proyecto INDNATUR).



Ya se ha puesto en marcha la monitorización de aspectos como la calidad del aire, la temperatura, la infiltración del agua o la biodiversidad del polígono, con la intención de ver el progreso de las variantes tras la intervención. También se han instalado composteras y una prueba piloto para el sustrato donde se plantará la vegetación a partir de residuos de construcción y demolición triturados y mezclados con fertilizantes.

Figura 6.4.2: Polígono Argales ferrocarril, barrio la Rubia y avenida Zamora. Fuente: ver anexo 1



7.INSERCIÓN DE SUDs EN EL POLÍGONO ARGALES

Figura 7.0: Fuente ver Anexo 1
Primera fase del ciclo natural del agua; (Transporte delta del rio)

7. INSERCIÓN DE SUDS EN EL POLIGONO DE ARGALES

Tras analizar el polígono Argales se tiene una noción de como es su morfología, viario, infraestructuras,... con estos datos y los estudiados anteriormente sobre el comportamiento de los SUDS, se va a proceder a comprobar la viabilidad de cada uno de ellos su implantación en el área del polígono.

Para ello se utiliza una metodología simple, se busca la localización más idónea de cada uno de los SUDS en el polígono, se hará un modelo de diseño teórico y una estimación del coste de construcción. Este proceso se va a realizar sobre siete tipos de SUDS, lo que han sido desarrollados en profundidad en el apartado 5.6. de este mismo trabajo, (Superficies permeables, zanjas de infiltración, franjas filtrantes o cunetas verdes, depósitos de recogida, parques inundables, zonas de biorretención o jardines de lluvia y cubiertas vegetales). No todos pueden ser utilizados en el área que se está tratando debido a su suelo consolidado sin apenas espacios libres y con una densidad constructiva elevada.



Figura 7.1.1: Vista aérea del polígono. Fuente: ver anexo 1

7.1. SUPERFICIES PERMEABLES

- Viabilidad

La viabilidad de las superficies permeables como SUD en el caso de su colocación en el Polígono Argales es muy justificada. Ya que la impermeabilización del suelo en los polígonos industriales afecta tanto al espacio público como al ámbito privado. Concretamente, en el polígono de Argales, prácticamente todo el suelo en espacio público (viario y espacios libres) es impermeable, pero también un enorme porcentaje del espacio libre dentro de las parcelas



privadas está impermeabilizado. Lo cual quiere decir que existen grandes posibilidades de disponer suelos drenantes de diverso tipo.

Algunas de las características que lo corroboran son que su superficie de drenaje es amplia, esta soporta bien el paso de coches y de peatones. Se pueden adaptar al espacio que sea necesario con el único condicionante de la necesidad de colocar un aliviadero perimetral que debe mantenerse limpio, el resto de superficie puede tener un amplio abanico de soluciones continuas y discontinuas. No precisan un mantenimiento muy extensivo como ya hemos visto y por ello son convenientes para el espacio público de la ciudad.

Cuando hablamos de superficies permeables se abre un gran abanico de posibilidades, las cuales podrían

clasificarse dependiendo del grado de permeabilidad que tengan, (permeables, semipermeables), entre ellas podrían estar pavimentos elásticos, gravas terrosos, franjas vegetales, modulares con junta abierta,...

- Localización

La implantación de estos sistemas de drenaje se podría hacer en su gran mayoría en el viario del polígono utilizando el área de los aparcamientos públicos, ampliándose a los espacios de aparcamiento privado de los supermercados y las áreas industriales que lo permitan. En el espacio privado que queda libre en torno a las construcciones, el cual en algunos casos se ha conformado en forma de calles privadas las cuales si su uso no es por vehículos pesados podría ser configurada también con esta solución para conseguir unidad en el conjunto. Todos estos espacios quedan marcados en este plano en el que se observa que es bastante el espacio a tratar, lo que generaría una mejora importante en el drenaje del agua de lluvia y evitar la escorrentía y ayudar con el aprovechamiento de este mismo.

- Diseño

El diseño de estos espacios podría ser sencillo y con una obra no muy complicada pero sí laboriosa ya que se debe levantar todo el pavimento existente en las áreas que se vayan a tratar. El nuevo pavimento será el mismo para todo el polígono para conseguir darle unidad y un hilo conductor a su diseño. Uno de los pavimentos más utilizados para conseguir un suelo permeable es el de franjas alternando grava o vegetación con un pavimento conformado. Este acabado le da al entorno un aspecto más natural y amable lo que es muy beneficioso para el objetivo que se quiere conseguir en el polígono Argales, para incluir este espacio en la ciudad. En algunas calles la obra será más compleja ya que debe incorporarse el carril bici y un paseo peatonal más agradable incorporando vegetación como ya se plantea en el proyecto de IDNATUR.

Los materiales utilizados para el cambio en la sección de calle y aparcamientos del polígono serían de tres tipos:

- Asfalto para la calzada donde discurre el tráfico rodado.
- En el caso del carril bici se colocaría un pavimento permeable continuo que permita la filtración del agua y el cómodo recorrido de las bicicletas.
- Un pavimento semipermeable que alternaría alcorques perimetrales para la recogida de agua y formado por franjas, paralelas a la dirección de circulación, alternando vegetación con un pavimento conformado. Esta solución se utilizará en los aparcamientos públicos parking privados y también en alcorques y pequeñas zonas estanciales que se pueden crear en la zona peatonal
- Al recorrido peatonal se le daría un tratamiento semipermeable más duro sin incorporar la vegetación entre ellos dejando que el agua filtre entre sus juntas por su diseño.



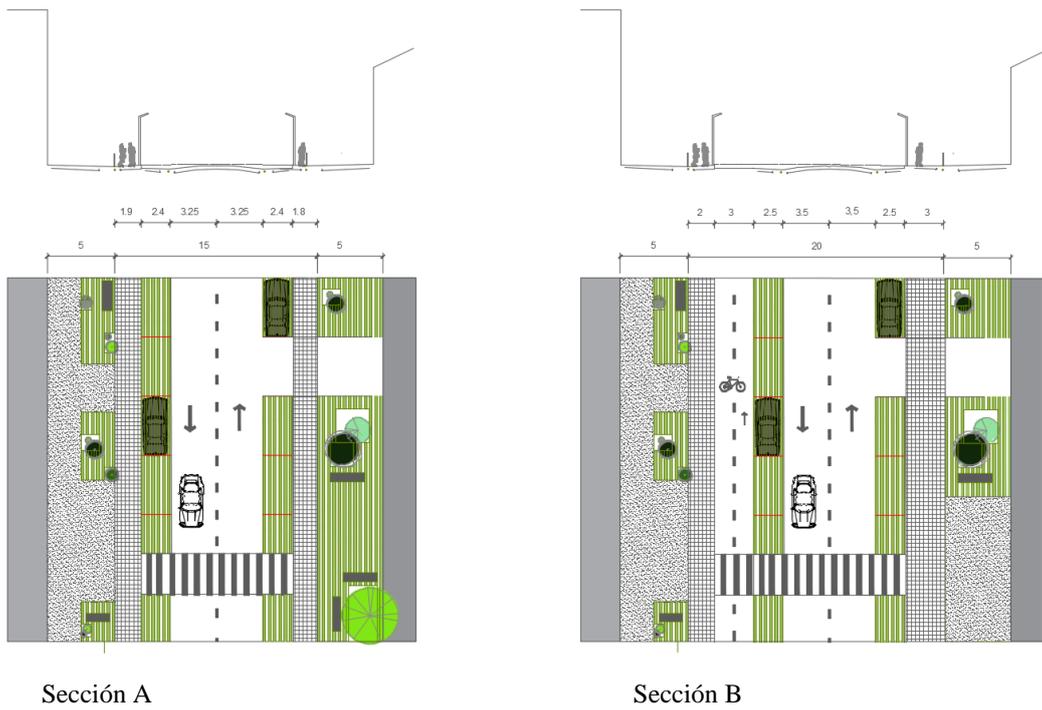


Figura 7.2.1: Vista del polígono. Fuente: ver anexo 1

La construcción de estos sistemas de drenaje son muy simples utilizando las siguientes capas sobre el firme para conseguir recoger el agua de la lluvia:

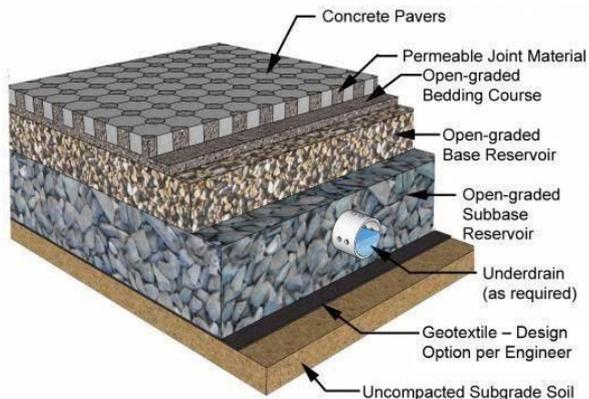


Figura 7.2.2: Detalle de pavimento permeable. Fuente: ver anexo 1

- Coste

Para hacer una estimación del coste de la colocación de un pavimento permeable se efectúa un presupuesto con la aplicación Cype la cual aproxima el precio de coste por metro cuadrado construido, en este caso de rehabilitación.

Tipo de pavimento	Lugar de colocación	Precio del m2	Precio de la hora	Mantenimiento
Asfalto*	Calzada	6.29 €	18.89 €	0.96 €/10 años
Permeable continuo*	Carril bici	66.41 €	12.47 €	13.02€/ 10 años
Permeable de franjas vegetales*	Aparcamientos	12.68 €	5.32 €	1.34 €/10 años
Permeable discontinuo*	Zona peatonal	12.68 €	5.32 €	5.34 €/10 años
Jardinería*	Alcorques	- Árbol hoja perenne - 27.7 €	4.83 €	26.63 €/ 10 años
		- Hoja caduca- 51.56 €	4.83 €	49.5 €/ 10 años
		- Coníferas - 18.48 €	4.83 €	104.1 €/10 años
Mobiliario urbano*	Conjunto	11.51 €	18.89 €	63.17€/ 10años

*Denominación obtenida de la base CYPE.

7.2. ZANJAS DE INFILTRACIÓN

- Viabilidad



La dureza del entorno del Polígono Argales hace que las soluciones sostenibles de la recogida del agua sea un gran punto a favor para hacer este área más amable y adecuada para su conexión con la ciudad. Por ello la creación de zanjas de infiltración en este entorno es un punto a favor en la evolución y mejora. Con ellos se consiguen grandes ventajas como la mejora de la seguridad vial, una gran mejora estética, el flujo más lento de la escorrentía superficial, facilita la sedimentación de los contaminantes, tiene una construcción fácil y económica,...

Figura 7.3.1: Lugares donde colocar franjas de infiltración. Fuente: ver anexo 1.

- Localización

Este tipo de SUDS tiene una aplicación sencilla en un área consolidada como es el polígono Argales, los mejores lugares para colocarlos son las vías públicas de gran tamaño colocando franjas filtrantes de 1.2 metros de ancho con todo el largo posible. Estas franjas se ubicarán entre el carril bici y la calzada y entre los aparcamientos y la calzada, de esta manera aparte de conseguir incluir en la sección de calle una forma de evacuar el agua de lluvia, también le da un aspecto más amable y mejorado a la par que consigue dar seguridad a los usuarios separando al peatón y el ciclista del tráfico rodado.

- Diseño

La construcción de esta solución es, como se viene anunciando, sencilla y podría aparentar ser barata por el tratamiento sería así si se aplicase en un área de nueva construcción. En nuestro caso como se trata de una rehabilitación y regeneración de un polígono sería mucho

más compleja la obra debido a tener que levantar el acabado existente, tratar el suelo y

conseguir colocar los materiales de las zanjas de infiltración.

Los materiales utilizados fueron:

- Pavimento continuo o discontinuo, mejor si es filtrante y colabora con los canales de conducción del agua de lluvia.
- Tuberías de PVC que hagan la conducción hasta las zanjas.
- Piedra cuarta de diámetro superior como primera capa filtrante.
- Grava como segundo filtro.
- Arena como ultimo filtro colocado sobre el suelo firme.

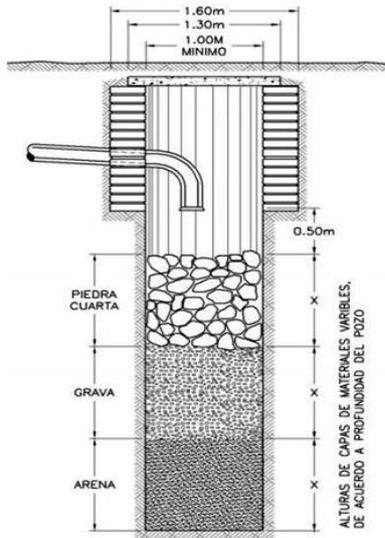
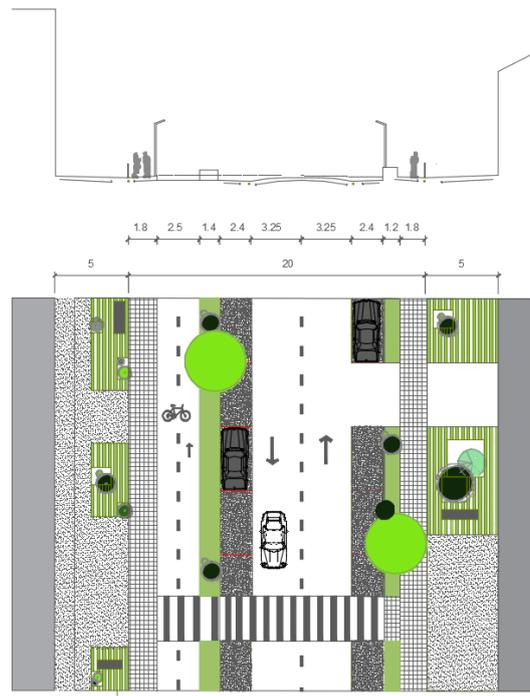


Figura 7.5.3: Esquema de pozo de infiltración. Fuente: ver anexo 1.



Sección B

La secciones se utilizan los cortes especificados en el anterior caso y se continuará haciendo en el resto de SUDS para poder comparar como se modificaría el tratamiento de la calle dependiendo del sistema utilizado.



Actual

Intervención

Figura 7.3.2: Vista del polígono. Fuente: ver anexo 1

- Coste

Para hacer una estimación del coste de la colocación de depósitos de recogida se efectúa un presupuesto con la aplicación Cype la cual aproxima el precio de coste por metro cuadrado construido, en este caso de rehabilitación.

Materiales	Lugar de colocación	Precio del m2	Precio de la hora	Mantenimiento
Asfalto*	Calzada	6.29 €	18.89 €	0.96 €/10 años
Grava*	Zanjas	6.74 €	8.80 €	0.64 €/10 años
°Jardinería*	Alcorques	- Árbol hoja perenne - 27.7 €	4.83 €	39.1 €/ 10 años
		- Hoja caduca - 51.56 €	4.83 €	49.5 €/ 10 años
		- Coníferas - 108.48 €	4.83 €	104.1 €/10 años
		- Arbusto	2.95 €	29.13€/10 años
Preparación del terreno (Drene)*	Zanjas	1.91 €	1.59€	0.48 €/ 10años

*Denominación obtenida de la base CYPE.

7.3. DEPOSITO DE RECOGIDA

- Viabilidad

La viabilidad de los depósitos de recogida es muy elevada ya que consiguen captar grandes volúmenes de agua de lluvia y aprovecharlos al máximo para su reutilización. La colocación de este tipo de SUDS en un área consigue reducir el caudal pico, produce una elevada mejora ecológica, favorece la sedimentación, reduce contaminantes en el agua y uno de los más importantes la generación de una nueva fuente de abastecimiento de agua que provoca una disminución en el consumo de agua tratada procedentes de las depuradoras locales.

A la hora de colocar este sistema de recogida de agua en el área del polígono Argales es factible debido a que se deben colocar subterráneamente con superficies muy amplias y pueden combinarse con cualquiera de los SUDS anteriormente explicados. En el caso de no ser posible la colocación subterránea también se pueden colocar pequeños depósitos en superficie que acumulen agua para el riego o uso sin depuración.



Figura 7.4.1: Plano del polígono . Fuente: ver anexo 1

- Localización

La colocación de depósitos de recogida de agua en el polígono Argales es inmediata ya que pueden ir conectado a bajantes de los edificios o a otros SUDS, mediante su colocación se consigue tener grandes depósitos de acumulación bajo tierra lo que consigue no empeorar la estética del entorno pero si hacerlo más sostenible y aprovechando dicha operación se podrían intervenir para mejorarla estética del conjunto del polígono.

- Diseño

El diseño de este tipo de captador del agua de lluvia es sencillo y eficaz pero su colocación en un entorno tan denso como es el polígono Argales es complicada. Dejando solo la posibilidad de colocarlos en las zonas del viario público o en la parte de espacio libre en suelo privado. Para realizar esta operación es preciso levantar todos los pavimentos, excavar y colocar los depósitos con sus debidas conducciones y recolocar el pavimento o aprovechar para colocar un nuevo sistema de pavimento más sostenible.

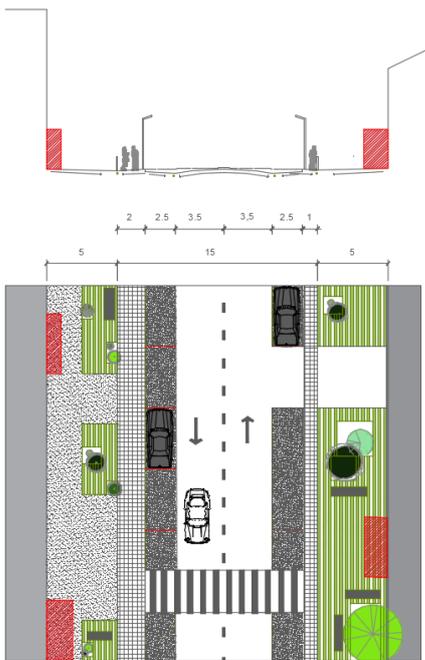


Figura 7.4.2: Esquema de funcionamiento de depósito de recogida . Fuente: ver anexo 1

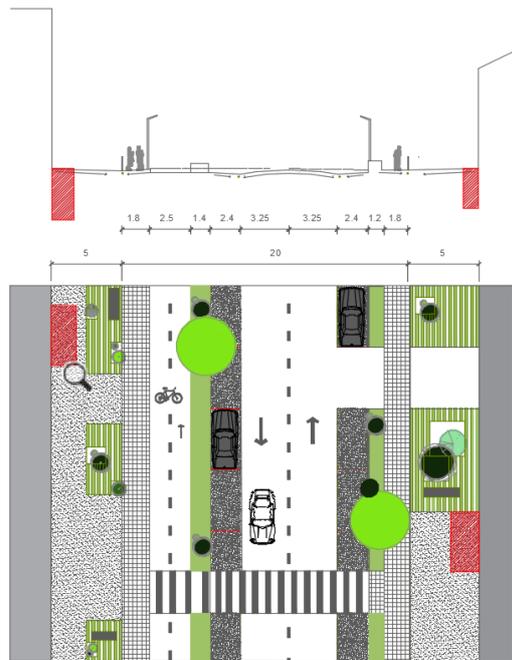
Por otra parte los depósitos de recogida podrían colocarse en superficie conectados a las bajantes de la cubierta de los edificios. Con esta posición sería posible colocar depósitos por cada edificio consiguiendo recoger grandes cantidades de agua que luego puede ser reutilizada.



Figura 7.4.3: Esquema de funcionamiento de depósito de recogida . Fuente: ver anexo 1



Sección A



Sección B



Actual

Intervención

Figura 7.4.4: Vista del polígono. Fuente: ver anexo 1

- Coste

Para hacer una estimación del coste de la colocación de depósitos de recogida se efectúa un presupuesto con la aplicación Cype la cual aproxima el precio de coste por metro cuadrado construido, en este caso de rehabilitación.

Material	Lugar de colocación	Precio del m2	Precio de la hora	Mantenimiento
Asfalto*	Calzada	6.29 €	18.89 €	0.96 €/10 años
Grava*	Aparcamientos	6.74 €	8.80 €	0.64 €/10 años
Deposito*	-Subterráneo	1692.5 €	184.5 €	547.2 €/10años
	-Superficie	235.92 €	26.47 €	29.44€/10años

*Denominación obtenida de la base CYPE.

7.4. PARQUES INUNDABLES

- Viabilidad

La proyección o construcción de este tipo de SUDS no es posible en el área del polígono Argales debido que no existe un espacio como parque o jardines amplios donde se pudiera construir este tipo de sistema de recogida de agua de lluvia. Es por ello que es una solución adecuada para un área industrial pero en este caso debido a la densidad del polígono no sería posible su adecuación.

7.5. ZONAS DE BIORETENCIÓN / JARDINES DE LLUVIA

- Viabilidad



Este tipo de sistemas sostenibles del tratamiento del agua de lluvia es uno de los que mejor se adapta a las áreas urbanas ya que pueden tener el tamaño que se desee o del que se disponga.

Sus cualidades estéticas a la par que ecológicas provocan una gran mejora en el descenso del caudal pico del tratamiento del agua la reducción de la escorrentía y de los contaminantes. Tiene una gran influencia social, urbana, estética y sostenible ya que a parte de lo anterior también recarga los acuíferos y su construcción es de bajo coste.

Figura 7.6.1: Plano del polígono . Fuente: ver anexo 1

- Localización

Esta solución como se ha enunciado tiene la capacidad de adaptarse a cualquier forma y entorno por lo cual se puede jugar con el diseño de estos áreas. De esta manera en el ámbito del polígono Argales podría colocarse en cualquier lugar de espacio público tanto en el espacio privado. En este caso se podría colocar en el viario público ocupando las rotondas del polígono.

- Diseño

La construcción de estos espacios es sencilla y de bajo coste por lo que se consigue un gran cambio con poco esfuerzo. Si tenemos en cuenta que este tipo de SUD se puede combinar con otros SUDS, el incremento es muy notable aunque con mayor esfuerzo. Se podría combinar con cualquiera de los sistemas anteriormente tratados y con ello conseguir una mayor cantidad de agua de lluvia que necesitaría menos tratamiento y sería aprovechada.



Figura 7.6.2: Detalle constructivo de un jardín de lluvia . Fuente: ver anexo 1



Planta de una de las calles del polígono Argales.



Actual

Intervención

Figura 7.6.3: Vista del polígono. Fuente: ver anexo 1

- Coste

Para hacer una estimación del coste de la colocación de zonas de biorretención o jardines de lluvia se efectúa un presupuesto con la aplicación Cype la cual aproxima el precio de coste por metro cuadrado construido, en este caso de rehabilitación.

Material	Lugar de colocación	Precio del m2	Precio de la hora	Mantenimiento
Grava*	Aparcamientos	6.74 €	8.80 €	0.64 €/10 años
Jardinería*	Alcorques	-Plantas emergentes	16.00 €	9.1 €/ 10 años
		- Plantas sumergidas	18.3 €	7.2 €/ 10 años
Mobiliario urbano*	Conjunto	11.51 €	18.89 €	63.17€/ 10años
Zona tratada*	Parterres	8.55 €	36.74 €	2.31 €/10años

*Denominación obtenida de la base CYPE.

7.6. HUMEDALES ARTIFICIALES

- Viabilidad

Los humedales artificiales son un tipo de SUD muy eficaz y beneficioso para el entorno en el que se coloca pero tienen un gran impedimento debido a que necesitan un gran espacio vacío para su construcción, añadiéndole a esta la condición de una superficie con pendiente menor del



8% con una capa de impermeabilización, su construcción es sencilla pero provoca un gran movimiento de tierras. Los beneficios que tiene como ya se enunciaron anteriormente son una reducción del caudal pico junto con el volumen, mejora de la calidad del agua, un gran potencial ecológico social y paisajístico.

En el caso del área a tratar como es el polígono Argales es compleja la colocación de ese sistema debido a la densidad de construcción del área, por ello se han localizado una serie de espacios adecuados para la implantación de humedales artificiales los cuales son de propiedad privada por lo que para su creación sería preciso que el Ayuntamiento solicitase un acuerdo de intercambio de terreno con el propietario para poder adquirir el espacio y su posterior construcción.

Figura 7.7.1: Parcelas libres del polígono Argales donde poder colocar humedales artificiales. Fuente: ver anexo 1

- Localización

El supuesto de la implantación de humedales artificiales en el polígono Argales se realizaría con una licitación del espacio y en una serie de parcelas específicas que son las que quedan libres dentro del polígono ya que este tiene un diseño muy denso y la solución de captación de agua necesita de un área amplia para su construcción.

- Diseño

Los humedales artificiales constituyen grandes áreas de acumulación de agua retenida por un material impermeable y en el que prolifera la flora y la fauna, por ello su diseño debe estar sostenido aun mantenimiento adecuado de la vegetación que en él crezca, de la protección de los animales, pero a la vez debe prestarse especial atención a la eliminación de restos y residuos a la par que mantener la entrada y salida de agua limpias para una circulación adecuada del agua.

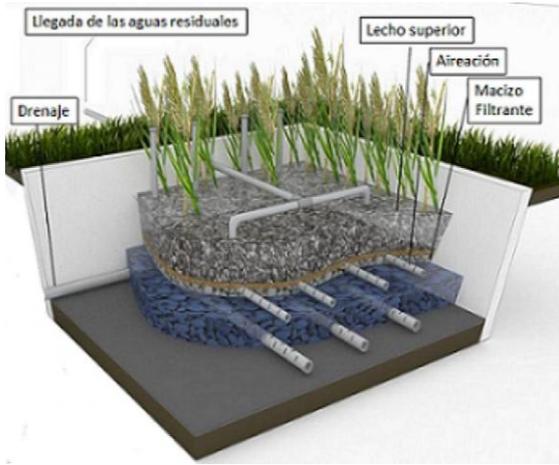


Figura 7.7.2: Detalle de humedal artificial. Fuente: ver anexo 1



Planta de una de las parcelas del polígono Argales.



Actual

Intervención

Figura 7.7.3: Vista del polígono. Fuente: ver anexo 1

- Coste

Para hacer una estimación del coste de la colocación de humedales artificiales se efectúa un presupuesto con la aplicación Cype la cual aproxima el precio de coste por metro cuadrado construido, en este caso de rehabilitación.

Material	Lugar de colocación	Precio del m2	Precio de la hora	Mantenimiento
Asfalto*	Calzada	6.29 €	18.89 €	0.96 €/10 años
Grava*	Aparcamientos	6.74 €	8.80 €	0.64 €/10 años
Jardinería*	Alcorques	- Árbol hoja perenne	27.77 €	39.1 €/ 10 años
		- Hoja caduca	51.56 €	49.5 €/ 10 años
		- Coníferas	108.48 €	104.1 €/10 años
Mobiliario urbano*	Conjunto	11.51 €	18.89 €	63.17€/ 10años
Humedal*	-	5515 €	686.1 €	710.8 €/10años
	Impermeabilización -Equipo de bombeo	936.35 €	58.26 €	30.36€/10años

*Denominación obtenida de la base CYPE.

7.7. CUBIERTAS VERDES

- Viabilidad



La viabilidad de este tipo de construcciones viene condicionada por su elevado coste de construcción ya que se instalaría sobre cubiertas inclinadas, además en algunos casos sería necesario reforzar la estructura del edificio. Por otro lado es un sistema muy beneficioso aun mas donde la vegetación es escasa con es el caso del polígono industrial y debe incorporarse elementos de tratamiento del aire y descontaminantes para el agua de lluvia.

Figura 7.8.1: Posible localización de las cubiertas vegetales.
Fuente: ver anexo 1

- Localización

Como su propio nombre indica este tipo de SUD se debe colocar en las cubiertas, preferiblemente en cubiertas planas pero también se pueden colocar en cubiertas inclinadas aunque con más cuidado y un mayor mantenimiento debido al efecto de la gravedad.

Como el lugar de colocación es elevado puede estar conectado con otros tipos de SUDS situados en la vía pública y con ello llevar el agua a lugares donde poder reutilizarlo.

- Diseño

El diseño de este tipo de soluciones es conveniente para un polígono industrial como el situado en Valladolid, polígono Argales, el cual tiene una densidad constructiva elevada por lo cual tiene mucha superficie que tratar con esta solución. Su construcción en algunos casos es más complicada debido a las capas que tenga la cubierta, el tipo de construcción y los materiales con los que se hizo. En su gran mayoría las cubiertas de este área es de cubierta inclinada de chapa en la cual se le añadirían algunas capas de impermeables, geotextiles y la capa vegetal con su tierra conveniente.

Este tipo de construcciones tiene un mantenimiento periódico debido a que la vegetación cambia y crece y debe ser mantenida, también las canalizaciones de evacuación del agua filtrada y conducirla a depósitos de acumulación o al otro SUD.

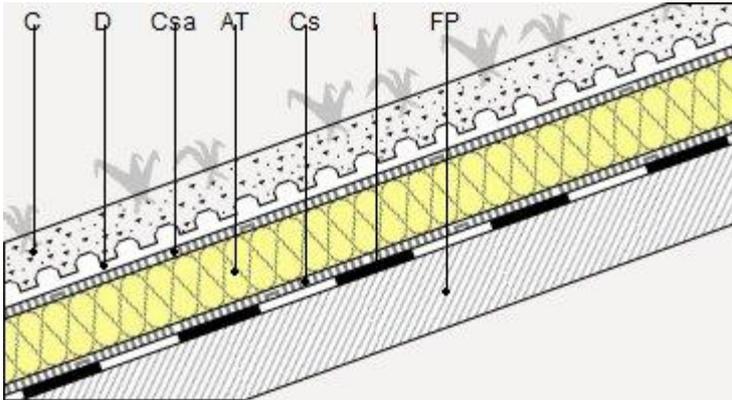


Figura 7.8.2: Detalle de cubierta vegetal. Fuente: ver anexo 1



Figura 7.8.3: Vista de cubierta verde. Fuente: ver anexo 1

- Coste

Para hacer una estimación del coste de la colocación de cubiertas verdes se efectúa un presupuesto con la aplicación Cype la cual aproxima el precio de coste por metro cuadrado construido, en este caso de rehabilitación.

Materiales	Pendiente	Precio del m2	Precio de la hora	Mantenimiento
Cubierta verde*	20°	46.40€	67.63 €	36.73 €/10años
	35°	88.57 €	68.53 €	50.48 €/10años
	0°	78.87 €	9.36 €	28.35 €/10años

*Denominación obtenida de la base CYPE.



8. CONCLUSIONES

Figura 8.0: Fuente ver Anexo 1

Primera fase del ciclo natural del agua; Transporte (mar)

8. CONCLUSIONES

El cambio climático, la escasez de agua, las cada vez más frecuentes inundaciones debidas a aguaceros puntuales muy fuertes, y la contaminación son una serie de problemas graves que afectan a todas las partes del planeta. La mayoría de sus consecuencias pueden ser catastróficas y tener un grave impacto en el futuro del planeta. Estos problemas evolucionan con mayor rapidez que la capacidad de la mitigación y adaptación a ellos, las consecuencias las sufre todo el planeta, especialmente los países y las zonas más pobres, y por ello es preciso concienciarse y poner en marcha soluciones que los palien.

Algunas de las soluciones residen en la esencia del aprovechamiento y un uso responsable de los recursos naturales, uno de los más importantes es el agua. Para su adecuado uso es necesario que las ciudades se adapten, evolucionen, incorporen en ellas soluciones naturales y sostenibles, como los sistemas urbanos de drenaje sostenible, para mitigar los efectos del cambio climático, con el fin de mejorar las cualidades actuales de la red de saneamiento.



Figura 8.1: Imagen representativa de una ciudad sin agua. Fuente: ver anexo 1

Los SUDS han demostrado ser elementos de control muy eficaces en cuanto a los caudales punta, la eliminación de contaminantes y la reducción de la escorrentía. Además, de ofrecer un servicio social y ambiental creando entornos naturales, mejorando la calidad estética de las ciudades y ayudando a recargar los acuíferos mediante infiltraciones a través del terreno. Por otro lado, la reducción de caudales punta evita la descarga excesiva de agua en redes convencionales, el colapso de las mismas, así como la reducción del coste de mantenimiento de las depuradoras.

Tras conocer los tipos de SUDS y sus características se podría decir que el mejor lugar para su implantación son los entornos urbanos. Son los lugares donde se concentra la mayor parte de la población y como consecuencia donde más impacto generaría su colocación. Produciendo un cambio en los sistemas tradicionales de captación, transporte, depuración del agua y paralelamente en la conciencia de grandes masas de población de la importancia de cuidar y aprovechar todos los bienes naturales.

Dentro de un área urbana hay zonas con una planificación más cercana a la concepción natural del medio y otras que se alejan de ella, en este último grupo se encuentran las áreas industriales. Generalmente ubicadas en los límites entre lo urbano y lo rural o lo natural, tiene un gran impacto en el medio ambiente por su uso y por la dureza de sus construcciones. Son áreas generalmente poco consideradas en las políticas urbanísticas, pero que, sin embargo, ocupan grandes superficies; por ello, su renaturalización, como propone el proyecto INDNATUR, puede tener un importante impacto, incluso entre la interconexión entre zonas urbanas de diferente carácter. Partiendo del mencionado se han estudiado de manera teórica las características de los sistemas urbanos de drenaje sostenible llegando a los conocimientos necesarios para la elaboración de las siete fichas del capítulo cinco, que, aunque de forma básica, recogen las características y datos principales de cada SUDS. De hecho, los sistemas urbanos de drenaje sostenible, aunque cuentan con varios años de recorrido, aún ofrecen amplias posibilidades de investigación para ofrecer soluciones concretas aplicables desde la arquitectura y el urbanismo, y más todavía si se trata de áreas industriales. Es en ellas donde se ha trabajado en la segunda mitad de este trabajo para, tras el estudio del Polígono Argales de Valladolid, plantear una propuesta personal de adecuación del área utilizando SUDS y sistemas de naturalización del medio. Buscando implementar las posibilidades de corredores verdes, la biodiversidad en las ciudades, la conectividad entre el medio natural y el urbano, la disminución de la escorrentía, los caudales punta, el aprovechamiento del agua, la infiltración y la recarga de acuíferos. En definitiva, conseguir espacios más amables con la naturaleza y planificados para un óptimo funcionamiento de sus servicios de la manera más sostenible posible.

Por todo ello, los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenibles parecen mostrarse como una alternativa de presente y futuro en cuanto a la gestión eficiente del agua, una gestión que debe llegar a la conciencia de las personas, evitando su derroche innecesario. No obstante, es importante investigar más aún y comprobar la eficacia en cada uno de los ámbitos en los que se coloquen ya que hay muchos factores que influyen en ello.



9. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS

Figura 9.0: Fuente ver Anexo 1

Primera fase del ciclo natural del agua; Mantenimiento natural (iceberg)

9. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS

Adaptación a la Ley 5/1999 de Castilla y León PGOU de Valladolid. Plano de ordenación, serie 0, hoja 44-50. Disponible en: <https://www.foro-ciudad.com/valladolid/poligono-industrial-de-argales/foto-satelite.html>

Adaptación a la Ley 5/1999 de Castilla y León PGOU de Valladolid. Plano de ordenación, serie 0, hoja 44-50. Disponible en: https://savetherain.us/wp-content/uploads/2012/08/StR-SPA-Rain-Garden-digital6_20_12.pdf

AGROMATICA: Purificación del agua. Disponible en: agromatica.es/plantas-purificadoras-de-agua/

Andrés Doménech, Ignacio (Murcia, 5 de Octubre 2018). VII Jornada agua y sostenibilidad: El drenaje urbano sostenible. Un cambio de paradigma en la gestión del agua en la ciudad.

Disponible en:

<https://www.um.es/documents/3456781/10486227/20181005+Jornada+CAS+SUDS+Ignacio+Andres+Domenech.pdf/9f54bdbd-eb3a-42d5-b2e6-e2203482880e>

Anta Roca, Jesús (7 de Noviembre 2018) Valladolid, un museo de la industria: Una mirada curiosa. Disponible en: <https://jesusantaroca.wordpress.com/2018/11/07/valladolid-un-museo-de-la-industria/>

Arango Ruiz, Álvaro, (2004): Revista Lasallista de Investigación. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/695/69510210.pdf>

Baltanás y Valdecañas, "Informe de Sostenibilidad ambiental" de las Normas Urbanísticas Disponible en: <http://baltanas.es/index.php/download/37641/>

Biblioteca digital de Castilla y León: Mapa de la ciudad de Valladolid. Disponible en: https://bibliotecadigital.jcyl.es/bdcyl/es/consulta/resultados_busqueda.cmd?presentacion=mosaico&id=1288&posicion=196&forma=ficha

Biblioteca digital de Castilla y León: Vista tomada en el alto antes de la puerta de Madrid. Disponible en:

https://bibliotecadigital.jcyl.es/bdcyl/es/consulta/resultados_busqueda.cmd?presentacion=mosaico&id=1288&posicion=191&forma=ficha

BibLus: Diseño de jardines de lluvia. Disponible en: <http://biblus.accasoftware.com/es/diseño-de-un-jardín-de-lluvia/>

Calderón Calderón, Basilio (1988), El cuaderno Vallisoletano: El crecimiento Urbano de Valladolid. Disponible en:

<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/8479/EI%20crecimiento%20urbano%20de%20Valladolid.pdf;jsessionid=67F72ED988250C292FF7C0308D8E7328?sequence=1>

Cambio Global España 2020/2050. Programa Ciudades (2009). Disponible en: <http://www.sostenibilidad-es.org/Observatorio+Sostenibilidad/esp/plataformas/urbana/>

CAR, SGR, ACC, CFT, UOL, DEM, EGE, IZT, LEI, PMI and SPI, (Junio 2019) URBAN GREEN UP: *D1.1: NBS Catalogue*. SUSDRAIN (2020) Disponible en: <https://www.susdrain.org/>

Castaño Domene, María del Mar; Medina Rodríguez, María Teresa. Segundo de microbiología: Nitrificación y medio ambiente. Disponible en: <https://www.ugr.es/~cjl/nitrificacion.pdf>

Castro Fresno, Daniel; Rodríguez Bayón, Joseba; Rodríguez Hernández, Jorge; Ballester Muñoz, Francisco (4 de Abril 2005): *Sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS)*. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442005000500004

Castro Fresno, Daniel; Gómez-Ullate Fuente, Elena; Rodríguez Hernández, Jorge; Rodríguez Bayón, Joseba; (2006-2009) GITECO, Escuela de caminos, canales y puertos de Santander. Universidad de Cantabria: *Sistemas urbanos de drenaje sostenible SUD* Disponible en: http://observatoriagua.uib.es/repositori/suds_rodriguez.pdf

Desarrollo Urbano Sostenible, DURSO. Jornada sobre tecnología y medio ambiente (Pamplona, 26 de Noviembre 2009): *Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS)*. Disponible en: <http://www.crana.org/themed/crana/files/docs/003/245/2durso.pdf>

DRAFT V9 (18 de Agosto 2016): SUDS in London a design guide. Transport for London (Upper Street TLRN)

Eco- Inventos, green technology. Disponible en: <https://ecoinventos.com/tejados-verdes/>

Ekoideas, para una vida mejor: Depósitos de recogida de agua de lluvia. Disponible en: <https://www.ekoideas.com/depositos-recogida-agua-de-lluvia>

"El Polígono de Argales 'lavará su cara' con corredores verdes y un carril bici". Diario de Valladolid (20 de Enero 2020) Disponible en:

<https://diariodevalladolid.elmundo.es/articulo/valladolid/poligono-argales-lavara-cara-corredores-verdes-carril-bici/20200120071300371351.amp.html>

Encinas, A. G. (Valladolid) Periódico de Valladolid: Un plan prevé eliminar varias medianas en el Polígono de Argales y crear un corredor verde.

Frits Mulder, Karel. (Enero 2007) Desarrollo sostenible para ingenieros Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/266098282_Desarrollo_sostenible_para_ingenieros

Fundación Nueva cultura del agua (2008-2018): *Los sistemas de drenaje urbano sostenible: desarrollo actual y tendencias de futuro*. Disponible en: <https://fnca.eu/educacion-y-divulgacion/proyectos/2018/37-investigacion/proyectos1/1125-los-sistemas-de-drenaje-urbano-sostenible-desarrollo-actual-y-tendencias-de-futuro>

GEAMA, Ingeniería sanitaria y ambiental: *Aguas pluviales y de escorrentía*. Disponible en: [www.geama.org › sanitaria](http://www.geama.org/sanitaria)

Gobierno de España, Ministerio de agricultura alimentación y medio ambiente: 3.7 Ciclo integral del agua urbana. sistemas de gestión y atención al ciudadano, captación y potabilización, distribución, alcantarillado y drenaje urbano, depuración y gestión de lodos. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/sistema-espaniol-gestion-agua/37ciclointegraldelaguaurbanasistemasdegestionpdf_tcm30-215760.pdf

GRAF. (2020); *SUDS. Drenaje sostenible*. Disponible en: <https://www.grafiberica.com/suds-drenaje-sostenible.html>

Grupo TMA: AQUA Ambient, Ibérica. Disponible en: <https://aqua-ambient.com/?productos=aquarain-filter>

Grupo de trabajo ST-10, Fundación CONÁMA (Congreso nacional del medio ambiente 2018): *Agua y ciudad, sistemas urbanos de drenaje sostenible*. Disponible en: http://www.conama.org/conama/download/files/conama2018/STs%202018/10_preliminar.pdf

Grupo TRAGSA : *Sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) gestión del agua y ciudad*. Disponible en: <http://www.dina-mar.es/pdf/suds.pdf>

Hernández, Samir Alejandro; Macea, Fabio Andrés; (2014): Investigación para el desarrollo de sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) en la ciudad de Bogotá. Disponible en:

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1744/1/Investigaci%C3%B3n-desarrollo-SUDS-Bogot%C3%A1.pdf>

Hidrología sostenible (2020): Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible – SUDS. Disponible en: <http://hidrologiasostenible.com/sistemas-urbanos-de-drenaje-sostenible-suds/>

Historia del crecimiento de Valladolid. Disponible en: https://nanopdf.com/viewer/web/viewer.html?file=https%3A%2F%2Fnanopdf.com%2FdownloadFile%2Ftfgf2164pdf_pdf%3Fpreview%3D1#page=1&zoom=page-fit,-469,520

Historia de Valladolid, Civitatis. Disponible en : <https://www.valladolid.com/historia>

Iagua, Connecting waterpeople, (4 de Diciembre 2013), Drenaje urbano sostenible. Disponible en: iagua.es/blogs/ana-abellan/drenaje-urbano-sostenible

"INDNATUR, un proyecto "verde" para mejorar el polígono Argales "(Valladolid, 20 de Octubre 2019), El Norte de Castilla. Disponible en: http://www.valladolidadelante.es/sites/default/files/2019_10_20_Pag1.pdf

Informe OPPA 2017. Retos de la planificación y gestión del agua en España. Disponible en: <https://fnca.eu/biblioeca-del-agua/documentos/documentoos/20180322%20Informe%20OPPA%202017.pdf>

Ingeniería de drenaje UNC. (2019). Disponible en: <https://ingenieriadedrenajeunc2019.blogspot.com/2019/04/cubiertas-vegetales-suds.html>

INNOLID (Valladolid, 26 de Diciembre de 2019), El Norte de Castilla: El proyecto "verde" INDNATUR mejorará el polígono industrial de Argales. Disponible en: <https://www.elnortedecastilla.es/valladolid/renaturalizacion-poligono-argales-20210728095146-nt.html>

INNOVA + (Valladolid, 26 de Junio de 2019), El Norte de Castilla : Proyectos demostradores para impulsar un Valladolid verde. Disponible en: <https://www.elnortedecastilla.es/valladolid/>

Instituto Universitario de Urbanística (IUU) (25 de Julio 2017): Ideas para Valladolid 02. Nuevos espacios de trabajo: reciclar Argales. Disponible en: <https://iuu.uva.es/nuevos-espacios-de-trabajo-reciclar-argales/>

ISOPAN, Insulating desing (9 de Julio 2018): ¿Qué debes tener en cuenta para la construcción de una cubierta verde?. Disponible en: <https://www.isopan.es/magazine/que-debes-tener-en-cuenta-al-instalar-una-cubierta-verde>

LENNTech: Water treatment. Disponible en: <https://www.lenntech.es/adsorcion.htm>

Loro Cubel, Alicia; (valencia junio 2016): Estudio de alternativas para la implantación de sistemas de drenaje sostenible en el barrio de Ruzafa. Disponible en: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/67086/00_Memoria.pdf?sequence=1

MAISON +(6 de Agosto 2018):Maison plus soluciones sostenibles. Disponible en: <https://maison-plus.es/cubierta-verde/>

Marijuan Cuevas, Raquel (Junio 2019).Trabajo Fin de Grado: Arbolado urbano, pasado y futuro. Análisis de las causas de su desaparición parcial en las ciudades en la segunda mitad del siglo XX. El caso de Valladolid. Disponible en: <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/37679>

Martín, Alberto. Biblioteca digital de Castilla y León: Mapa topográfico general de Valladolid. Disponible en: https://bibliotecadigital.jcyl.es/bdcyl/es/consulta/resultados_busqueda.cmd?presentacion=mosaico&id=1288&posicion=195&forma=ficha

Ministerio de Medio Ambiente (2007): “Libro Verde de Medioambiente Urbano”

Modificación del Plan Parcial del polígono de Argales (1992). Disponible en: <https://servicios.jcyl.es/PlanPublica/searchVPubAvanzDocPlau.do?pager.offset=0&bInfoPublica=N&pager.sortname=fPublicacion&pager.sortindex=-5&libroId=&instrumentoId=&provincia=&municipio=&fPublicacion1=&fPublicacion2=&fAcuerdo1=&fAcuerdo2=&titulo=Argales&estadoId=&tipoTramitId=&Submit=Buscar> en marzo de 2020.

Morote Seguido, Álvaro-Francisco (14 de noviembre de 2016): El parque inundable “la marjal” de Alicante (España) como propuesta didáctica para la interpretación de los espacios de riesgo de inundación. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/fe94/4171b692c87d7bc209cc2e52aca212b1040b.pdf>

OSMAN, Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía. Disponible en: <https://www.osman.es/diccionario/definicion.php?id=11762>

Página web del proyecto INDNATUR (2021). Disponible en: <https://www.indnatur.eu/>

Parque en Asunción, Paraguay (6 de Octubre 2016) Parques inundables y espacios para la comunidad. Disponible en: <https://tfg2016marisaaguayo.wordpress.com/>

Perales Momparler, Sara; Calcerrada Romero, Elena; Badenes Catalán, Cristóbal y Beltrán Pitarch, Inés (Noviembre 2019): Guía básica de diseño de sistemas urbanos de drenaje sostenible para el término municipal de castelló de la plana. Disponible en: http://www.castello.es/archivos/1466/Guia_Sistemas_Drenaje_Sostenible.pdf

Perales Momparler, Sara; Calcerrada Romero, Elena; (Madrid): Guía Básica de Diseño de Sistemas de Gestión Sostenible de Aguas Pluviales en Zonas Verdes y otros Espacios Libres. Disponible en:

[https://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/Agua/TODOSOBREAGUA\(Informaci%C3%B3nSobreAgua\)/SistemaUrbanosDrenajeSostenible/Gu%C3%ADa%20b%C3%A1sica%20de%20dise%C3%B1o%20sistemas%20de%20gesti%C3%B3n%20sostenible%20de%20aguas%20pluviales.pdf](https://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/Agua/TODOSOBREAGUA(Informaci%C3%B3nSobreAgua)/SistemaUrbanosDrenajeSostenible/Gu%C3%ADa%20b%C3%A1sica%20de%20dise%C3%B1o%20sistemas%20de%20gesti%C3%B3n%20sostenible%20de%20aguas%20pluviales.pdf)

Plan Parcial del polígono industrial de Argales (1962). Disponible en: <https://servicios.jcyl.es/PlanPublica/searchVPubAvanzDocPlau.do?pager.offset=0&bInfoPublica=N&pager.sortname=fPublicacion&pager.sortindex=-5&libroId=&instrumentoId=&provincia=&municipio=&fPublicacion1=&fPublicacion2=&Acuerdo1=&Acuerdo2=&titulo=Argales&estadoId=&tipoTramitId=&Submit=Buscar> en marzo de 2020.

Puertas Agudo, Jerónimo (1 de Enero 2008) “Gestión de las aguas pluviales. Implicaciones en el diseño de los sistemas de saneamiento y drenaje urbano”. Monografía

Real Academia de Ingeniería. Disponible en: <http://diccionario.raing.es/es/lema/hidrograma-1>

RESMAT, catalogo y manual: *Depósitos* de recogida de agua pluvial. Disponible en: http://www.resmat.net/depositos_agua_pluvial.asp?gclid=EAIAIQobChMIp-WQiNLk5QIV2YjVCh2BJgpSEAMYAiAAEgL_iPD_BwE

Revisión del PGOU de Valladolid. Memoria Informativa, Los barrios de Valladolid_Ficha 21_Polígono de Argales-Arca Real (2020). Disponible en: https://cloud.valladolid.es/index.php/s/vkII7KzVWVksDhn?path=%2F00_Revisi%C3%B3n%20PGOU%2F01_DI_DOCUMENTACI%C3%93N%20INFORMATIVA%2F01-DI-

MI_MEMORIA%20INFORMATIVA%20FDI-MI%20(12)%20Anexo%20VIII-
Inventario%20Barrios#pdfviewer

Rodríguez Arbelo, Antonio Miguel (Junio 2017) Trabajo fin de grado: *SUDS Hacia una gestión integral del ciclo urbano del agua*. Disponible en: <https://docplayer.es/68163036-S-u-d-s-sistemas-urbanos-de-drenaje-sostenible-hacia-una-gestion-integral-del-ciclo-urbano-del-agua-silvicultura-residuos-energia.html>

Rodríguez Mora, Sara. Actas del 3er Congreso Internacional de Construcción Sostenible y Soluciones Eco-Eficientes.(2012): *Drenaje urbano sostenible*. Disponible en: <https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/59269/Rodriguez%20mora%2C%20sara%20%28espa%29.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Sánchez, Paula (29 de Enero de 2019) IAGUA: "SUDS, una nueva piel urbana permeable y biofílica que actúa de filtro hídrico y atmosférico". Disponible en: <https://www.iagua.es/noticias/redaccion-iagua/pedro-lasa-ultimos-2-o-3-anos-se-ha-incrementado-notablemente-interes-suds>

Secretaria distrital de ambiente (2011): Subdirección de ecourbanismo y gestión ambiental empresarial segae; sistema urbanos de drenaje sostenible. Disponible en: <http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/73754/Sistema+Urbanos+de+Drenaje+Sostenible>

SFPUC (2010): Stormwater Design Guidelines. Disponible en: <https://www.sfpuc.org/construction-contracts/design-guidelines-standards/stormwater-management/stormwater-requirements>

Soriano, Lucía; del Moral, Leandro; Lara, Ángela; Martínez, Julia; Sánchez, Laura (Fundación nueva cultura): Memoria del proyecto de investigación: los sistemas de drenaje urbano sostenible: desarrollo actual y tendencias de futuro. Disponible en: https://fnca.eu/images/documentos/Documentos%20sin%20clasificar/04_Memoria%20Proyecto%203.SUDS.pdf

SUD Sostenible (2016), Sistemas urbanos de drenaje sostenible. Disponible en: <http://sudsostenible.com/sistemas-urbanos-de-drenaje-sostenible/>

SUDS Sostenible (2016): Origen de los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible. Disponible en: <http://sudsostenible.com/sistemas-urbanos-de-drenaje-sostenible/origen-de-los-sistemas-urbanos-de-drenaje-sostenible/>

SUSDRAIN (2020): Lamb Drove, Residential SUDS scheme, Cambourne. Disponible en: https://www.susdrain.org/case-studies/case_studies/lamb_drove_residential_suds_scheme_cambourne.html

Trapote Jaume, Arturo; Fernández Rodríguez, Héctor (Noviembre de 2016): Instituto universitario del agua y las ciencias ambientales. Memoria del proyecto: *Técnicas de drenaje urbano sostenible*. Disponible en:

<http://www.agroambient.gva.es/documents/163005665/163975683/AGRICULTURA8-16I+memoria/1d8cb413-3eb3-4f5e-a247-e4466a59b21c>

Tratamiento de aguas residuales (2019). Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento_de_aguas_residuales

Tuset, Sergio (6 de Agosto 2015): Tecnologías para tratamiento de aire: biofiltros y biolavadores. Disponible en: <https://blog.condorchem.com/tratamiento-de-aire-biofiltros-y-biolavadores/>



10. ANEXO 1

Figura 1.0: Fuente ver Anexo 1
Primera fase del ciclo natural del agua; Evaporación (geiser)

10. ANEXO 1

- **Figura 0.0:** <https://www.tiempo.com/noticias/actualidad/dia-mundial-del-agua-2021-valoramos-el-agua-y-si-hay-en-marte.html>

APARTADO 1: INTRODUCCIÓN

- **Figura 1.0:** <https://concepto.de/evaporacion/>

APARTADO 2: OBJETO, OBJETIVOS Y METODOLOGÍA DEL TRABAJO

- **Figura 2.0:** https://www.freepik.es/fotos-premium/siluetee-arbol-rama-cielo-gris-nubes_7087632.htm

APARTADO 3: ESTADO DE LA CUESTIÓN

- **Figura 3.0:** <https://www.pinterest.es/yasmincarvajal/rain/>
- **Figura 3.1.1, Figura 3.1.2 y Figura 3.1.3:** Sánchez, Paula (29 de Enero de 2019) IAGUA: "SUDS, una nueva piel urbana permeable y biofílica que actúa de filtro hídrico y atmosférico"
Página web <https://www.iagua.es/noticias/redaccion-iagua/pedro-lasa-ultimos-2-o-3-anos-se-ha-incrementado-notablemente-interes-suds>

APARTADO 4: BREVE REVISIÓN HISTÓRICA

- **Figura 4.0:** https://es.123rf.com/photo_38095050_bosque-%C3%A1rboles-naturaleza-nieve-madera-fondos.html

APARTADO 4.2: SISTEMAS CONVENCIONALES DE GESTIÓN DEL AGUAS URBANAS

- **Figura 4.2.1:** Gobierno de España, Ministerio para la transición ecológica (Madrid 2019): "Guías de adaptación al riesgo de inundación: sistemas urbanos de drenaje sostenible"
Página web https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/gestion-de-los-riesgos-de-inundacion/guia-adaptacion-riesgo-inundacion-sistemas-urbano-drenaje-sostenible_tcm30-503726.pdf

APARTADO 4.3: UN NUEVO ENFOQUE; SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE

- **Figura 4.3.1:** *Castro et al.*, 2006-2009

APARTADO 5: SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE

- **Figura 5.0:** <http://ecosistemas.net/ecosistemas-de-agua-dulce>

APARTADO 5.1: EL CICLO NATURAL Y EL CICLO URBANO DEL AGUA

- **Figura 5.1.1:** Gobierno del Principado de Asturias, Consorcio de aguas: ciclo natural del agua.

Página web <https://consorcioaa.com/divulgacion/ciclo-natural-del-agua/>

- **Figura 5.1.2:** Trapote Jaume, Arturo; Fernández Rodríguez, Héctor (Noviembre de 2016): Instituto universitario del agua y las ciencias ambientales. Memoria del proyecto: *Técnicas de drenaje urbano sostenible*.

Página web:

<http://www.agroambient.gva.es/documents/163005665/163975683/AGRICULTURA8-16I+memoria/1d8cb413-3eb3-4f5e-a247-e4466a59b21c>

- **Figura 5.1.3:** Rodríguez Arbelo, Antonio Miguel (Junio 2017) Trabajo fin de grado: *SUDS Hacia una gestión integral del ciclo urbano del agua*

Página web <https://docplayer.es/68163036-S-u-d-s-sistemas-urbanos-de-drenaje-sostenible-hacia-una-gestion-integral-del-ciclo-urbano-del-agua-silvicultura-residuos-energia.html>

APARTADO 5.2: OBJETIVOS DE LOS SUDS

- **Figura 5.2.1:** Rodríguez Arbelo, Antonio Miguel (Junio 2017) Trabajo fin de grado: *SUDS Hacia una gestión integral del ciclo urbano del agua*

Página web <https://docplayer.es/68163036-S-u-d-s-sistemas-urbanos-de-drenaje-sostenible-hacia-una-gestion-integral-del-ciclo-urbano-del-agua-silvicultura-residuos-energia.html>

APARTADO 5.3.: MECANISMOS DE ELIMINACIÓN DE CONTAMINANTES

- **Figura 5.3.1:** Castaño Domene, María del Mar; Medina Rodríguez, María Teresa. Segundo de microbiología: Nitrificación y medio ambiente.

Página web <https://www.ugr.es/~cjl/nitrificacion.pdf>

APARTADO 5.5: CLASIFICACIÓN

- **Figura 5.5.1 y Figura 5.5.2:** Mimbrero, David: *El proyecto LIFE CERSUDS: Pavimento cerámico permeable*

Página web <https://tectonica.archi/articles/pavimento-ceramico-permeable-como-solucion-de-drenaje-sostenible>

- **Figura 5.5.3:** Página web <https://fosassepticas.online/pozo-de-absorcion/>

- **Figura 5.5.4:** Abellán, Ana (9/03/2014): Pozos y zanjas de infiltración
Página web <http://sudsostenible.com/tipologia-de-las-tecnicas/medidas-estructurales/pozos-y-zanjas-de-infiltracion/>
- **Figura 5.5.5:** CONSTRUIBLE, todo sobre construcción sostenible (11/07/2012):GRAF ejecuta dos depósitos de infiltración en la rehabilitación del parque de la Avenida del Estatut de Barcelona.
Página web <https://www.construible.es/2012/07/11/graf-ejecuta-dos-depositos-de-infiltracion-en-la-rehabilitacion>
- **Figura 5.5.6:** Laterite, soluciones ligeras y aislantes : Depósitos de acumulación e infiltración enterrados.
Página web <https://www.laterlite.es/aplicaciones/infraestructuras/gestion-del-riesgo-hidrico/depositos-de-acumulacion-e-infiltracion-enterrados/>
- **Figura 5.5.7:** Ingeniería civil, Proyectos y apuntes teórico-prácticos de Ingeniera Civil para compartir con ustedes: Galerías Filtrantes: Galería o bóveda, Tubo de infiltración.
Página web <https://www.ingenierocivilinfo.com/2012/06/>
- **Figura 5.5.8 y Figura 5.5.9:** Abellán, Ana (9/03/2014): Cunetas verdes
Página web <http://sudsostenible.com/tipos-de-cunetas-verdes/>
- **Figura 5.5.10:** Rodríguez Arbelo, Antonio Miguel (Junio 2017) Trabajo fin de grado: *SUDS Hacia una gestión integral del ciclo urbano del agua*
Página web <https://docplayer.es/68163036-S-u-d-s-sistemas-urbanos-de-drenaje-sostenible-hacia-una-gestion-integral-del-ciclo-urbano-del-agua-silvicultura-residuos-energia.html>
- **Figura 5.5.11:** GRAF *Recuperación de agua de lluvia: Depósitos de exteriores*
- **Figura 5.5.12 y Figura 5.5.13:** ARÍSTEGUI MAQUINARIA
Página web <https://www.aristegui.info/que-es-un-estanque-de-retencion-y-por-que-las-ciudades-lo-necesitan/>
- **Figura 5.5.14:** IAGUA :Humedales artificiales para depurar las aguas residuales en pequeñas poblaciones
Página web <https://www.iagua.es/noticias/espana/iiama/17/05/23/humedales-artificiales-depurar-aguas-residuales-pequenas-poblaciones>
- **Figura 5.5.15:** Rentavares (16/05/2013): Humedales artificiales como sistemas naturales de depuración de aguas residuales. Conceptos e historia.
Página web <https://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2013/05/16/131891>
- **Figura 5.5.16 y Figura 5.5.17:** Ovacen : Manuales o guías sobre cubiertas vegetales. Ventajas y desventajas
Página web <https://ovacen.com/como-construir-cubiertas-vegetales-o-verdes-manuales-guias/>

- **Figura 5.5.18:** Altiplano (16/08/2010): *Jardines de lluvia*

Página web <http://susabianconi.blogspot.com/2010/08/jardines-de-lluvia.html>

APARTADO 5.6: FICHAS

- **Figura 5.6.1:** OLYMPUS DIGITAL CAMERA

Página web <https://drenajesostenible.com/pavimento-permeable/>

- **Figura 5.6.2 y Figura 5.6.3:** Página web <http://sudsostenible.com/tipos-superficies-permeables/>

- **Figura 5.6.4:** Quincunx: El paisaje construido

Página web <http://www.quincunx.es/2015/03/17/sistemas-urbanos-de-drenaje-sostenible-i/>

- **Figura 5.6.5:** Rodríguez Arbelo, Antonio Miguel (Junio 2017) Trabajo fin de grado: *SUDS Hacia una gestión integral del ciclo urbano del agua*

Página web <https://docplayer.es/68163036-S-u-d-s-sistemas-urbanos-de-drenaje-sostenible-hacia-una-gestion-integral-del-ciclo-urbano-del-agua-silvicultura-residuos-energia.html>

- **Figura 5.6.6:** Página web <https://app.emaze.com/@ALZZOQLL#6>

- **Figura 5.6.7 y Figura 5.6.8:** SUDS Sostenibles: Cunetas verdes húmedas en imágenes

Página web <http://sudsostenible.com/cunetas-verdes-humedas-en-imagenes/>

- **Figura 5.6.9 y Figura 5.6.10:** Land Studios, consulting S.L: *Instalación de depósitos pluviales*

Página web <http://landstudios.com/depuradora-aguas-residuales/>

- **Figura 5.6.11:** González, José Alberto (15/02/2019): El Ayuntamiento pide a la UE 2,8 millones para un área «sostenible» y plantea colaborar con las universidades y el Centro Tecnológico del Medio Ambiente

Página web <https://www.laverdad.es/murcia/cartagena/parque-plan-rambla-20190215005501-ntvo.html?ref=https%3F%2Fwww.google.com%2F>

- **Figura 5.6.12:** I. ambiente, portal de medio ambiente (07/02/2018 - 09:05): *Parque La Marjal, un parque urbano inundable como solución inteligente y sostenible*

Página web <http://www.i-ambiente.es/?q=blogs/parquelamarjal-un-parque-urbano-inundable-como-solucion-inteligente-y-sostenible>

- **Figura 5.6.13:** DOCPLAYER: *Cauces urbanos y parques inundables*

Página web <https://docplayer.es/50779082-Cauces-urbanos-y-parques-inundables.html>

- **Figura 5.6.14:** Abellán, Ana (9/03/2014): Apuntes sobre el diseño áreas de biorretención

Página web <http://sudsostenible.com/apuntes-sobre-el-diseno-areas-de-biorretencion/>

- **Figura 5.6.15 y Figura 5.6.16:** ISOSCOL S.L.S: Ingeniería sostenible de Colombia

Página web <http://www.isoscol.com/como-lo-hacemos/>

- **Figura 5.5.17:** Página web https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Corte-de-los-diferentes-tipos-de-humedales-artificiales-a-flujo-superficial_fig2_235754309

- **Figura 5.6.18:** Busca, Marco (31-08-2014): Arquitectura y empresa

Página web <https://www.arquitecturayempresa.es/noticia/techos-verdes>

- **Figura 5.6.19:** OI Realtor: Real Estate New

Página web <https://www.oirealtor.com/noticias-inmobiliarias/los-techos-verdes-se-instalan-en-las-principales-urbes-del-mundo/>

APARTADO 6: ANALISIS DEL ÁREA INDUSTRIAL DEL POLIGONO DE ARGALES

- **Figura 6.0:** <https://www.deia.eus/bizkaia/2017/12/12/consorcio-aguas-tendra-revisar-plan/617048.html>

APARTADO 6.1: INTRODUCCIÓN

- **Figura 6.1.1:** Biblioteca digital de castilla y leon: Vista tomada en el alto antes de la puerta de Madrid.

Página web

https://bibliotecadigital.jcyl.es/bdcyl/es/consulta/resultados_busqueda.cmd?presentacion=mosaico&id=1288&posicion=191&forma=ficha

APARTADO 6.2: EVOLUCIÓN

- **Figura 6.2.1 y Figura 6.2.2 :** Jesús Anta Roca (7 de Noviembre 2018) Valladolid, un museo de la industria: Una mirada curiosa.

Página web <https://jesusantaroca.wordpress.com/2018/11/07/valladolid-un-museo-de-la-industria/>

APARTADO 6.3: MORFOLOGÍA DEL POLÍGONO ARGALES

- **Figura 6.3.1, Figura 6.3.2** Instituto Universitario de Urbanística (IUU) (25 de Julio 2017): Ideas para Valladolid 02. Nuevos espacios de trabajo: reciclar Argales

Página web <https://iuu.uva.es/nuevos-espacios-de-trabajo-reciclar-argales/>

- **Figura 6.3.3:** Realizado por Rosario del Caz Enjuto, para el proyecto IDNATUR.

- **Figura 6.3.4, Figura 6.3.5, Figura 6.3.6, Figura 6.3.7, Figura 6.3.8, Figura 6.3.9 y Figura 6.3.10:** Realización propia basada en los datos obtenidos del PGOU 2020

APARTADO 6.4: SITUACIÓN ACTUAL

- **Figura 6.4.1:** INNOLID (Valladolid, 26 de Diciembre de 2019), El Norte de Castilla: El proyecto "verde" INDNATUR mejorará el polígono industrial de Argales.
- **Figura 6.4.2:** Poligono Argales ferrocarril, barrio la Rubia y avenida Zamora.
Página web https://www10.ava.es/cartografia/Panoramicas/1984_453915_LineaFerrocarril-AvdaZamora_LaRubia_PolArgales.jpg

APARTADO 7: INSERCIÓN DE SUDS EN EL POLIGONO ARGALES

- **Figura 7.0:** <https://www.soloqueremosviajar.com/urdaibai-maravilla-natural-en-euskadi/>

APARTADO 7.1: INTRODUCCIÓN

- **Figura 7.1.1:** Diario de Valladolid (foto de archivo de 2010.-J.M. LOSTAU): "El Polígono de Argales 'lavará su cara' con corredores verdes y un carril bici"
Página web <https://diariodevalladolid.elmundo.es/articulo/valladolid/poligono-argales-lavara-cara-corredores-verdes-carril-bici/20200120071300371351.amp.html>

APARTADO 7.2: SUPERFICIES PERMEABLES

- **Figura 7.2.1:** Realización propia
- **Figura 7.2.2:** Realización propia

APARTADO 7.3: ZANJAS DE INFILTRACIÓN

- **Figura 7.3.1:** Realización propia, en base a los planos del PGOU
- **Figura 7.3.2:** Realización propia, en base a los planos del PGOU

APARTADO 7.4: DEPÓSITOS DE RECOGIDA

- **Figura 7.4.1:** Realización propia, en base a los planos del PGOU
- **Figura 7.4.2:** La casa de la construcción: Recogida de agua pluvial
Página web <http://www.lacasadelaconstruccion.es/materiales-construccion.php?producto=19101>
- **Figura 7.4.2:** Mister agua: Depositos de recogida
Página web <https://www.misteragua.com/es/depositos/412-deposito-recogida-aguas-pluviales-1000-litros-con-desarenador.html>
- **Figura 7.4.4:** Realización propia.

APARTADO 7.6: ZONAS DE BIORETENCIÓN / ARDINES DE LLUVIA

- **Figura 7.6.1:** Realización propia, en base a los planos del PGOU
- **Figura 7.6.2:** BibLus: Diseño de un jardín de lluvia: la guía técnica
Página web <http://biblus.accasoftware.com/es/disenodeun-jardin-de-lluvia/>
- **Figura 7.6.3:** Realización propia.

APARTADO 7.7: HUMEDALES ARTIFICIALES

- **Figura 7.7.1:** Realización propia, en base a los planos del PGOU
- **Figura 7.7.2:** Tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales: el Sistema Francés (I)
Página web <https://construyored.com/oportunidades/6216-tratamiento-de-aguas-residuales-mediante-humedales-artificiales-el-sistema-frances-i>
- **Figura 7.7.3:** Realización propia.

APARTADO 7.8: CUBIERTAS VERDES

- **Figura 7.8.1:** Realización propia, en base a los planos del PGOU
- **Figura 7.8.2:** Generador de precios CYPE
Página web http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/Cubiertas/Sistemas_de_cubiertas_verdes/Extensivas/QVE021_Cubierta_verde_extensiva_no_transit.html#gsc.tab=0
- **Figura 7.8.2:** Sistemas de cubiertas vegetales/ Instaladores de cubiertas ajardinadas: Cubiertas vegetales extensivas
Página web <http://www.cubiertasajardinadas.com/cubierta-vegetal-extensiva/>

APARTADO 8: CONCLUSIONES

- **Figura 8.0:** https://www.freepik.es/fotos-premium/hermosa-puesta-sol-sobre-mar-naturaleza-crepusculo-paisaje-marino_2213686.htm
- **Figura 8.0:** International conference on climate change
<https://www.changethechange.eus/es/2019/01/18/cual-es-el-interes-de-los-medios-de-comunicacion-en-el-cambio-climatico/>

APARTADO 9: BIBLIOGRAFIA Y FUENTES CONSULTADAS

- **Figura 9.0:** <https://www.nationalgeographic.com.es/temas/antartida>

APARTADO 10: ANEXO 1

- **Figura 10.0:** <https://okdiario.com/curiosidades/geiser-que-como-produce-4374600>

