



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Trabajo final de grado

Estudio sobre la utilización de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en el municipio de Moncada (Valencia)

Valencia, septiembre de 2017

Grado en Ingeniería de Obras Públicas
CURSO 2016-2017

Autor: Seco Sales, Luis

Tutor: Benedito Durá, Vicent

Cotutor: Andrés Doménech, Ignacio

Estudio sobre la utilización de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en el Municipio de Moncada
(Valencia)

ÍNDICE

1. Introducción	10
1.1. Que son los SUDS y tipos.....	10
2. Justificación del estudio.....	24
3. Objetivos	26
4. Área de estudio.....	28
5. Problemática Existente	52
6. Tipos de SUDS a emplear	68
7. Propuestas de Diseño.....	78
7.1 Sustitución de tanques de tormenta proyectados por tanques de tormenta naturalizados.	79
7.2 Aplicación de pavimentos permeables en distintos puntos del municipio.....	87
7.3 Colocación de sistemas de biorretención en distintos puntos del municipio.	93
7.4 Empleo de tejados verdes en distintos edificios del municipio.	99
8. Conclusión	110
9. Bibliografía.....	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fundamentos básicos que persiguen integrar los SUDS dentro de un entorno urbano.	10
Figura 2. Diversos tipos de SUDS.	11
Figura 3. Distintos tipos de pavimentos permeables.	12
Figura 4. Humedal artificial en el Parque Nacional Tablas de Daimiel.	13
Figura 5. Humedad artificial en el Parque del Agua “Luis Buñuel” en Zaragoza.	13
Figura 6. Sistema de biorretención en un parking.	14
Figura 7. Área de biorretención en una zona en pendiente.	15
Figura 8. Sistema de recolección de pluviales.	16
Figura 9. Depósito superficial de un recolector de pluviales.	16
Figura 10. Esquema de un sistema de recolección de lluvia pasivo.	17
Figura 11. Esquema de un sistema de recolección de lluvias activo.	17
Figura 12. Ejemplo de cubierta de un edificio vegetada en Francia.	18
Figura 13. Ejemplo de franja filtrante separando la zona del tranvía de la acera.	19
Figura 14. Diseño 3D de sección de un filtro drenante con tubería perforada por Marty Hovey.	19
Figura 15. Ejemplo de filtro drenante paralelo al arcén de una carretera en Inglaterra.	20
Figura 16. Canal de drenaje en Inglaterra.	20
Figura 17. Canal de drenaje en un barrio residencial de Inglaterra.	21
Figura 18. Sección de sistema de captación de escorrentía superficial por árboles.	22
Figura 19. Sistema de almacenamiento geocelular.	23
Figura 20. Ejemplo de cuenca de detención, Hamilton, Leicester, Reino Unido.	23
Figura 21. Localización de ámbito provincial del término municipal de Moncada.	28
Figura 22. Emplazamiento del término municipal de Moncada.	29
Figura 23. Gráfica representativa de temperaturas máximas y mínimas y de precipitación.	30
Figura 24. Rosa de los vientos del municipio de Moncada.	31
Figura 25. Pinus Halapensis (pino carrasco).	34
Figura 26. Pinus Pinea (pino piñonero).	34
Figura 27. Rosmarinus officinalis (romero).	34
Figura 28. Thymus vulgaris (tomillo).	35
Figura 29. Erica multiflora (brezo).	35
Figura 30. Asparagus horridus (espárrago silvestre).	35
Figura 31. Globularia alypum (corona de fraile).	36
Figura 32. Teucrium capitatum (tomillo macho).	36
Figura 33. Sideritis angustifolia (cola de gato).	36
Figura 34. Chamaerops humilis (palmito).	37
Figura 35. Distribución general de las tierras (%) en el término municipal de Moncada.	37
Figura 36. Distribución de superficies por tipos de cultivos (%) en Moncada en el año 1997.	38
Figura 37. Cultivo más característico, el naranjo.	39
Figura 38. Diplotaxis euricoides (ravenisca blanca).	39
Figura 39. Diplotaxis euricoides (ravenisca blanca).	40
Figura 40. Sorghum halepense (sorgo).	40
Figura 41. Setaria y oxalis pes-caprae (agrets).	40
Figura 42. Portulaca oleracea (verdolaga).	41
Figura 43. Fumaria parviflora (fumaria).	41
Figura 44. Malva sylvestris (malva común o malvera).	42
Figura 45. Mercurialis annua (mercurial).	42
Figura 46. Situación de los respectivos núcleos del término municipal de Moncada.	52
Figura 47. Plano de los flujos de agua y zona urbana.	53
Figura 48. Calle 129 con problemas de encharcamiento.	54

Figura 49. Calle 129 con problemas de encharcamiento.....	54
Figura 50. Barreras colocadas en entradas de las viviendas para protección frente al agua de lluvia.	55
Figura 51. Salida del colector de pluviales y vertido al Palmaret Alt.	55
Figura 52. Croquis de las direcciones y sentidos de los flujos de agua superficial.....	56
Figura 53. Macetero de la calle de Sta. Bárbara.	57
Figura 54. Sumideros de la calle Valencia.	58
Figura 55. Sumideros de la calle Valencia.	58
Figura 56. Ronda norte donde confluyen las calles Badía y Lluís Vives.	59
Figura 57. Calle Enrique Soriano.....	59
Figura 58. Zona de encharcamiento en la confluencia de calles Badía y Lluís Vives.	60
Figura 59. Zona de encharcamiento Enrique Soriano, Isabel la Católica y Regne de Valencia.....	60
Figura 60. Intersección calles Major e Isabel la Católica.	61
Figura 61. Zona de encharcamiento mercat Vell, les Barreres, 2 de Maig, Sant Roc.	61
Figura 62. Mercat Vell y alrededores.....	62
Figura 63. Plaza del Mercat Vell y calle Aldemesí.	62
Figura 64. Calle Pintor Sorolla y cruce con la calle Secretari Molins.	63
Figura 65. Calle San Roc, entre las calles Barreres y Pintor Sorolla.	63
Figura 66. Calle San Roc.	64
Figura 67. Avenida de les Germanies y el cruce con la calle Barreres.	64
Figura 68. Zona de encharcamiento Lluís Vives.....	65
Figura 69. Zona de encharcamiento Cementerio, Quart, Barcelona.	65
Figura 70. Rotonda de la calle Cementerio.....	66
Figura 71. Calle Quart y cruce con la calle Barcelona.....	66
Figura 72. Calle San Miguel, paralela a la calle Barcelona.....	67
Figura 73. Sumidero de gran captación en la calle 130 conectado al colector de “la Defensa”.....	67
Figura 74. Sección de pavimento permeable de unidades modulares.	69
Figura 75. Efecto Isla de Calor.	69
Figura 76. Ensayo de permeabilidad de un pavimento permeable asfáltico.....	70
Figura 77. Pavimento permeable de césped reforzado.	71
Figura 78. Pavimento permeable de césped reforzado en Salinas, Asturias.	71
Figura 79. Pavimento de unidades modulares de piedra natural con juntas permeables.....	72
Figura 80. Acabado de pavimento permeable de unidades modulares.	72
Figura 81. Esquema de tratamiento por lagunaje.....	72
Figura 82. Esquema de humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal.....	73
Figura 83. Humedal artificial de flujo superficial.....	73
Figura 84. Jardín de lluvia conectado por una entrada de gravas.....	74
Figura 85. Jardín de lluvia maduro en el área de Okoboji, Iowa.....	74
Figura 86. Sumidero tipo alcorque inundable.....	75
Figura 87. Ejemplo de cubierta vegetada de sistema extensivo.....	76
Figura 88. Ejemplo de cubierta vegetada de un sistema intensivo.	76
Figura 89. Sección de capas que componen un tejado verde.	77
Figura 90. Croquis del núcleo urbano de Moncada donde se muestran los distintos niveles de prioridad para las soluciones propuestas.....	78
Figura 91. Plano de infraestructuras existentes y propuesta.	79
Figura 92. Plano de infraestructuras existentes y propuesta.	80
Figura 93. Emplazamiento del tanque de tormenta naturalizado para el colector 1800mm.	80
Figura 94. Canalización del Palmaret Alt y salida del colector de pluviales.	81
Figura 95. Desbaste con reja de limpieza manual.....	82
Figura 96. Desarenado estático.....	82
Figura 97. Desengrasador estático.....	83
Figura 98. Llenado de una laguna anaerobia.....	83
Figura 99. Retirada de flotantes en una laguna anaerobia.....	83
Figura 100. Llenado de una laguna facultativa.....	84

Estudio sobre la utilización de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en el Municipio de Moncada (Valencia)

Figura 101. Esquema de un sistema de lagunas.....	84
Figura 102. Llenado de una laguna de maduración.	84
Figura 103. Retirada de flotantes en una laguna de maduración.	84
Figura 104. Sección de un humedal artificial de flujo superficial.	85
Figura 105. Corte transversal de un humedal artificial de flujo superficial.	85
Figura 106. Calle del Cementerio.....	87
Figura 107. Calle Pelosa.....	88
Figura 108. Calle 130, zona norte.....	88
Figura 109. Calle Mossen Don Comboni.....	88
Figura 110. Calle 130, zona sur.....	88
Figura 111. Calle Barcelona.....	88
Figura 112. Calle José Miguel Sánchez Ruiz.....	88
Figura 113. Sección de la estructura de un pavimento permeable donde se produce una percolación.....	89
Figura 114. Rotonda de la calle Cementerio donde se produce encharcamientos.....	89
Figura 115. Sección de la estructura de un pavimento permeable con tubería perforada.	90
Figura 116. Parcela urbana empleada como aparcamiento situado al lado del Ayuntamiento.	91
Figura 117. Parcela urbana empleada como aparcamiento haciendo esquina con la calle Hispanitat y la avenida Fernando el Católico.	91
Figura 118. Parcela urbana empleada como aparcamiento situado al lado del colegio José María Oltra. ..	92
Figura 119. Propuesta de diseño de césped reforzado como pavimento permeable.....	92
Figura 120. Ejemplo de rotonda convencional.	93
Figura 121. Ejemplo de rotonda con SUDS.....	93
Figura 122. Acerado actual en la calle José Miguel Sanchez Ruiz.	94
Figura 123. Propuesta de sistema de biorretención tipo jardín de lluvia.	94
Figura 124. Rotonda de la calle Cementerio con problemas de encharcamiento.	95
Figura 125. Propuesta de diseño de sistemas de bioretención en maceteros del bulevar y accesos de la escorrentia superficial a estos.	95
Figura 126. Macetero de bifurcación en calle Liria del barrio de Badía.	96
Figura 127. Propuesta de entrada de agua al macetero que hace la función de jardín de lluvia.	97
Figura 128. Macetero alargado de la calle Major.	97
Figura 129. Vista actual del parque de la calle Major.	98
Figura 130. Propuesta de diseño de sistema de biorretención del tipo jardín de lluvia.	98
Figura 131. Propuesta de diseño de tejado verde para el colegio José María Oltra.	99
Figura 132. Perspectiva del colegio José María Oltra aspecto actual.	99
Figura 133. Propuesta de diseño de tejado verde para el colegio José María Oltra.	100
Figura 134. Otra perspectiva del colegio José María Oltra aspecto actual.	100
Figura 135. Perspectiva de la escuela infantil La Rambleta aspecto actual.	101
Figura 136. Propuesta de diseño de tejado verde para la escuela infantil La Rambleta.....	101
Figura 137. Perspectiva del antiguo Mercado Municipal aspecto actual.....	102
Figura 138. Propuesta de diseño de tejado verde para el antiguo Mercado Municipal.....	102
Figura 139. Propuesta de diseño de tejado verde para el Centro de Salud.	103
Figura 140. Perspectiva del Centro de Salud aspecto actual.	103
Figura 141. Perspectiva del Cuartel de la Guardia Civil aspecto actual.....	104
Figura 142. Propuesta de diseño de tejado verde para el Cuartel de la Guardia Civil.....	104
Figura 143. Perspectiva del Conservatorio aspecto actual.....	105
Figura 144. Perspectiva del Hogar del Jubilado aspecto actual.	105
Figura 145. Perspectiva del Antiguo Ayuntamiento aspecto actual.....	106
Figura 146. Perspectiva del Nuevo Ayuntamiento aspecto actual.	106
Figura 147. Perspectiva de los Juzgados aspecto actual.	107
Figura 148. Perspectiva del Polideportivo de Badía Predereta aspecto actual.	107
Figura 149. Tejados verdes en pleno centro de Tokio, Japón.	108
Figura 150. Sistema Viscum para una cubierta inclinada de teja.....	109
Figura 151. Proyecto de Teja V para cubiertas inclinadas de teja.....	109

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Caracterización hidrogeológica de las unidades morfodinámicas del término municipal de Moncada.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 2. Distribución de superficie por tipo de cultivo (ha), 1997.</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 3. Inventario faunístico del territorio municipal de Moncada.</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 4. Características de asfaltos porosos.</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 5. Características de césped reforzado de hormigón.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 6. Características de bloques impermeables de juntas permeables.</i>	<i>71</i>

AGRADECIMIENTOS

Quiero darle las gracias a mi tutor del trabajo y profesor D. Vicent Benedito, por ofrecerme como propuesta este trabajo final de grado de temática tan singular a mi parecer y por guiarme en él, ayudándome en todas mis dudas.

También quiero dar las gracias al Arquitecto Municipal de Moncada D. Francisco Buendía por su colaboración facilitando todo tipo de información necesaria para la realización de este trabajo.

Por último, quería dar las gracias a mis padres por haberme apoyado y confiado en mí año tras año hasta el final.

Muchas gracias.

1. Introducción

En el presente documento se desarrolla el *Estudio sobre la utilización de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en el municipio de Moncada*, correspondiente al Trabajo Final de Grado de la Escuela de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Valencia, del Grado en Ingeniería de Obras Públicas.

1.1. Que son los SUDS y tipos.

Los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SuDS del inglés Sustainable Drainage Systems) ayudan a la gestión de aguas superficiales y a la captación de esta, disminuyendo el volumen de escorrentía y la carga de contaminantes. Los SUDS son un tipo de sistemas de drenaje que mitigan los impactos ambientales producidos por el hombre de manera sostenible en cuanto a cantidad y calidad de agua en zonas urbanas.

Con estos sistemas no se pretende sustituir a los sistemas convencionales de drenaje (alcantarillas, colectores, cunetas, etc) sino combinar ambos para tener una mejor respuesta del sistema, compatibilizando los entornos urbanos con el medio natural, incluso simulando el medio natural que había antes de urbanizar.

A la hora de diseñar SUDS se debe de tener en cuenta 4 fundamentos básicos:

- La cantidad de agua. Con ello controlamos la cantidad de escorrentía, apoyando la gestión de riesgo de inundación, así como mantener y proteger el ciclo natural del agua.
- La calidad del agua. Se gestiona la calidad de la escorrentía para prevenir contaminación.
- La amenidad o integración en el entorno urbano. En base a esta podemos crear y sostener mejores lugares para la vida de las personas.
- La biodiversidad. Sobre este fundamento, como una de las bases, se pretende crear y sostener lugares para el desarrollo de la naturaleza en núcleos urbanos.

Todo esto queda reflejado en la figura 1.

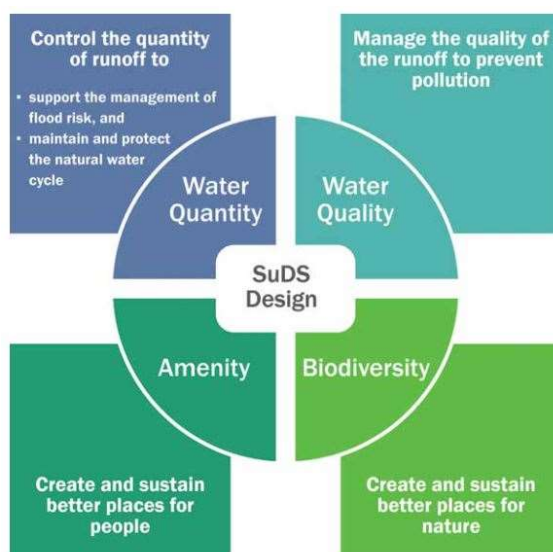


Figura 1. Fundamentos básicos que persiguen integrar los SUDS dentro de un entorno urbano.

Fuente: CIRIA The SuDS Manual 2015.

Estudio sobre la utilización de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en el Municipio de Moncada (Valencia)

Uno de los mayores objetivos a perseguir es conseguir la mejor imitación posible del ciclo del agua por medio del drenaje urbano.

Pasamos a analizar toda la tipología de SUDS de la que disponemos, para una mayor comprensión de su alcance, algunos de los cuales están representados en la figura 2.



Figura 2. Diversos tipos de SUDS.
Fuente: www.hidrologiasostenible.com

- Pavimentos permeables
- Humedales artificiales
- Sistemas de biorretención
- Recolectores de lluvia
- Tejados verdes
- Franjas filtrantes
- Filtros drenantes
- Canales de drenaje
- Árboles
- Tanques de almacenamiento
- Cuencas de detención

Pavimentos permeables:

Es un sistema de drenaje sostenible que está revolucionando el mundo de los asfaltos en carreteras y otras vías, ya que debido a su composición es capaz de drenar el agua de lluvia a través de sus poros impidiendo el paso de algunos contaminantes. Este sistema tiene su aplicación, no solo en pavimentos asfálticos sino también en pavimentos de hormigón, de bloques y césped reforzado (figura 3).

Conseguimos así simular el ciclo hidrológico del agua, no contaminar tanto al trasladar las aguas de escorrentía a una tubería de drenaje, infiltrando el agua en el terreno y reteniendo los primeros contaminantes producidos por escorrentía.



Figura 3. Distintos tipos de pavimentos permeables.
Fuente: Fuentes Roldán (2015).

Humedales artificiales o tanques de tormenta naturalizados:

El término humedal es usado para describir cuerpos de agua con plantas acuáticas. Es básicamente como una piscina permanentemente llena de agua, o que eventualmente se puede llenar, la cual proporciona atenuación y tratamiento a la escorrentía superficial de agua, apoyada por la vegetación emergente y sumergida (figuras 4 y 5)

Los densos rodales de vegetación facilitan la incorporación de contaminantes a la vegetación, la descomposición aeróbica de estos y también pueden ayudar a estabilizar sedimentos y evitar la resuspensión de estos.



Figura 4. Humedal artificial en el Parque Nacional Tablas de Daimiel.
Fuente: National Geographic, 2006.



Figura 5. Humedad artificial en el Parque del Agua "Luis Buñuel" en Zaragoza.
Fuente: Julio Fernández, blog Tomares Natural.

Según CIRIA (2015) en un tanque de tormenta naturalizado se pueden identificar 4 zonas:

- **Antesala de sedimentos (opcional):** es un eficaz tratamiento previo, el cual elimina sedimentos gruesos y aceites flotantes, que debe implementarse a través de un control apropiado de la fuente. Se emplea cuando hay riesgo de sedimento residual, en ese caso se puede dividir el humedal para permitir a los sedimentos gruesos establecerse en la antesala antes de la llegada de la escorrentía. Esta sala delantera permite que la acumulación de sedimentos sea fácilmente monitoreada, y concentra todas las actividades de remoción de sedimentos requeridas dentro de un área pequeña, minimizando así el daño potencial al resto del humedal.
- **Piscina permanente:** es el volumen de agua que permanece en el humedal durante todo el año (exceptuando si se diera el caso de evaporación e infiltración durante largos períodos de tiempo seco). Es la zona de tratamiento principal y ayuda a proteger de la resuspensión a los sedimentos finos depositados. Para los humedales más grandes, el volumen de la piscina puede ser distribuido en "micropiscinas".

- **Zona de volumen de almacenamiento de atenuación:** es el volumen de almacenamiento temporal que se llena a medida que los niveles de agua aumentan durante los eventos de lluvia, proporcionando una atenuación de flujo requerida.
- **Banco/plataforma acuática:** esta es la zona de aguas poco profundas a lo largo del borde de la piscina permanente que apoya la plantación de humedales, actuando como un filtro biológico y proporcionando beneficios ecológicos, de amenidad y seguridad. Si se aumentase la proporción de siembra podría haber otras "islas", zonas poco profundas y vegetadas, dentro de la piscina permanente.

Un sistema de control de flujo en el emisario controla las tasas de descarga para un rango de niveles de agua, haciendo que el volumen del estanque se llene durante los eventos de tormenta. La escorrentía de cada evento de lluvia se detiene y se trata en el humedal. El volumen del humedal influye en la efectividad de eliminación de los contaminantes de partículas, con mayores volúmenes proporcionando períodos más largos de tiempo para que se produzca la sedimentación y mayores oportunidades para los mecanismos de biodegradación y absorción biológica.

Los humedales se pueden crear usando depresiones naturales existentes, excavando nuevas depresiones, o construyendo terraplenes. Los cuerpos de agua naturales existentes no deben utilizarse como un medio para eliminar las escorrentías de aguas superficiales, ya que esto crea el riesgo de contaminación, la mala calidad del agua o que los regímenes de flujo alternativo puedan perturbar o dañar la morfología natural.

Sistemas de biorretención:

Se emplean para la gestión y el tratamiento de la escorrentía en eventos de lluvia. Sirven como un componente de gestión de aguas superficiales muy flexible ya que puede integrarse en una amplia variedad de paisajes utilizando diferentes formas, materiales, plantaciones y dimensiones. Dependiendo de cómo sea la densidad de desarrollo, el sistema puede tener bordes y laderas laterales suaves si la densidad es baja, o bordes más bruscos con laderas verticales si la densidad es alta. Algunos ejemplos quedan representados en las figuras 6 y 7.



Figura 6. Sistema de biorretención en un parking.
Fuente: www.sudsostenible.com.



*Figura 7. Área de biorretención en una zona en pendiente.
Fuente: www.sudsostenible.com.*

Estos son los principales elementos de un sistema de biorretención con sus principales funciones:

- **La entrada:** el diseño de la entrada es muy importante ya que debe ser diseñado para prevenir el desgaste y la erosión de la superficie del filtro, y debe distribuir uniformemente el agua sobre esta.
- **La profundidad de la detención prolongada:** es la zona de almacenamiento temporal de agua en la superficie para capturar el volumen que requiere tratamiento y proporcionarle atenuación.
- **La vegetación:** influye en la captación directa de contaminantes y facilita los procesos físicos y químicos en el suelo para eliminar los nutrientes. También evita la erosión de las capas superficiales del suelo y ayuda a mantener la permeabilidad del medio filtrante. Además de poder aportar una fuerte influencia en la amenidad y el valor de la biodiversidad del sistema. La selección de dicha vegetación tiene que ser muy específica de la zona y se requeriría la ayuda de un ecologista.
- **El filtro medio:** está formado por una base de arena de compuesto orgánico y nutrientes que liberan las plantas lentamente para mantener el crecimiento sano de estas. Influye bastante en la eficacia del sistema, ya que filtra los contaminantes y controla la velocidad a la que el agua es filtrada.
- **La capa de transición:** necesaria para evitar el lavado de finos del medio filtrante dentro de la capa de drenaje, con una especificación apropiada del tamaño de los poros y la permeabilidad del geotextil en relación con los suelos por encima de él.
- **La capa de drenaje:** el propósito de esta capa es recoger el agua del medio filtrante y permitir que alcance fácilmente las tuberías perforadas. La capa de drenaje debe proporcionar una cubierta adecuada a los tubos perforados y debe ser un espesor suficiente como para asegurar que el caudal de agua pasa a través

de él a las tuberías es mayor que el caudal de agua en la capa de filtro medio y/o transición superpuestos.

- **Las tuberías perforadas:** su cometido es el de recoger agua del sistema y transportarla aguas abajo. Aunque pueden no ser necesarias si el sistema estuviera diseñado para infiltrarse.

Recolectores de lluvia:

Son sistemas que recogen el agua de lluvia de los tejados y la trasladan en parte a un depósito de almacenaje para su posterior utilización (figura 9). Este sistema puede ser utilizado para edificios de distintas propiedades, como son los domésticos (figura 8), los comerciales, los industriales y los institucionales.



Figura 9. Depósito superficial de un recolector de pluviales.
Fuente: www.ecocosas.com.



Figura 8. Sistema de recolección de pluviales.
Fuente: www.laenergiarenovable.es.

Estos sistemas ofrecen varios beneficios, como son:

- Poder satisfacer parte de la demanda de agua del edificio, ofreciendo beneficios de sostenibilidad y resiliencia climática.
- Poder reducir el volumen de escorrentía de la zona.
- Poder reducir el volumen de almacenamiento de atenuación del lugar.

El agua recolectada se podrá usar de forma general para usos de agua no potable, como por ejemplo: inodoros y lavadoras; y para usos externos al edificio como: lavado de automóviles y riego.

Podemos encontrar dos tipos de recolectores de lluvia, los de sistema pasivo y los de sistema activo.

- Sistema pasivo: también llamado sistema de gravedad (representado en la figura 10) ya que parte de la escorrentía producida en el tejado se recoge y colecta al tanque de almacenamiento que está en un sitio elevado dentro del edificio. Desde allí, y por medio de la **gravedad**, se abastece a los distintos elementos que necesitan de esta agua (como lavadoras o cisternas). Este sistema debe de disponer también en el tanque de almacenamiento un rebosadero, para que el agua sobrante vuelva a la tubería convencional que descarga al exterior.

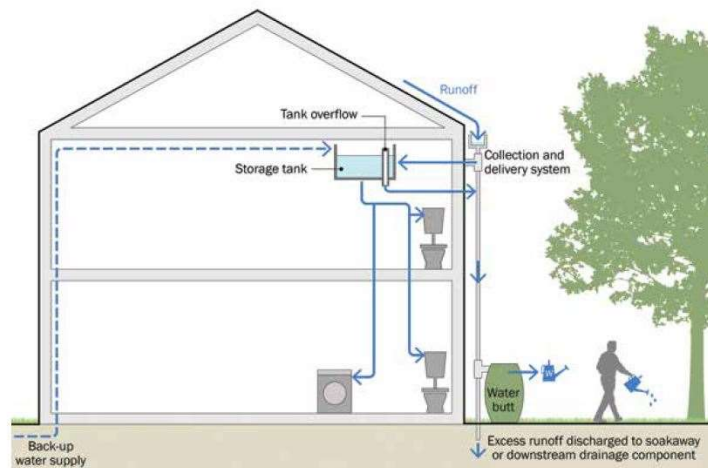


Figura 10. Esquema de un sistema de recolección de lluvia pasivo.
Fuente: CIRIA The SuDS Manual 2015.

- Sistema activo: también llamado sistema **a bombeo** (representado en la figura 11). Dicho sistema consiste en almacenar agua debajo del nivel del suelo y después bombearlo para fines de suministro. Tiene dos tipos de sistema de bombeo: uno de ellos bombea el agua a un tanque de cabecera elevado, y el otro bombea directamente a las unidades del edificio.

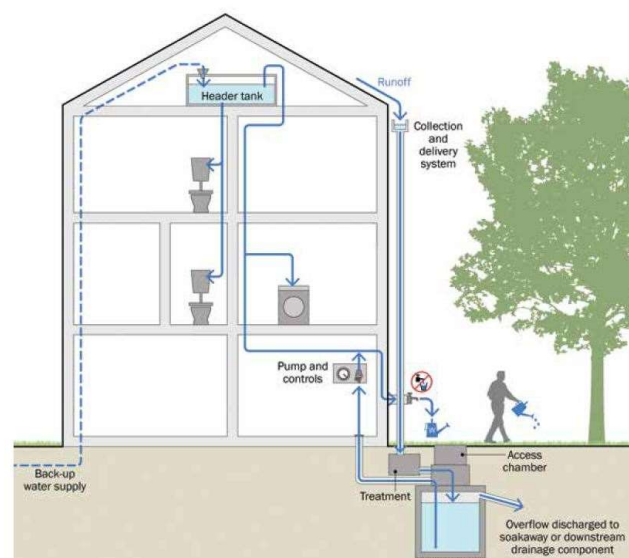


Figura 11. Esquema de un sistema de recolección de lluvias activo.

Fuente: CIRIA The SuDS Manual 2015.

Tejados verdes o superficies vegetadas:

El objetivo principal de vegetar la superficie de los edificios (un ejemplo de ello representado en la figura 12) es la atenuación de la escorrentía superficial de la zona, evitando una escorrentía tan directa como la que hay en los tejados convencionales y consiguiendo que haya un interflujo por el substrato y las raíces. De esta manera se produce así una ralentización de la escorrentía de agua al colector principal, además de retener parte del agua por las plantas, debido a su absorción.

Los tejados verdes pueden mejorar el rendimiento térmico de los edificios, reduciendo potencialmente los costos de energía de estos, debido a que las plantas y el substrato enfrían el techo a través de la evapotranspiración durante los meses de verano. Mientras que en invierno las propiedades de aislamiento dependen de la cantidad de lluvia, en inviernos húmedos las ganancias tienden a ser bajas.



*Figura 12. Ejemplo de cubierta de un edificio vegetada en Francia.
Fuente: www.greenroofs.com.*

Los tejados verdes ayudarán a combatir el efecto de la isla de calor urbano cuando exista un número suficiente en una zona urbana, así como contribuir a mejorar la calidad del aire capturando partículas de polvo.

Franjas filtrantes (strips):

Básicamente son tiras graduadas y suavemente inclinadas de hierba u otra densa vegetación, designadas a tratar la escorrentía de áreas impermeables, colocándose de manera adyacente, y provocando sedimentación, filtración e infiltración (donde sea aceptable). Un ejemplo de franja filtrante puede ser el representado en la imagen 13.



Figura 13. Ejemplo de franja filtrante separando la zona del tranvía de la acera.

Fuente: www.sudsostenible.com.

Filtros drenantes (drains):

Son unas trincheras poco profundas rellenas de piedras/gravas que crean un almacenamiento subterráneo temporal para la atenuación, transporte y filtración de la escorrentía de aguas superficiales mediante unas tuberías perforadas en el lecho de la trinchera (figura 14). Dichas piedras deben estar contenidas siempre en una trinchera forrada con un geotextil, geomembrana u otro revestimiento impermeable.

Preferentemente, estos *filtros drenantes* deben recibir de forma lateral desde una superficie adyacente impermeable (figura 15), siendo esta pretratada mediante *tiras filtrantes* vegetadas. No están preparados para atrapar sedimentos, por lo que se debe evitar los atascos de sedimentación y así evitar el fallo en el sistema de filtración.

Pueden ayudar a reducir los niveles de contaminación de las escorrentías filtrando sedimentos finos, metales, hidrocarburos y otros contaminantes.

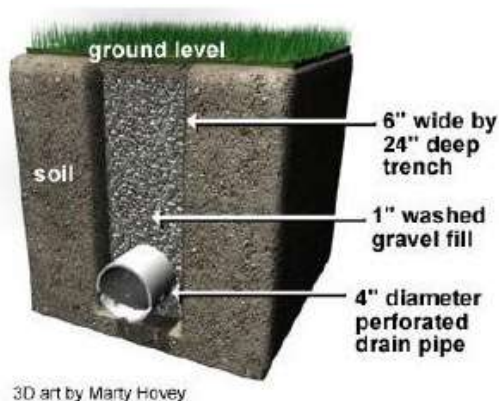


Figura 14. Diseño 3D de sección de un filtro drenante con tubería perforada por Marty Hovey.

Fuente: www.sudswales.com.



Figura 15. Ejemplo de filtro drenante paralelo al arcén de una carretera en Inglaterra.

Fuente: www.gplgropu.com.uk

Canales de drenaje (swales):

Son cuencas de infiltración vegetadas y diseñadas para gestionar el agua de escorrentía. Pueden reemplazar las tuberías convencionales como un medio para coleccionar el agua de escorrentía, mediante tiras filtrantes adyacente, y eliminando así la necesidad de bordillos o barrancos.

Se debe evitar la lixiviación y para ello no deben utilizarse en parcelas abandonadas. También no deben situarse en zonas extensas de árboles o edificios que le impongan demasiada sombra, ya que impedirían el crecimiento de pasto. Así como evitar las zonas con exceso uso de fertilizantes. Un ejemplo de canal de drenaje puede ser el de la figura 16 y 17.



Figura 16. Canal de drenaje en Inglaterra.

Fuente: www.sudsnet.abertay.ac.uk.



Figura 17. Canal de drenaje en un barrio residencial de Inglaterra.

Fuente: www.susdrain.org.

Aunque son ideales para zonas industriales, ya que cualquier contaminación que se vierta es visible y se puede actuar antes de que cause daño al curso del agua, no deben utilizarse para zonas con alta carga contaminante.

Árboles:

Los árboles también son sistemas de drenaje sostenible ya que proporcionan beneficios a la gestión del agua superficial de las siguientes maneras:

- Transpiración.
- Intercepción del agua de lluvia.
- Aumento de la infiltración.
- Obtención de contaminantes y transformación de estos en sustancias menos dañinas.

Además, filtran la polución perjudicial del aire, y ocultan y reducen el ruido molesto y no necesario. Se debe tener en cuenta que no son elementos que puedan controlar altos volúmenes de agua.

Un ejemplo de sección de sistema de captación de escorrentía mediante arboles es el representado en la figura 18.

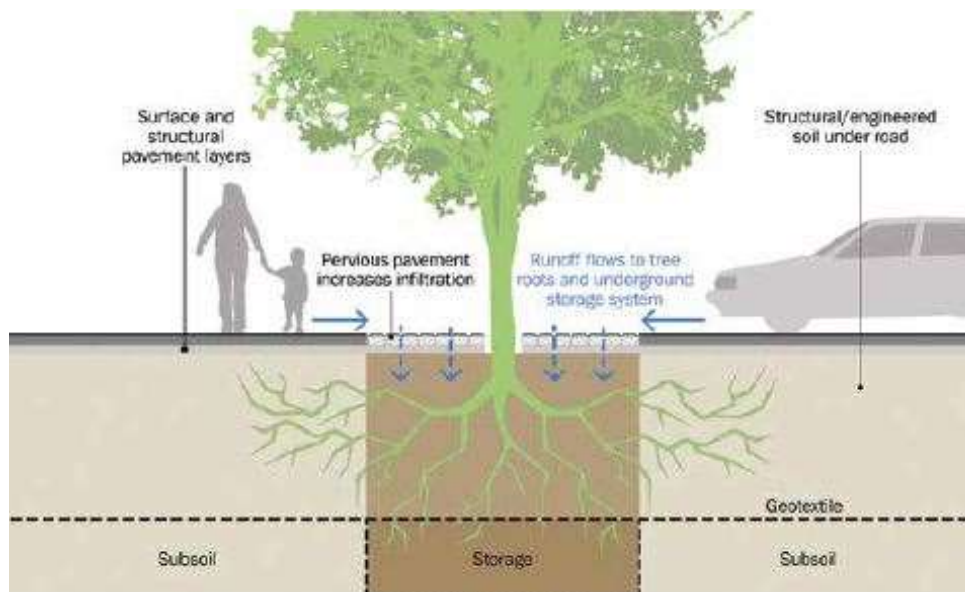


Figura 18. Sección de sistema de captación de escorrentía superficial por árboles.
Fuente: CIRIA The SuDS Manual 2015.

Tanques de almacenamiento (attenuation storage tanks):

Estos tanques crean un espacio vacío en el subsuelo y se emplean para el almacenamiento temporal de agua superficial antes de su infiltración.

Hay de diversos tipos como:

- Sistemas de almacenamiento geocelular (figura 19).
- Estructuras corrugadas de plástico.
- Tubos de hormigón/plástico de gran tamaño.
- Secciones y depósitos de alcantarillas de hormigón prefabricados o in situ.
- Tanques de plástico reforzado con vidrio.

Tienen beneficios como son, su alto volumen de almacenamiento y su gran potencial para la instalación bajo carreteras, aparcamientos, áreas recreativas y otros espacios públicos abiertos. En el caso de carreteras y aparcamientos serán de gran utilidad siempre que estén diseñados para soportar cargas de tráfico.

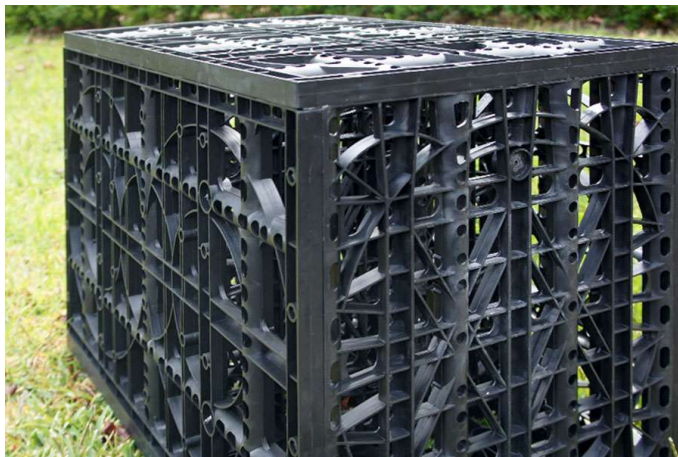


Figura 19. Sistema de almacenamiento geocelular.

Fuente: www.polypipe.com.

Cuencas de detención (detention basins):

Son depresiones del terreno con vegetación normalmente seca excepto durante e inmediatamente después de una tormenta de eventos. Proporciona almacenamiento, vaciado y atenuación de flujo de agua. Sus principales beneficios son:

- La eliminación de sedimentos y materiales flotantes.
- La reducción de niveles de nutrientes, metales pesados, materiales tóxicos y materiales que requieren oxígeno.



Figura 20. Ejemplo de cuenca de detención, Hamilton, Leicester, Reino Unido.

Fuente: www.sudsostenible.com.

En la figura 20, podemos contemplar una cuenca de detención seca y vacía. Se asemeja bastante a un parque o jardines para transitar, pero nada más lejos de la realidad es un terreno en depresión que en tiempo de lluvias comienza a llenarse inundándolo.

2. Justificación del estudio

El asfalto (haciendo referencia a este no como la última capa de un vial, sino como un conjunto representativo del material) es la base de toda ciudad moderna. Una base por donde se rige la comodidad del transporte y la facilidad con la que las personas se desplazan. Pero también una base impermeable que recoge toda la escorrentía superficial y la conduce a los sistemas de alcantarillado.

Muchas veces estos sistemas de alcantarillado, con sus enormes colectores, no son capaces de albergar o captar tanta agua y desbordan, provocando inundaciones y vertiendo sin control alguno en ríos u otros cauces naturales próximos.

A este fenómeno le podemos añadir otros como zonas en depresión de la ciudad con un mal estudio de drenaje, o socavones que se han ido produciendo con el paso del tiempo y el continuo tránsito de vehículos pesados. Todo esto crea importantes encharcamientos que nos hacen cuestionarnos la eficacia de los sistemas de drenaje convencionales, que actualmente forman parte de las ciudades.

Es por esto por lo que se necesita de la ayuda de sistemas no convencionales como son los nuevos sistemas de drenaje para un mayor apoyo de estos, de manera totalmente sostenible y ecológica.

Todos estos aspectos que hemos comentado se pueden observar en general en muchos municipios, y en nuestro caso por circunstancias de tipo logístico y de acceso a la información nos hemos centrado en la problemática que en cuanto a gestión de las escorrentías urbanas se produce en el municipio de Moncada. Por otra parte, la gestión de las aguas de escorrentía en ocasiones no cumple con las leyes ambientales sobre el vertido de aguas residuales a ríos y barrancos. Con todo ello se pretende tener un mayor control sobre la situación provocada por periodos de lluvia intensa en la zona, que son los que suscitan la problemática detectada.

También se debe tener cuenta en este apartado la conversión de parte de la ciudad en una bio-ciudad, que simule el ciclo del agua, sobre todo en el aspecto de la infiltración del agua de lluvia al terreno y su posible percolación. Entendiendo por ciclo del agua como el recorrido que realizaría esta, en el caso de que no existiese un núcleo urbano que impermeabilizara el terreno, o contaminándose las aguas de escorrentía que acabasen en ríos y mares.

3. Objetivos

Como objetivo principal, en este trabajo, se persigue dar soluciones sostenibles a la problemática de drenaje que tiene el municipio de Moncada auxiliando a los sistemas de drenaje clásicos o convencionales.

Para cumplir con este objetivo, se plantean otros objetivos secundarios, como:

- Realizar una revisión de los tipos de SUDS existentes y que se utilizan habitualmente.
- Revisar in situ en Moncada los puntos donde se presentan problemas de inundabilidad o formación de grandes charcos, ya que serán estos puntos los de mayor prioridad para una posterior actuación.
- Conocer mejor el término municipal de Moncada, los recursos de los que dispone para solventar las inundaciones.
- Estudiar la estructura de la red de saneamiento, consiguiendo así una mayor comprensión de la problemática de drenaje de la ciudad.
- Determinar los tipos de SUDS más adecuados en cada caso y proponer un diseño de estos.

Estos objetivos han sido los que han ayudado a definir el plan de trabajo y tener una mejor comprensión del alcance de este. Además de guiar en la resolución de dudas y ampliación de conocimientos sobre el municipio, en las distintas reuniones con los tutores del trabajo y con el arquitecto municipal de Moncada.

4. Área de estudio

En este apartado se pretende realizar una descripción del ámbito en el que vamos a realizar el estudio que es el municipio de Moncada. Para ello se ha empleado diversos datos obtenidos del *Diagnostico Socioambiental del Término Municipal de Moncada*, elaborado por el IMEDES (*Instituto Mediterráneo para el Desarrollo Sostenible*).

Geografía y Orografía del terreno

Dicho municipio se encuentra situado en la comarca de L'Horta Nord, en la provincia de Valencia. El término municipal tiene una superficie de 15,8 km² y limita con los siguientes municipios (figura 22):

- Al noroeste con Bétera y Náquera.
- Al suroeste con el término municipal de la ciudad de Valencia (Massarajos y Benifaraig).
- Al noroeste limita con Museros, Albalat del Sorells y el término municipal de Foios.
- Al sureste con Alfara del Patriarca.

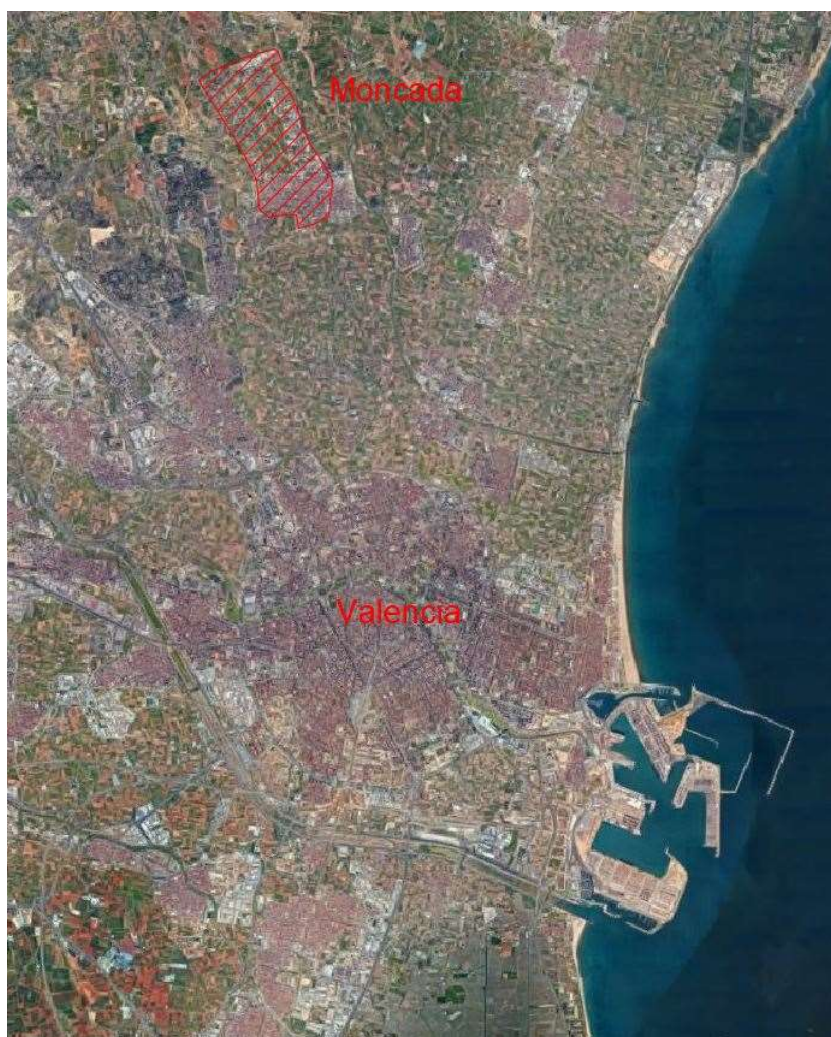


Figura 21. Localización de ámbito provincial del término municipal de Moncada.
Fuente: Elaboración propia.

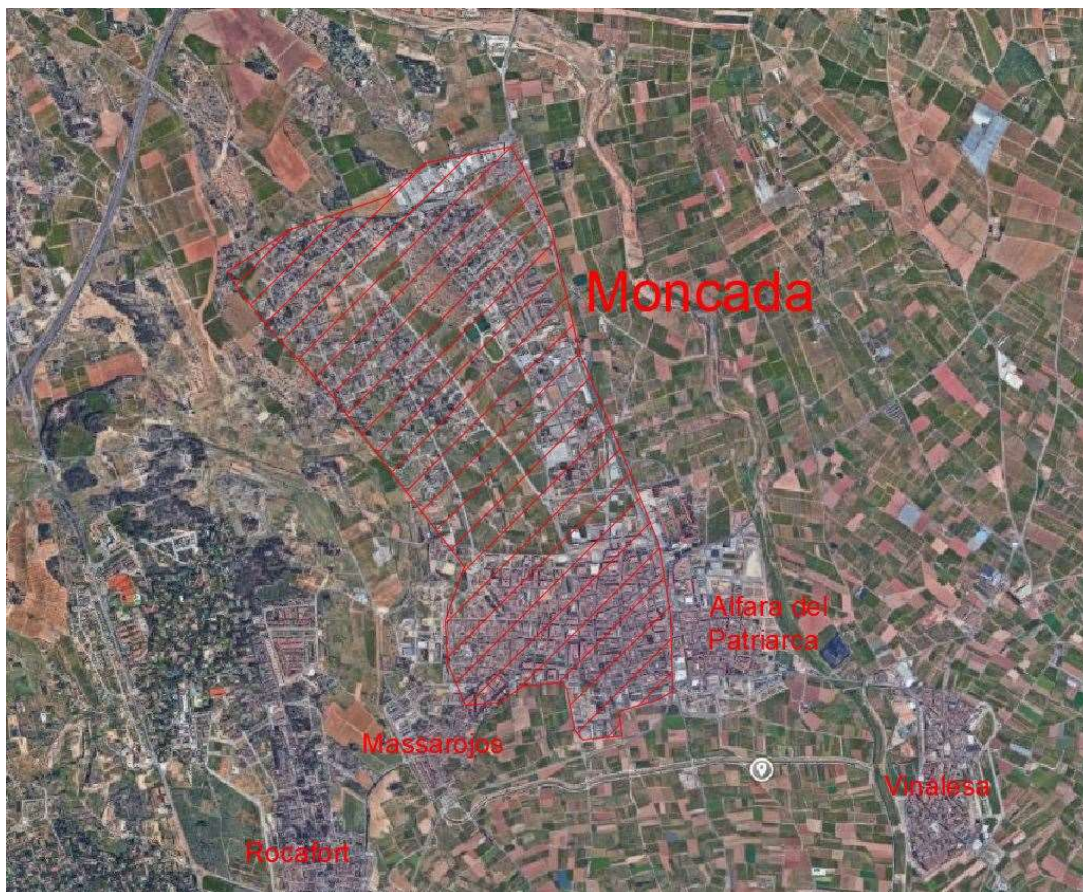


Figura 22. Emplazamiento del término municipal de Moncada.
Fuente: Elaboración propia.

El medio urbano del municipio lo componen la ciudad de Moncada, el barrio de los Dolores, el barrio Badía, San Isidro de Benageber, el barrio del Pilar, el barrio de las Eras, las Torres y Masías.

Pero, además, está relacionado con otros términos municipales en cuestión, por ejemplo, la gestión de residuos. Varios de los municipios de l'Horta Nord contaminan las aguas de un curso fluvial en diferentes tramos del mismo haciendo alusión al barranco del Carraixet. Se observa de esta forma como la problemática ambiental sobre las aguas residuales debe tratarse a escala supramunicipal ya que tiene efectos que trasciende la escala local.

Moncada se encuentra geográficamente a 39°32'35" N de latitud y 0°23'34" W de longitud, en cuanto a su altitud el núcleo urbano está a 33 msnm (metros sobre el nivel del mar). Se encuentra a 8 km al noroeste de la ciudad de Valencia que ejerce de núcleo económico de muchos de los municipios anteriormente nombrados (figura 21).

El terreno es prácticamente plano con algunas lomas y atravesado por el barranco del Carraixet como el accidente geográfico más significativo. Las cotas más altas están al oeste y noroeste, con el Tos Pelat como máximo exponente (90 msnm), y las cotas más bajas se encuentran en la zona de la huerta, con el Camí de Fondo (25 msnm).

Climatología

Moncada está situada en una zona caracterizada por un clima denominado clima Mediterráneo subtropical o marítimo, aunque también ha sido denominado como clima

Mediterráneo subárido, cálido, de estíos secos. Los siguientes datos están proporcionados por los Servicios Tecnológico del Riego – IVIA.

La temperatura media es de 17°C aproximadamente, aunque se puede observar mejor en la siguiente tabla de temperatura anual.

Se alcanzan temperaturas máximas durante los meses estivales, superando los 30°C, mientras que los meses más fríos las temperaturas mínimas pueden ser inferiores a 0°C, aunque normalmente son superiores entre los 2-3°C de mínima absoluta, dando a entender que los inviernos son relativamente suaves. En la figura 23 queda representado gráficamente las temperaturas máximas y mínimas como referencia del último año.

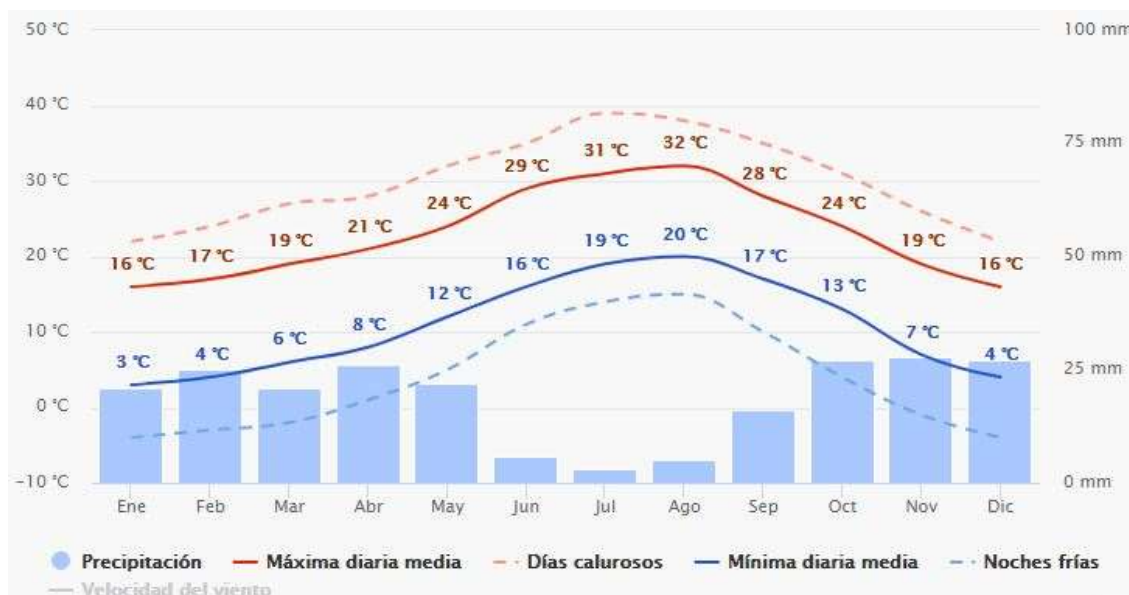


Figura 23. Gráfica representativa de temperaturas máximas y mínimas y de precipitación. Fuente: www.meteoblue.com.

En cuanto a las precipitaciones, el régimen de humedad y la distribución anual de la pluviometría determinan la caracterización de la zona como mediterránea seca.

La precipitación media anual es de 390 mm durante el periodo 1980-2001, aunque no repartidos ya que presenta valores máximos en otoño y mínimo en meses estivales. Además de producirse episodio de lluvia intensa con frecuencia producido por ciclones atlánticos o bajas presiones en la zona de Baleares determinando el fenómeno conocido como **gota fría**. Este fenómeno produce erosiones de laderas con poca cobertura vegetal, remueve los suelos susceptibles en masa, inunda las zonas llanas y bajas, etc.

Para finalizar este subapartado hablamos de vientos. El régimen de vientos puede ser importante en la caracterización climática de una región ya que está relacionado con los cambios de presión, las cuales determinan también las precipitaciones y olas de calor. En la figura 24 podemos observar una gráfica de vientos que muestra el número de horas al año que el viento sopla en la dirección indicada, en este caso los datos son de la dirección oeste W.

Las intensidades medias de viento en la provincia de Valencia son débiles y no suelen sobrepasar los 15/20 km/h. Las máximas velocidades se alcanzan en invierno, siendo los

vientos de componente oeste los más fuertes. Datos más actuales, como es en este mismo año 2017, nos indican que se han recogido máximas de vientos de hasta 58 km/h de componente norte sobretodo.

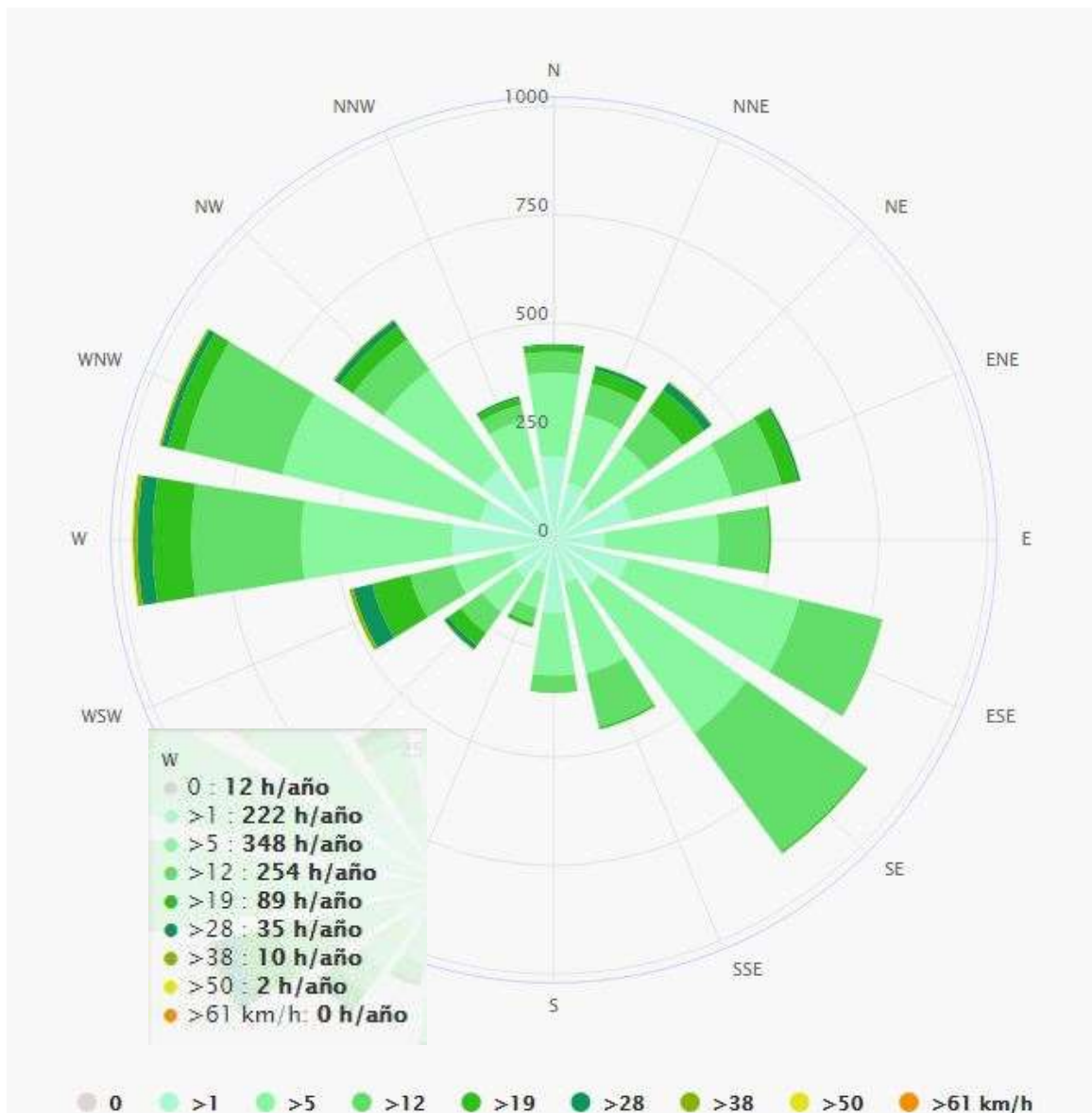


Figura 24. Rosa de los vientos del municipio de Moncada.

Fuente: www.meteoblue.com.

Geología e Hidrología

La geología y geomorfología son fundamentales para el estudio del medio biofísico del territorio, ya que condiciona la topografía y el paisaje físico, además de condicionar el tipo de suelo y la vegetación natural. Para caracterizar geológicamente el territorio de Moncada se ha atendido a la litología, la estructura y la geomorfología.

La litología del terreno es el conjunto de materiales que afloran en el área y en Moncada encontramos 5 tipos básicos:

- Limos con cantos redondos y de inundación. Encontrándose en zona de huerta como en Partida de la Closa y el Camí Fondo.
- Limos pardos fluviales asociados a abanicos aluviales, conos de deyección y meandros del barranco del Carraixet.
- Costras calizas (rocas kársticas), en la zona de Tos Pelat (barrio de Badía).
- Arcillas de decalcificación, al pie de las lomas carbonatadas de Bétera.
- Conglomerados, areniscas, arcillas y margas.

La estructura se hace referencia a la orientación de ramblas y barrancos de la zona debido a la dinámica compresiva dada por la tectónica de placas.

Por último, la geomorfología sería el conjunto de relieves formados por procesos erosivos superficiales.

En cuanto a la hidrología, el principal exponente de la red hidrográfica lo constituye el río Palancia, un río con un continuo caudal empleado para el riego y para la alimentación de acuíferos. En el término municipal de Moncada cabe destacar el barranco del Carraixet, que acaba siendo el cauce fluvial más importante. Según el *IMEDES (Instituto Mediterráneo para el Desarrollo Sostenible)*, el barranco está formado por unos 290 km² de cuenca de drenaje, 52.5 km de longitud del lecho principal con una pendiente e 1.45%, que salvan un desnivel de 750 m. Se trata de un barranco con un caudal muy irregular, aunque es un barranco muy violento en sus crecidas.

En cuanto a acuíferos, básicamente encontramos dos acuíferos en el término de Moncada. Por un lado, un acuífero del tipo fisurado, donde la porosidad se debe a la existencia de fracturas y discontinuidades en la roca, situado al suroeste del municipio próximo al término municipal de Bétera. Y, por otra parte, el resto de acuíferos de tipo detrítico constituido por partículas de alta porosidad eficaz. Todo ello queda recogido en la tabla 1.

Unidad Morfodinámica	Localización aproximada	Tipo de acuífero	Disponibilidad*	Vulnerabilidad Aguas subterráneas
ALUVIAL	Partida de la Cloas y Camí Fondo (Sur de Moncada en la zona de la huerta)	DETRÍTICO	BAJA	ALTA por porosidad
ALUVIAL-COLUVIAL	Zona central del término municipal de Moncada	DETRÍTICO	ALTA	ALTA por porosidad

ARCILLA DECALCIFICACIÓN	Suroeste del término municipal de Moncada Junto a Rocafort (Sur del término municipal)	DETRÍTICO	MEDIA	ALTA por porosidad
LOMAS CARBONATADAS	Tos Pelat (suroeste del municipio)	FISURADO	MEDIA	MEDIA por fracturación de la roca y discontinuidad de materiales
LOMAS MATERIALES DETRÍTICOS	Este del término municipal junto a los municipios de Mueros y Albalat dels Sorells	DETRÍTICO	MEDIA	MEDIA

Tabla 1. Caracterización hidrogeológica de las unidades morfodinámicas del término municipal de Moncada.

Fuente: Cendrero et al. (1989).

*Disponibilidad: facilidad para la obtención de aguas subterráneas

Vegetación

Moncada presenta dos series de vegetación, según el biólogo Salvador Rivas Martínez (1975), representando tanto los tipos de vegetación representativos de ecosistema vegetal clímax (etapa madura) como las comunidades iniciales que las remplazan.

De este modo en Moncada podría encontrarse, por una parte, una comunidad vegetal constituida por especies vegetales de la serie termomediterránea setabense y valenciano-tarraconense semiarido-seca (*Pistacia lentiscus*). Y, por otra parte, al sur del término municipal, en la zona de la huerta que corresponden a las Partidas de la Closa y el Camí Fondo, una geomegaserie riparia mediterránea y de regadíos, denominada serie edafológica acuática de marjal.

Además, en los márgenes del barranco del Carraixet o zona de influencia del barranco, está caracterizado por suelos húmedos y la vegetación potencial estaría formada por las catenas de vegetación edafólilas riparias.

A día de hoy se puede observar cómo la vegetación encontrada actualmente en el término difiere de la vegetación climática esperada, y en su lugar encontramos cuatro tipos:

- **Pinares:** fundamentalmente *pinus halapensis* (pino carrasco, figura 25), *pinus pinea* (pino piñonero, figura 26), siendo de especies marginales ya que predomina la vegetación arbustiva (lentisco, coscoja, etc).



Figura 26. *Pinus Pinea* (pino piñonero).
Fuente: Google Imágenes.



Figura 25. *Pinus Halapensis* (pino carrasco).
Fuente: Google Imágenes.

- **Matorral:** estos constituyen una etapa regresiva de la serie valenciano-tarraconense semiárido-seca del lentisco como consecuencia de la actividad humana. Se tratan de matorrales adaptados a la escasez de lluvias primaverales y a suelos poco profundos, algunos de estos matorrales son los representados en las siguientes imágenes (figuras 27-34):



Figura 27. *Rosmarinus officinalis* (romero).
Fuente: Google Imágenes.



*Figura 28. Thymus vulgaris (tomillo).
Fuente: Google Imágenes.*



*Figura 29. Erica multiflora (brezo).
Fuente: Google Imágenes.*



*Figura 30. Asparagus horridus (espárrago silvestre).
Fuente: Google Imágenes.*



Figura 31. *Globularia alypum* (corona de fraile).
Fuente: Google Imágenes.



Figura 32. *Teucrium capitatum* (tomillo macho).
Fuente: Google Imágenes.



Figura 33. *Sideritis angustifolia* (cola de gato).
Fuente: Google Imágenes.



Figura 34. *Chamaerops humilis* (palmito).
Fuente: Google Imágenes.

También podemos encontrar por la zona del Tos Pelat pastizales, los cuales son consecuencia de la degradación por la actividad antrópica.

No obstante, sobre lo anterior debemos destacar que en la actualidad la presentación del medio natural en el término municipal de Moncada, no supera el 3% de la superficie total, y parte de este se encuentra degradado. La práctica totalidad del término municipal está antropizada.

- **Cultivos:** son los correspondientes a huerta y cultivos forzados, cultivos leñosos en regadío y en secano. La zona de huerta se sitúa al sur del municipio, y ocupa una pequeña superficie en comparación con la superficie destinada al monocultivo de cítricos, como el naranjo (figura 37), predominante en el término municipal de Moncada. Las siguientes figuras 35 y 36, que representan la distribución general de tierras y distribución por tipos de cultivos respectivamente, y la tabla 2, se obtuvieron de los datos sobre los principales cultivos del municipio, a partir del *Anuari Estadístic Municipal i Comarcal 1996-97* (IVE, 1999).

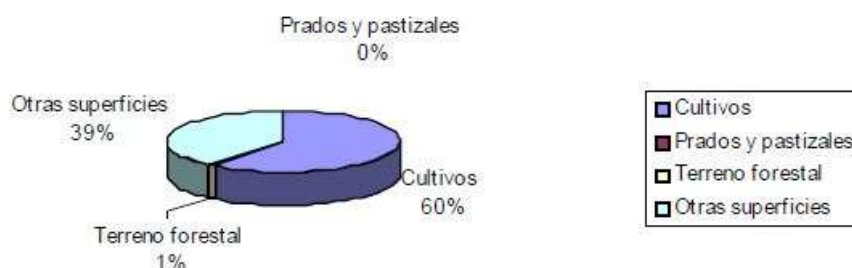


Figura 35. Distribución general de las tierras (%) en el término municipal de Moncada.
Fuente: IMEDES a partir de IVE (1999).

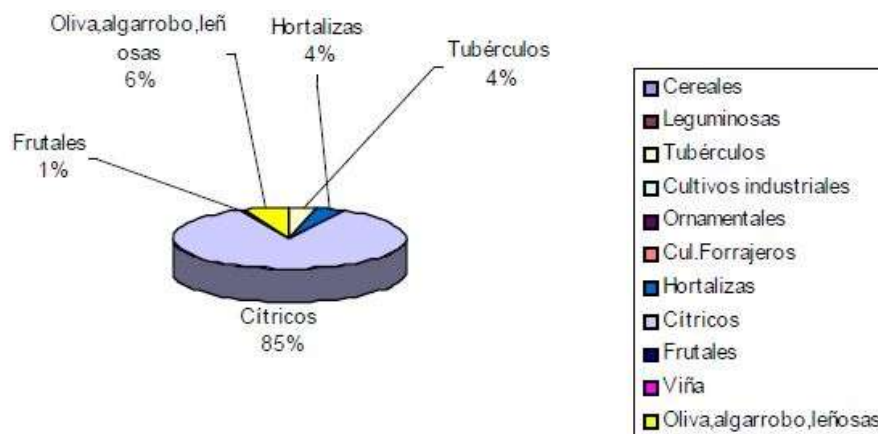


Figura 36. Distribución de superficies por tipos de cultivos (%) en Moncada en el año 1997. Fuente: IMEDES a partir de IVE (1999).

CULTIVO	SUPERFICIE (ha)
CEREALES	0
LEGUMINOSAS	0
TUBÉRCULOS	27
CULTIVOS INDUSTRIALES	0
FLORES Y ORNAMENTALES	0
CULTIVOS FORRAJEROS	1
HORTALIZAS	32
CÍTRICOS	645
FRUTALES	10
VIÑA	0
OLIVAR Y LEÑOSAS	47

Tabla 2. Distribución de superficie por tipo de cultivo (ha), 1997. Fuente: Anuari Estadístic Municipal i Comarcal 1996-97 (IVE, 1999).



*Figura 37. Cultivo más característico, el naranjo
Fuente: Google Imágenes.*

Además, por estos cultivos podemos encontrar otro tipo de vegetación denominada vegetación arvense o malas hierbas. Las más características quedan representadas en las siguientes imágenes (figuras 38-43):



*Figura 38. Diplotaxis euricoides (ravenisca blanca).
Fuente: Google Imágenes.*



Figura 39. *Diplotaxis euricoides* (ravenisca blanca).
Fuente: Google Imágenes.



Figura 40. *Sorghum halepense* (sorgo).
Fuente: Google Imágenes.



Figura 41. *Setaria* y *oxalis pes-caprae* (agrets).
Fuente: Google Imágenes.



Figura 42. *Portulaca oleracea* (verdolaga).
Fuente: Google Imágenes.



Figura 43. *Fumaria parviflora* (fumaria).
Fuente: Google Imágenes.

- **Vegetación nitrófila:** por último, tenemos este tipo de vegetación que se caracteriza por su afinidad en medios ricos de elementos nitrogenados solubles, como sales amónicas y nitratos. Básicamente se trata de medios ligados a la actividad humana o ganadera, siendo muy frecuentes en bordes de caminos, solares, corrales de ganado, basureros, así como zonas de tránsito de ganado. Esta vegetación actúa de bioindicador de la degradación.

Entre ellas destacan:

- *Malva sylvestris* (malva común o malvera, figura 44).



Figura 44. *Malva sylvestris* (malva común o malvera).
Fuente: Google Imágenes.

- *Mercurialis annua* (mercurial, figura 45).







Figura 45. *Mercurialis annua* (mercurial).
Fuente: Google Imágenes.







Fauna






Debido a la fuerte antropización del territorio, del desarrollo urbanístico y de la confluencia de infraestructuras de comunicación que actúan de barrera, nos encontramos frente a un territorio carente de grandes comunidades de animales vertebrados.






El efecto barrera y fragmentación de hábitats, así como la degradación del entorno natural, son los consecuentes de la desaparición de estas poblaciones de animales, que se ven desplazados a otras zonas menos antropizadas.






La tabla 3 recoge los principales animales de distintas especies que se pueden encontrar en el municipio de Moncada:







CLASE	ESPECIE Y NOMBRE COMÚN	IMAGEN
ANFIBIOS	<i>Bufo bufo</i> (sapo común)	
	<i>Bufo calamita</i> (sapo corredor)	
	<i>Rana perezzi</i> (rana común)	
REPTILES	<i>Elaphe scalaris</i> (culebra escalera)	







	<p><i>Malpolon monspessulanus</i> (culebra bastarda)</p>	
	<p><i>Natrix natrix</i> (culebra de agua)</p>	
	<p><i>Podarcis hispanica</i> (lagartija común)</p>	
	<p><i>Psammodromus algirus</i> (lagartija colilarga)</p>	
	<p><i>Tarentola mauritanica</i> (salamanquesa común)</p>	
<p>AVES</p>	<p><i>Acrocephalus arundinaceus</i> (carricero)</p>	

	<i>Apus apus</i> (vencejo)	
	<i>Athene noctua</i> (mochuelo común)	
	<i>Carduelis carduelis</i> (jilguero)	
	<i>Carduelis chloris</i> (verderón común)	
	<i>Falco tinnunculus</i> (cernícalo vulgar)	

	<i>Hirundo rustica</i> (golondrina)	
	<i>Luscinia megarhynchos</i> (ruiseñor común)	
	<i>Motacilla alba</i> (lavandera)	
	<i>Motacilla cinérea</i> (lavandera cascadeña)	
	<i>Oriolus oriolus</i> (oropéndola)	

	<p><i>Otus scops</i> (autillo)</p>	
	<p><i>Parus major</i> (carbonero común)</p>	
	<p><i>Passer domesticus</i> (gorrión común)</p>	
	<p><i>Serinus serinus</i> (verdecillo)</p>	
	<p><i>Streptopelia turtur</i> (tórtola común)</p>	

	<i>Turdus merula</i> (mirlo común)	
	<i>Turdus viscivorus</i> (zorzal)	
	<i>Upupa epops</i> (abubilla)	
MAMÍFEROS	<i>Apodemus sylvaticus</i> (ratón de campo)	
	<i>Crocidura russula</i> (musaraña común)	
	<i>Erinaceus europaeus</i> (erizo común)	

	<i>Lepus capensis</i> (liebre)	
	<i>Mus musculus</i> (ratón casero)	
	<i>Oryctolagus cuniculus</i> (conejo)	
	<i>Pipistrellus pipistrellus</i> (murciélago común)	
	<i>Rattus norvegicus</i> (rata común)	
	<i>Rattus rattus</i> (rata negra)	


	<i>Vulpes vulpes</i> (zorro)	
--	------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------

Tabla 3. Inventario faunístico del territorio municipal de Moncada.
Fuente: IMEDES Instituto Mediterráneo para el Desarrollo Sostenible (Retocado).

Muchas de las especies que se han identificado se asocian a los campos de cultivo y otras a los asentamientos urbanos, como son vertederos, basureros, parques y jardines.

Hemos presentado aquí la fauna potencial del lugar y que ocasionalmente puede estar presente, pero hay que incidir en que en el término municipal de Moncada no queda apenas nada de medio natural.

Ecosistemas

En este subapartado se pretende mostrar de forma descriptiva los distintos ecosistemas identificados en el municipio de Moncada.

Para la identificación de estos ecosistemas se emplean tres factores:

- Grado de influencia antrópica
- Gradiente de humedad
- Topografía del terreno

Hay otros dos factores muy importantes que no se han incluido debido a que son afectados por los factores ya considerados. Estos factores son **la vegetación y el tipo de suelo**.

Se ha podido observar que en distintos tipos de suelo de los que se compone Moncada (cinco en total) se ha encontrado las mismas formaciones vegetales y las mismas especies animales asociadas, todo ello debido al alto grado de incidencia antrópica.

Según IMEDES, en total, hay cuatro ecosistemas identificados:

- **Agrícola:** se refiere al medio ocupado por campos de cultivo, ya sea monocultivo o huerta, el cual está altamente influenciado por el hombre, quien determina la presencia de especies vegetales allí presentes. Además, se debe tener muy en cuenta la modificación de las propiedades del suelo por medio de los fertilizantes y riego de este.

Este tipo de ecosistema favorece la presencia de especies granívoras, como aves y roedores; especies asociadas a cursos de agua debido a la presencia de acequias, como ranas, sapos y culebras; y especies de insectos asociados a determinados cultivos.

- **Urbano:** se refiere a zonas altamente antropizadas y urbanizadas. En ellas identificamos especies animales domésticas, como perros y gatos; pero también otras especies consideradas como plagas por ser causantes de transmitir enfermedades, como son ratas y cucarachas.
- **Palustre:** es un ecosistema asociado directamente al barranco del Carraixet. Característico por el grado de humedad y la menor influencia antrópica hacen de este ecosistema singular.
- **Natural:** compuesto de pequeñas manchas de vegetación natural, como matorrales y zona de pinos y algarrobos, asociados a antiguos campos de cultivo abandonados. Al ser zonas marginales, el grado de influencia humana es menor, producido por la improductividad agrícola y por tanto dejando de ser útil como zona de cultivo o zona urbanizable.

Estas manchas de hábitat natural no tienen ningún valor ecológico ya que está demostrado que para un hábitat natural en manchas mantenga la diversidad del ecosistema, debe tener una superficie mínima, que no se alcanza en este municipio (Benedito, comunicación personal).

5. Problemática Existente

El municipio de Moncada está organizado en varios núcleos de población con cierto grado de dispersión. Por una parte, está el núcleo principal de centro urbano, que se encontraría en la parte sur del término municipal. Este término es alargado en sentido norte-sur y además topográficamente presenta un cierto desnivel en el mismo sentido. En la zona norte se encuentran los barrios de Virgen de los Dolores y Masias, y en la zona nor-oeste, y desconectado de los demás, San Isidro de Benageber (figura 46).

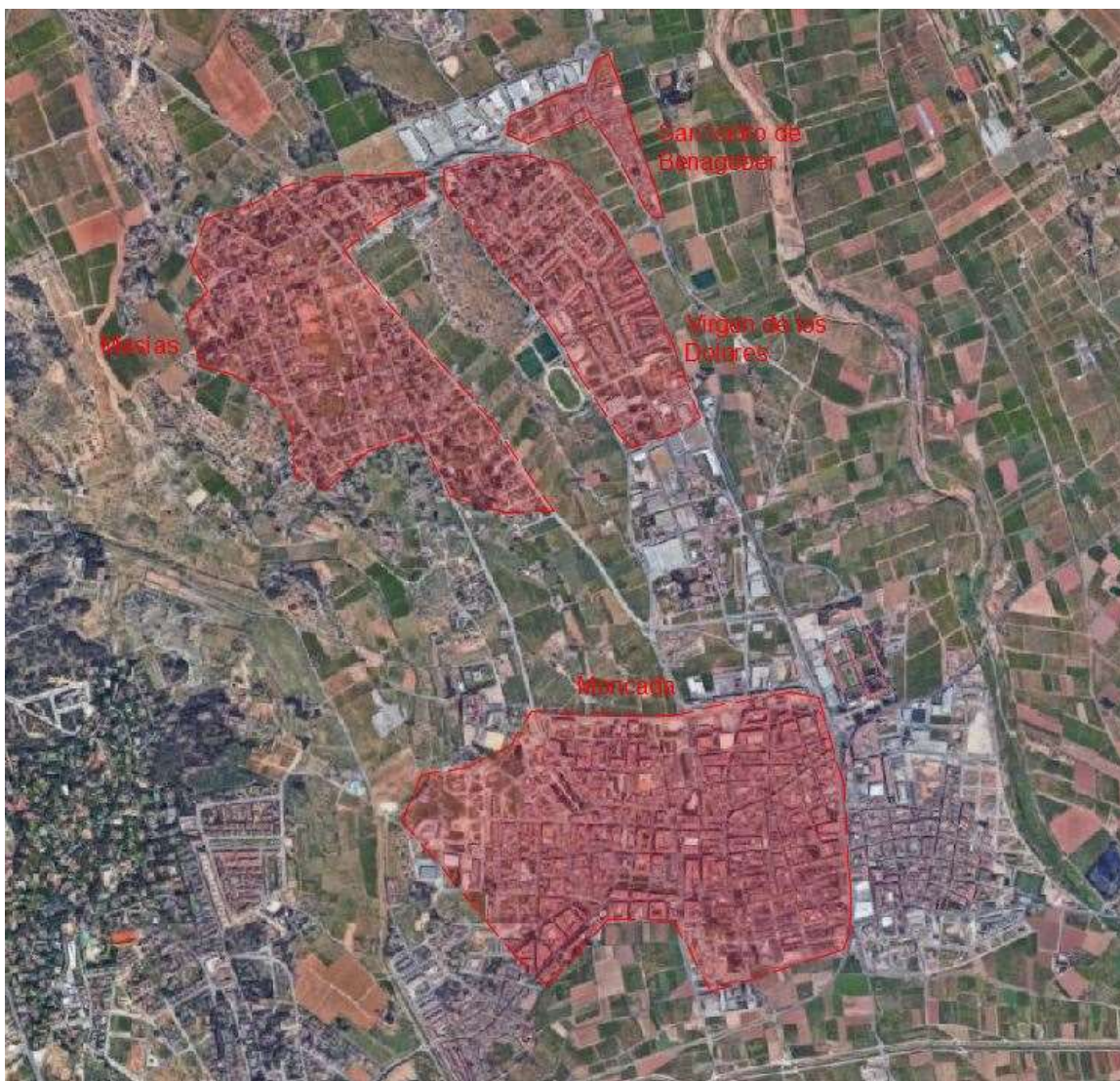


Figura 46. Situación de los respectivos núcleos del término municipal de Moncada.

Fuente: Elaboración propia.

Con esta tipología de municipio, el drenaje de las aguas de lluvia se produce como se representa en la siguiente imagen (figura47).

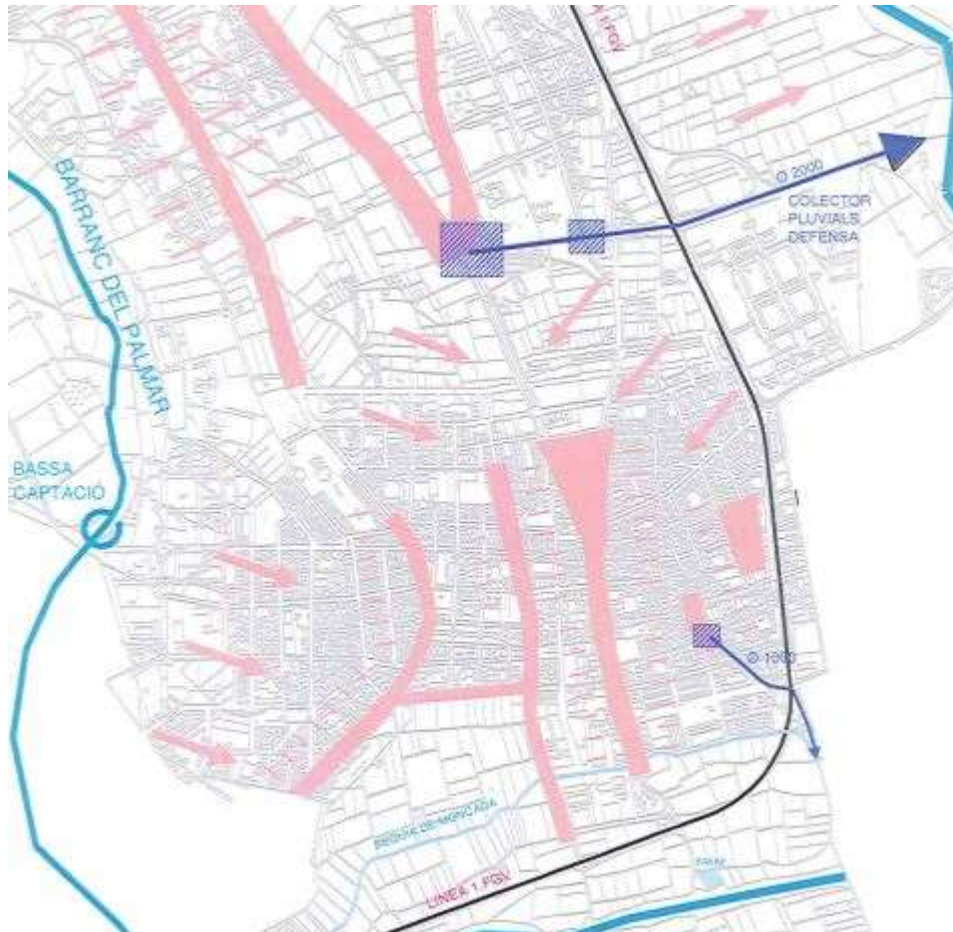


Figura 47. Plano de los flujos de agua y zona urbana.
Fuente: Oficina técnica del Ayuntamiento de Moncada.

Sobre la zona norte destacar las calles que unen Masías y el Barrio del Pilar con el casco urbano. Estas calles tienen casi 2 km de longitud, recogen agua de escorrentía de una superficie grande y no disponen de los sumideros necesarios para drenar la enorme escorrentía superficial que descenderá hacia el casco urbano de Moncada. El agua de estas barriadas se recoge en dos colectores de la red de saneamiento que discurren hacia la parte sur de la población. En la confluencia de la calle 130 y avenida del Cementerio.

El colector de gran capacidad, llamado “La Defensa”, permite cortar el flujo de agua nortesur que proviene de Masias y desviarla al barranco del Carraixet, situado al este del municipio.

A continuación, se muestran imágenes de la calle 129 (figuras 48 y 49), calle continua a la 130, donde se origina gran parte de la escorrentía superficial que fluye a la zona sur del municipio de Moncada.



*Figura 48. Calle 129 con problemas de encharcamiento.
Fuente: Autor.*



*Figura 49. Calle 129 con problemas de encharcamiento.
Fuente: Autor.*

La problemática de esta zona no es solo la falta de capacidad para albergar tanta escorrentía sino también el falto tratamiento a esas primeras aguas contaminadas que arrastra la escorrentía superficial, además de aguas negras diluidas, y que acaba evacuándose al mencionado barranco del Carraixet. Además, para lluvias poco abundantes, como la red de aguas residuales no es separativa, toda el agua va a la depuradora de Alboraya representando una sobrecarga innecesaria. Para lluvias importantes, a partir de un determinado caudal, el colector de la Defensa tiene un tanque de tormenta que recoge las primeras aguas con contaminación y después son bombeadas de nuevo a la red de saneamiento. A partir de un determinado caudal de lluvia el excedente se desvía a Carraixet.

Por otra parte, la problemática de la zona sur se centra en distintas calles que albergan múltiples encharcamientos en los accesos de las viviendas, produciendo así molestias entre los vecinos debido a los vehículos que pasan a altas velocidades, empapando las puertas de estas. De momento la solución, por parte de los vecinos, ha sido la de colocar barreras y plásticos para impedir que el agua entre en sus hogares (figura 50). También podemos encontrar esta situación de encharcamiento en muchas rotondas que conectan las distintas calles y avenidas interurbanas.



Figura 50. Barreras colocadas en entradas de las viviendas para protección frente al agua de lluvia.
Fuente: Google Earth.

Por último, señalar los dos grandes colectores que se encuentran al sur del casco urbano, de diámetros 2000 y 1800 mm, los cuales mitigan los principales problemas de avenidas de aguas pluviales, vertiendo el agua al cauce del canal Palmaret Alt (figura 51).

El problema reside en que se dispone de un sistema unitario de vertido de aguas, y dichos colectores llevan el agua residual y pluvial mezclada, lo que provoca un vertido diluido de aguas tanto en el cauce del Palmaret como en el Carraixet y, aunque la dilución cuando llueve es muy baja, no está claro si cumple con la normativa medioambiental que rige la Confederación Hidrográfica.



Figura 51. Salida del colector de pluviales y vertido al Palmaret Alt.
Fuente: Autor.

ZONIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

Barrio Badía

El barrio de Badía es un barrio alto respecto al núcleo urbano de Moncada, situado al oeste de dicho núcleo. En el barrio de Badía se ha podido comprobar cuál es la vertiente de las escorrentías superficiales, mediante la observación in situ de las pendientes que componen las distintas calles.



Figura 52. Croquis de las direcciones y sentidos de los flujos de agua superficial.
Fuente: Elaboración propia.

Como se indica en el anterior croquis (figura 52), la calle Carraixet es la que hace de divisoria de aguas (representado mediante una línea discontinua roja). Esta divisoria nos muestra como la zona oeste de los Juzgados y el polideportivo de Badía Pedrereta quedan fuera de la zona de problemática del estudio, ya que escurren hacia Massarrochos y no hacia la calle Badía. También queda reflejado en este croquis las direcciones y los sentidos de flujo del agua superficial mediante flechas azules y las rasantes mediante triángulos rojos.

Las calles que componen esta barriada disponen de pocos sumideros, encontramos solo tres en los extremos de estas (figuras 54 y 55), los cuales no son suficientes como para evacuar toda el agua de escorrentía a los colectores de los que dispone la ciudad. Estas calles están en pendiente hacia la calle Badía básicamente y representan una escorrentía importante. En toda la zona apenas hay sumideros para recoger el agua de escorrentía. Solo hay rejas en el cruce de las calles Valencia, Jorge Juan, Cervantes con Liria. Con lluvias pequeñas las escorrentías van al alcantarillado unitario, y si son abundantes colapsan los colectores de las calles Badía y de la Hispanidad.

Se ha apreciado también el uso de árboles con maceteros (figura 53) cuya tierra está a ras de suelo, lo que provoca en tiempos de lluvia el fácil arrastre de esta calle abajo.



*Figura 53. Macetero de la calle de Sta. Bárbara.
Fuente: Google Earth.*



*Figura 54. Sumideros de la calle Valencia.
Fuente: Autor.*



*Figura 55. Sumideros de la calle Valencia.
Fuente: Autor.*

Toda esta agua llega hasta la calle Badía donde se localizan puntos con problemas de encharcamiento, como son la rotonda norte donde confluyen las calles Xátiva y Lluís Vives (figura 56) y la calle Enrique Soriano (figura 57).



*Figura 56. Ronda norte donde confluyen las calles Badía y Lluís Vives.
Fuente: Google Earth.*



*Figura 57. Calle Enrique Soriano.
Fuente: Google Earth.*

La rotonda norte en la que confluyen la calle Xàtiva y la calle Lluís Vives (figura 58) está situada al norte de la calle Badía y recibe la escorrentía de varias zonas. Además del barrio de Badía por la calle de Xàtiva, también recibe gran cantidad de agua de la calle de Sant Vicent Ferrer, la cual proviene del barrio de Masías por la avenida de Mossen Don Comboni.

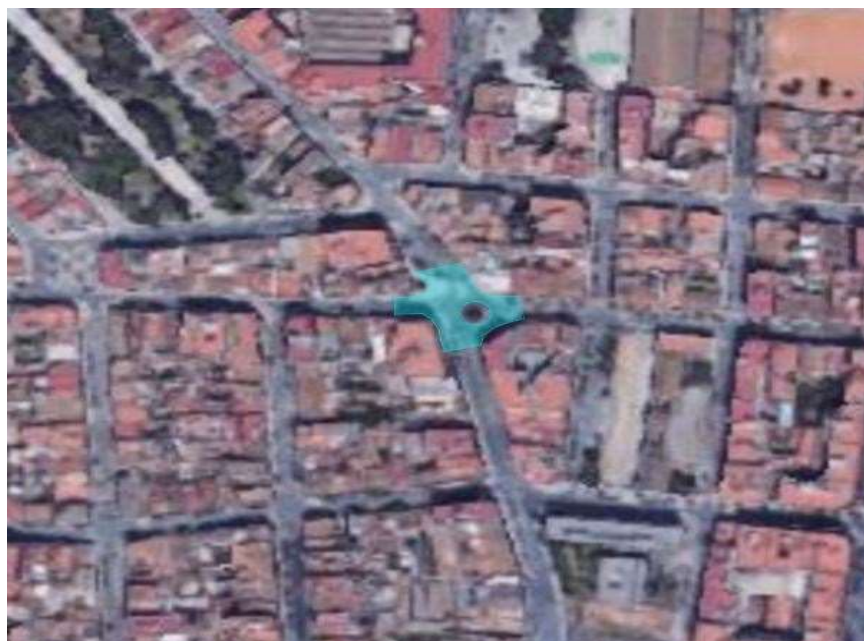


Figura 58. Zona de encharcamiento en la confluencia de calles Badía y Lluís Vives.
Fuente: Elaboración propia.

Zona Sur. Calle Enrique Soriano, Isabel la Católica, Regne de Valencia (figura 59)

Por otro lado, la calle Enrique Soriano está situada al sur de la calle Badía y hace de linde sur entre el casco urbano y la huerta. Al ser una zona baja recoge bastante agua y se producen problemas de encharcamiento en calzada y garajes. Los encharcamientos de esta calle se prolongan hasta las calles de Isabel la Católica y de Regne de Valencia.



Figura 59. Zona de encharcamiento Enrique Soriano, Isabel la Católica y Regne de Valencia.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 60. Intersección calles Major e Isabel la Católica.
Fuente: Autor.

Zona Centro. Mercat Vell, calle les Barreres, 2 de Maig, San Roc

En pleno centro del casco urbano también encontramos problemas de encharcamientos, sobre todo por los alrededores del Mercat Vell (figura 62). Desde la calle de les Barreres hasta la calle 2 de Maig y entre la calle Sant Roc (figura 66) y la calle Major. Cabe destacar el importante encharcamiento de la calle Sant Roc, principalmente el tramo desde la calle de les Barreres hasta la calle de Pintor Sorolla (figura 65).



Figura 61. Zona de encharcamiento mercat Vell, les Barreres, 2 de Maig, Sant Roc.
Fuente: Elaboración propia.

En la anterior imagen (figura 61) se puede apreciar las calles con problemas de encharcamiento de color azul claro y las de severos problemas de encharcamiento de color azul oscuro.



*Figura 62. Mercat Vell y alrededores.
Fuente: Autor.*



*Figura 63. Plaza del Mercat Vell y calle Aldemesí.
Fuente: Autor..*



*Figura 64. Calle Pintor Sorolla y cruce con la calle Secretari Molins.
Fuente: Autor.*



*Figura 65. Calle San Roc, entre las calles Barreres y Pintor Sorolla.
Fuente: Autor.*



*Figura 66. Calle San Roc.
Fuente: Autor.*



*Figura 67. Avenida de las Germanies y el cruce con la calle Barreres.
Fuente: Autor.*

Al oeste del Mercat Vell, nos encontramos con la calle Lluís Vives, situada entre la plaza Creu de Quintana y la rotonda norte de confluencias entre las calles Badía y Lluís Vives, pero es en el tramo que llega hasta la avenida de Fernando el Católico donde tiene importantes encharcamientos.



Figura 68. Zona de encharcamiento Lluís Vives.
Fuente: Elaboración propia.

Zona Norte. Calles Cementerio, Quart, Barcelona (figura 69)

Por último, señalar la zona norte, de donde proviene gran parte de la escorrentía desde los barrios de Masías y del Pilar. Esta zona se compone de: la calle del Cementerio, donde encontramos encharcamientos en las zonas bajas de las rotondas (figura 70), la calle Barcelona y sus alrededores (figuras 71 y 72), así como la calle Quart (figura 71) y sus paralelas hacia el este.



Figura 69. Zona de encharcamiento Cementerio, Quart, Barcelona.
Fuente: Elaboración propia.



*Figura 70. Rotonda de la calle Cementerio.
Fuente: Autor.*



*Figura 71. Calle Quart y cruce con la calle Barcelona.
Fuente: Autor.*



*Figura 72. Calle San Miguel, paralela a la calle Barcelona.
Fuente: Autor.*

Gran parte de esta escorrentía que proviene de los barrios de Masías y del Pilar, se consigue desviarla hacia el barranco del Carraixet por medio de un colector situado al final de la calle 130 (figura 73). Aun así, este colector no es suficiente en los días de fuertes precipitaciones, por lo que esta calle se convierte en una de las entradas de escorrentía superficial más abundante de todo el casco urbano de Moncada.



*Figura 73. Sumidero de gran captación en la calle 130 conectado al colector de "la Defensa".
Fuente: Google Earth*

6. Tipos de SUDS a emplear

De acuerdo con las circunstancias que se han observado en el municipio se ha elaborado una propuesta con diferentes tipos de SUDS que se aplicaran en cada uno de los casos. De los diversos SUDS que se presentaron en la introducción de este trabajo, hemos considerado que los que se adecuan a las circunstancias, problemática, y necesidades de la población de Moncada son los siguiente:

- Pavimentos drenantes
- Tanques de tormenta naturalizados
- Sistemas de biorretención
- Tejados verdes

Además, las diferentes soluciones que se proponen se han sectorizado por zonas, ya que para atajar los problemas de cada zona del municipio, hemos considerado que las soluciones deben de ser distintas. Al mismo tiempo se han propuesto soluciones cuya implantación puede acometerse de modo escalonado dependiendo de los resultados que vayan ofreciendo. Así el objetivo es acometer menores inversiones y ver en qué medida se solucionan los problemas, para proponer inversiones superiores si las primeras no han funcionado. Por otra parte, las soluciones que se han tomado se han pensado considerando la actuación de todas ellas en conjunto en el municipio.

PAVIMENTOS DRENANTES:

Uno de los principales SUDS a tener en cuenta en este estudio, son los pavimentos drenantes. Es un sistema de drenaje que drenan eficientemente los encharcamientos y mitigan la escorrentía directa en todo tipo de calzadas, tanto en urbanas como en carreteras con tránsito ligero.

Estos pavimentos dejan pasar el agua de lluvia, a través de ellos, para que se percole por el terreno y sea almacenada temporalmente, disminuyendo la cantidad de escorrentía que de otra forma se quedaría en la superficie (figura74).

El agua almacenada puede ser transportada a otro lugar por alcantarillado de pluviales o tanques de contención; o también puede ser infiltrada, si el terreno lo permite. También cabe destacar que las distintas capas permeables de las que dispone retienen partículas de diversos tamaños, como aceites y grasas.

Sin embargo, estos pavimentos permeables se emplean en zonas con baja intensidad de tráfico, calles residenciales y aparcamiento, no estando recomendados para zonas industriales y gasolineras, ya que son zonas donde se acumulan mucha cantidad de metales pesados.

Las ventajas de este pavimento son:

- Reducen los picos de caudal, disminuyendo así el riesgo de inundación aguas abajo.
- Reducen los efectos de la contaminación en el agua de escorrentía.
- Abaratan los costes al no necesitar excavaciones profundas para la colocación de sistemas de drenaje convencionales.
- Reducen la presencia de imbornales y colectores.
- Eliminan el encharcamiento superficial.
- Resisten la falta de mantenimiento.

Estudio sobre la utilización de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en el Municipio de Moncada (Valencia)

- Tienen una gran aceptación social.

Las desventajas son:

- El arrastre superficial de grandes cargas de sedimentos.
- Falta de mantenimiento existiría el riesgo de crecimiento de malas hierbas y de obstrucciones.

Otro punto a tener en cuenta al emplear este tipo de SUDS es la mitigación del *efecto isla calor*. Dicho efecto es una situación urbana de acumulación de calor por la gran cantidad de hormigón y demás materiales absorbentes de calor, en una situación atmosférica de anticiclón térmico.

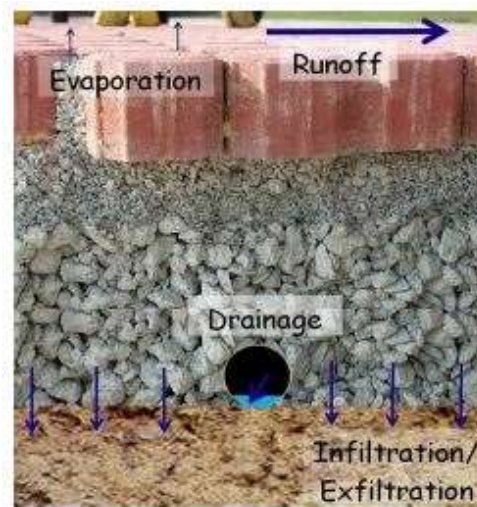


Figura 74. Sección de pavimento permeable de unidades modulares.
Fuente: Fuentes Roldán (2015).

Como se aprecia en la siguiente imagen (figura 75) la temperatura disminuye a las afueras de la urbe y en la intersección que conforma el río que lo atraviesa.

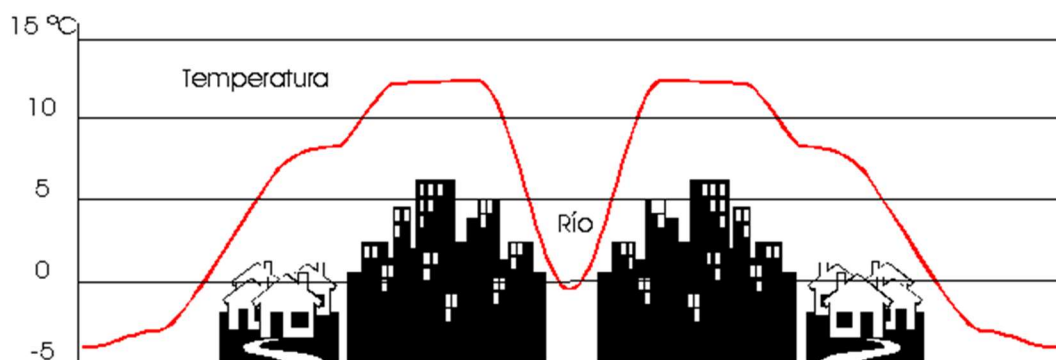


Figura 75. Efecto Isla de Calor.
Fuente: www.wikipedia.org.

Hay muchos tipos de pavimentos drenantes. Los que se pretenden emplear para este estudio son: pavimentos continuos de asfalto poroso, césped reforzado con hormigón y unidades modulares.

- **Los pavimentos de asfalto poroso** son empleados generalmente para calzadas urbanas o de poco tránsito, así como parkings y zonas de aparcamiento en las calles. Estos pavimentos permiten que el agua drene a través de la misma superficie y se infiltre en el terreno (figura 76). Según Lafarge su hormigón drenante Hydromedia TM tiene una tasa de permeabilidad media de 600 litros/min/m². Sus características principales vienen recogidas en la tabla 4.

Mitigación del efecto isla de calor	Baja
Coste inicial	10% superior al convencional
Mantenimiento	Limpieza por aspiración
Durabilidad	De 10 a 30 años

Tabla 4. Características de asfaltos porosos.
Fuente: www.sudsostenible.com.



Figura 76. Ensayo de permeabilidad de un pavimento permeable asfáltico.
Fuente: Productora y comercializadora de cemento y concreto Argos.

- **El césped reforzado de hormigón** (figuras 77 y 78) es un sistema en el que se combina el desarrollo de la raíz de la hierba y la protección de la estructura de hormigón. Este sistema favorece enormemente a la reducción del efecto isla de calor al reducir el uso de hormigón. Sus características principales vienen recogidas en la tabla 5.

Mitigación del efecto isla de calor	Alta
Coste inicial	Alto
Mantenimiento	Riego
Durabilidad	De 20 a 40 años

Tabla 5. Características de césped reforzado de hormigón.
Fuente: www.sudsostenible.com.



Figura 77. Pavimento permeable de césped reforzado.
Fuente: Industria Escofet 1886.



Figura 78. Pavimento permeable de césped reforzado en Salinas, Asturias.
Fuente: J.F.C. periódico El Comercio.

- **Las unidades modulares son** bloques impermeables de juntas permeables (figura 79), estos bloques pueden ser de hormigón prefabricado, de piedra natural o de ladrillo que permiten la percolación del agua a su alrededor. Son idóneas para calles peatonales o calzadas de bajo tránsito (figura80). Sus características principales vienen recogidas en la tabla 6.

Mitigación del efecto isla de calor	Baja a moderada dependiendo del color
Coste inicial	Alto
Mantenimiento	Limpieza por aspiración
Durabilidad	De 10 a 50 años

Tabla 6. Características de bloques impermeables de juntas permeables.
Fuente: www.sudsostenible.com.



Figura 79. Pavimento de unidades modulares de piedra natural con juntas permeables.
Fuente: www.sudsostenible.com.



Figura 80. Acabado de pavimento permeable de unidades modulares.
Fuente: Interpave.

TANQUES DE TORMENTA NATURALIZADOS:

Otro SUDS de gran importancia para la elaboración de este estudio es el tanque de tormenta naturalizado (también conocido como humedal artificial). Este sistema se centrará en el tratamiento de las primeras aguas contaminadas de lluvia.

Estos humedales artificiales deben diseñarse siempre con un sistema de pretratamiento adecuado en el sentido de la corriente (o con cargas de sedimento separadas) in situ, como es el **tratamiento de lagunaje** (figura 81). Esto evita que las características de agua abierta se vuelvan desiguales y olorosas y reduce el riesgo de acumulación rápida de sedimentos, que generalmente es costosa y difícil de extraer y eliminar. Los humedales artificiales desempeñan una valiosa función en la eliminación de sedimentos finos residuales y en el pulido final de la escorrentía de aguas superficiales antes de la descarga.

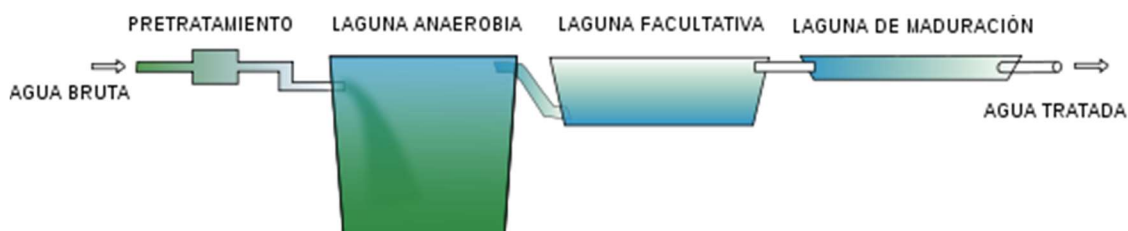


Figura 81. Esquema de tratamiento por lagunaje.
Fuente: Wikipedia.org.

El tratamiento por humedal artificial se basa en la reproducción artificial de las condiciones propias de las zonas húmedas naturales. Dentro de los humedales artificiales pueden existir dos tipos de humedal: los de flujo superficial (figura 83) en los que las aguas de poco espesor circulan entre los tallos de las plantas emergentes implantadas en el humedal, y los de flujo subsuperficial (figura 82) donde las aguas fluyen a través de un sustrato filtrante, que sirve de soporte a la vegetación, no siendo visible el agua.



Figura 83. Humedal artificial de flujo superficial.
Fuente: Miguel Martín Monerris, UPV.

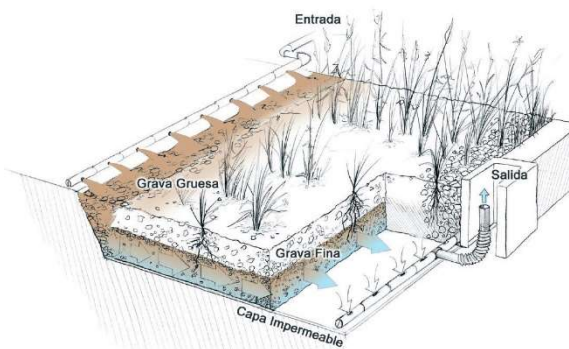


Figura 82. Esquema de humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal.
Fuente: Instituto tecnológico de Canarias, ITC.

Los humedales naturales disponen de vegetación emergida y sumergida que ayuda a mejorar los procesos de tratamiento y tiene beneficios para la biodiversidad. Por ello también se tendrá en cuenta la elaboración de un control periódico de especies durante su funcionamiento.

SISTEMAS DE BIORRETENCIÓN:

Este tipo de SUDS se emplea como depresiones ajardinadas poco profundas que pueden reducir las tasas de escurrimiento y los volúmenes, y tratar la contaminación mediante el uso del suelo y vegetación manipulados, filtrando a través de estos la escorrentía recogida. Son particularmente eficaces en la intercepción de contaminantes, además de proporcionar:

- Atractivas características de paisaje mediante su auto-riego y abono.
- Hábitat y biodiversidad.
- Refrigeración del microclima local debido a la evapotranspiración.

Por lo general, y como se ha explicado en el primer punto *Definición de SUDS*, se utilizan para la gestión y el tratamiento de la escorrentía de frecuentes eventos de lluvia.

Para eventos mayores al sistema, se requerirá la consideración del impacto de velocidades en el diseño del sistema. Aunque para eventos extremos es más apropiado pasar la escorrentía directamente a componentes de drenaje más abajo, a través de un desbordamiento o bypass.

Parte del volumen de escorrentía será eliminado por la evapotranspiración de las plantas.

El principal beneficio hidráulico al utilizar este tipo de SUDS es la intercepción que proporciona. Sin embargo, el almacenamiento de escorrentía y por tanto la atenuación superficial son de gran importancia para ayudar a manejar las tasas de escorrentía en las distintas capas de drenaje.

Los sistemas de biorretención a emplear en este trabajo son los siguientes:

- **Jardín de lluvia:** es un área depresional (entre 15 y 22 cm según el Departamento de Agricultura de Iowa) con una vegetación nativa y perenne localizada estratégicamente para capturar la escorrentía de superficies impermeables y absorber el agua de lluvia.

Es un ejemplo de desarrollo de bajo impacto para aguas pluviales cuyo objetivo es la retención e infiltración del agua de lluvia en el lugar. Quedan representados en las siguientes imágenes (figuras 84 y 85).



Figura 84. Jardín de lluvia conectado por una entrada de gravas.
Fuente: IDALS-DSC.



Figura 85. Jardín de lluvia maduro en el área de Okoboji, Iowa.
Fuente: IDALS-DSC.

- **Pozo de árbol:** es un sistema en el que se emplean árboles y arbustos y presentan una serie de funciones:

- Interceptar la precipitación y permitir la evaporación del agua que queda en las hojas.
- Disipar la energía de la lluvia-escorrentía.
- Facilitar la infiltración y la recarga de aguas subterráneas por medio de su sistema extensivo de raíces.

Otra de sus modalidades es el denominado **sumidero de tipo alcorque inundable** (figura 86). Es un elemento que actúa como zona de biorretención. Es empleado como un sistema de apoyo al sistema de captación de agua de lluvia, en calzadas urbanas, a través de una reja que rodea al árbol.

Está formado por un alcorque que se inunda con el agua de lluvia y que será filtrada a través de un sistema de capas granulares. El agua filtrada se puede almacenar en parte y emplear para usos de agua no potable, como riego, o también se puede evacuar por medio de tuberías perforadas colocada en el lecho del alcorque, debajo de todas sus capas.



Figura 86. Sumidero tipo alcorque inundable.
Fuente: www.conteches.com.

- **Biorretención tipo “swales” (o “Bioswales”):** sistema de biorretención (muy parecido a los canales de drenaje de los que se han mencionado en el apartado de *Definición de SUDS*) en el que está compuesto de un curso de drenaje con lados suavemente inclinados y rellenos de vegetación, compost y escollera. Es un elemento que se basa en su longitud, es bastante largo y por lo tanto se maximiza el tiempo en el que el agua permanece en el sistema y quedan atrapados contaminantes y sedimentos.

Dependiendo de la geometría de la zona un bioswale puede tener una alineación sinuosa o prácticamente recta. El agua tratada por el bioswale es liberada a la cuenca hidrográfica o alcantarillado de pluviales.

TEJADOS VERDES:

Los tejados verdes son áreas de vegetación instaladas en la parte superior de las viviendas, Este tipo de SUDS se emplea, además del beneficio visual, por el valor ecológico que añade a la estructura y la reducción de las escorrentías superficiales. Hay de 2 tipos:

- **Sistemas extensivos:** tienen poca profundidad de sustrato (por lo tanto, pocas cargas en la estructura del edificio), son de plantación sencilla y bajos requerimientos de mantenimiento. Tienden a no ser accesibles (figura 87).



*Figura 87. Ejemplo de cubierta vegetada de sistema extensivo.
Fuente: blog cubiertasverdes1, por Camilo Pardo.*

- **Sistemas intensivos:** tienen sustratos con mayor profundidad (por lo tanto, mayores cargas en la estructura del edificio), y pueden soportar una amplia variedad de siembra, pero tienden a requerir un mantenimiento más intensivo. Tienden a ser accesibles (figura 88).



*Figura 88. Ejemplo de cubierta vegetada de un sistema intensivo.
Fuente: www.zinco-greenroof.com.*

Como los tejados convencionales, los tejados verdes tienen como consideración clave de diseño la capacidad estructural del techo para hacer frente a las cargas extra y la impermeabilización necesaria para proteger el edificio.

A pesar de que los tejados verdes son más costosos que los tejados convencionales de cara a su construcción y mantenimiento pueden proporcionar muchos beneficios a largo plazo.

La vegetación de cubierta debe ser compatible y diseñado para proteger los materiales de impermeabilización del techo subyacente. La impermeabilización del tejado se puede extender a la protección de daño mecánico, de la radiación ultravioleta y del almacenamiento de temperaturas extremas.

Las capas que componen estos tejados son las siguientes por orden ascendente (figura 89):

- Soporte estructural
- Aislamiento térmico
- Membrana de protección (geotextil)
- Sistema impermeabilizante anti-raíz
- Drenaje-reserva hídrica
- Membrana de filtro (geotextil)
- Medio de cultivo
- Vegetación

Para este estudio se prevé el uso de **tejado verde de sistema extensivo**, ya que es menos costoso por la poca necesidad de mantenimiento, y también la ventaja estructural que tiene como son las pocas cargas en el edificio. Además, que no es necesario el acceso frecuente a los tejados de estos edificios.



Figura 89. Sección de capas que componen un tejado verde.
Fuente: www.hidrosym.cl.

7. Propuestas de Diseño

Para abarcar toda la problemática, explicada anteriormente, y dar unas propuestas de diseño para las soluciones, se ha estructurado un sistema de prioridades el cual dispondrá de tres niveles (figura 90):

- El nivel 1 será de prioridad alta; corresponde a los pavimentos permeables en zonas críticas de inundabilidad y encharcamiento y zona norte del casco urbano, así como el uso de tanques de tormenta naturalizados. Queda reflejado de color rojo.
- El nivel 2 será de prioridad media; corresponde a sistemas de biorretención en algunos parques y grandes maceteros entre calles y pavimentos permeables en zonas de visibles encharcamientos y zona centro del casco urbano. Queda reflejado de color amarillo.
- El nivel 3 será de prioridad baja; corresponde a tejados verdes y algún pavimento permeable en la zona baja del núcleo urbano. Queda reflejado de color verde.

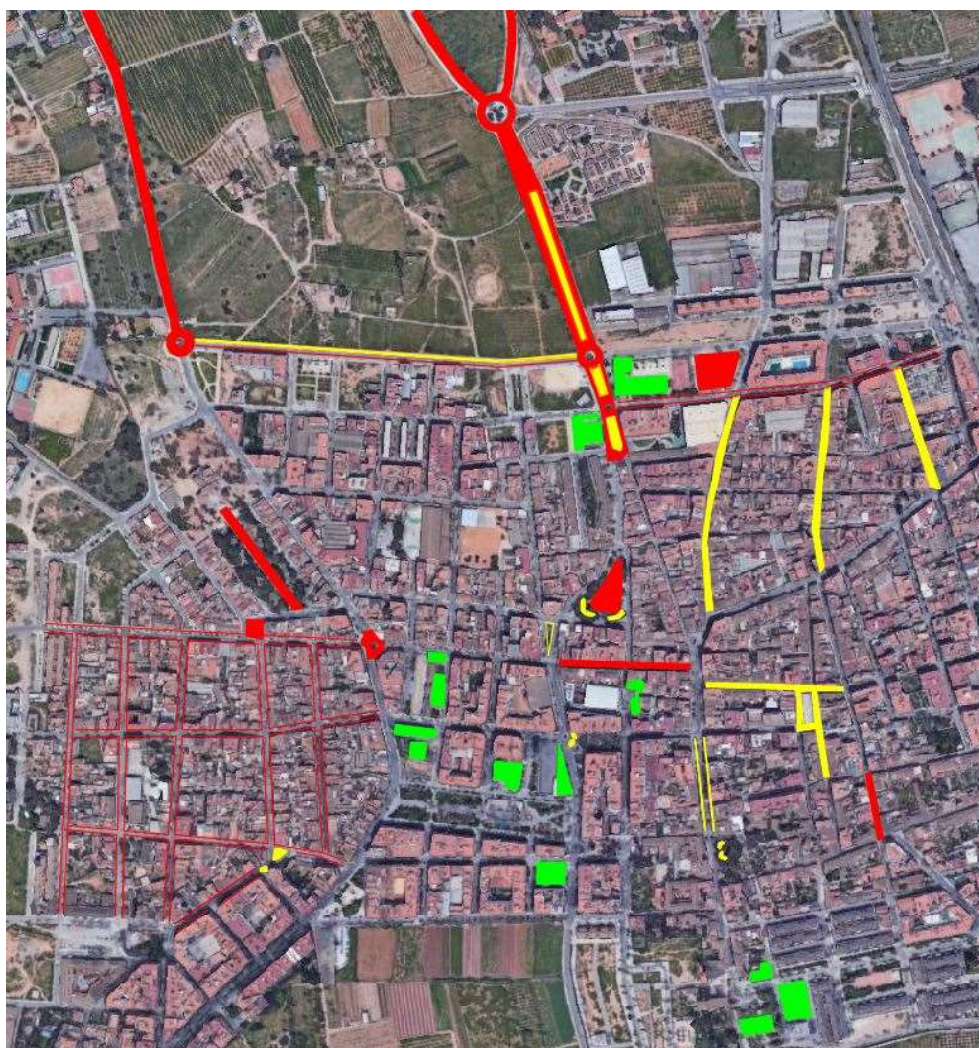


Figura 90. Croquis del núcleo urbano de Moncada donde se muestran los distintos niveles de prioridad para las soluciones propuestas.

Fuente: Elaboración propia.

Con este sistema de niveles lo que se pretende es solventar las situaciones más críticas de escorrentía superficial correspondientes al primer nivel, dar un plazo de tiempo en el que se pueda observar su eficacia a la hora de reducir los picos de caudal y disminución del riesgo de inundación aguas abajo. Y si se comprueba que no es suficiente, ejecutar el segundo nivel siguiendo el mismo procedimiento. Así hasta alcanzar el tercer nivel.

Así pues, las propuestas de diseño, para dar solución a la problemática existente, son las siguientes:

7.1 Sustitución de tanques de tormenta proyectados por tanques de tormenta naturalizados.

Se tiene proyectada la instalación de un tanque de tormenta, para la retención de aguas superficiales, en el colector de la "Defensa" de 2000 mm, donde el agua iría a parar al barranco del Carraixet en el término municipal de Moncada (figura 91). Además también se tiene proyectados otros dos al sur del municipio, al lado de los colectores 2000 mm y 1800 mm que recorren la avenida de Fernando el Católico y la calle Major respectivamente, donde el agua de escorrentía iría a parar al Palmaret Alt (figura 92). Uno de dichos tanques de tormenta naturalizados se ubicarían, según su referencia catastral en polígono 13 parcela 258, propiedad del ayuntamiento (figura 93), el otro no está definida del todo su localización debido a que es zona de campos de huertos privados.



Figura 91. Plano de infraestructuras existentes y propuesta.
Fuente: Oficina técnica del ayuntamiento de Moncada.



Figura 92. Plano de infraestructuras existentes y propuesta.
Fuente: Oficina técnica del ayuntamiento de Moncada.



Figura 93. Emplazamiento del tanque de tormenta naturalizado para el colector 1800mm.
Fuente: Elaboración propia.

Se propone sustituir dichos tanques de tormenta por tanques de tormenta naturalizados, los cuales además de cumplir con los objetivos de atenuación de la escorrentía superficial también cumple con objetivos extra como el tratamiento de dichas aguas para la eliminación de partículas contaminantes.

La propuesta que hacemos de estos tres tanques de tormenta naturalizados (humedales) ya se ha concretado en un proyecto. Se trata del humedal que recogería las aguas del colector de la Defensa. Macián (2016) bajo la dirección del profesor Vicent Benedito realizó el proyecto titulado “*Estudio para la mejora de la red de aguas pluviales del municipio de Moncada (Valencia) y su afección al barranco del Carraixet, mediante el empleo de humedales artificiales como tanques de tormenta*”. En dicho estudio se proyecta el tanque de tormenta naturalizado que da al barranco del Carraixet que se está proponiendo en este trabajo, y de esta misma manera se realizarían los otros dos tanques situados al sur del municipio que dan al Palmaret Alt (figura 94).

Para estos otros dos tanques situados al sur se presenta la propuesta del mismo diseño estructural, el cual para su dimensionamiento sería necesario hacer un cálculo de escorrentías, considerando las medidas tomadas en el resto del municipio y sus efectos, ya que estos tanques están en la parte más baja del municipio. A diferencia del tanque de tormenta naturalizado del Carraixet, los tanques que dan al Palmaret Alt no necesitan tanta superficie de ejecución, ya que su dimensionamiento se basa en el cálculo de las primeras aguas mezcladas con agua residual y, a partir de un determinado volumen, el resto puede rebosar directamente al Palmaret Alt, ya que básicamente sería agua de lluvia. Aun así, si las parcelas señaladas para su construcción no fuesen suficientes, se tendría que expropiar algunas parcelas contiguas.

La situación actual es el pleno uso de estos colectores para evacuar el agua de lluvia directamente a los barrancos, evitando que dicha escorrentía recorra todo el casco urbano y de lugar a problemas de inundaciones, y encauzando las aguas pluviales a los respectivos barrancos.

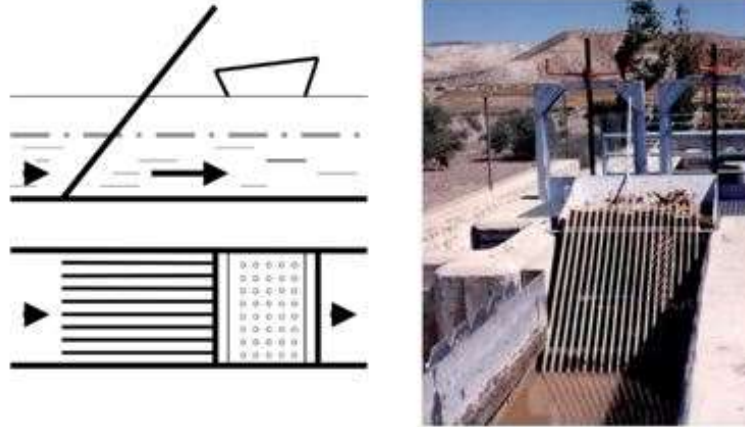


Figura 94. Canalización del Palmaret Alt y salida del colector de pluviales.
Fuente: Autor.

En nuestra propuesta de actuación para la construcción de los tanques de tormenta naturalizados se empleará un sistema convencional como es **el lagunaje** (figura81). Antes de tratar esas aguas contaminadas con dicho sistema pasarán por una etapa de pretratamiento con el objetivo de la eliminación de objetos gruesos y grasas flotantes.

Dicha etapa de pretratamiento consta:

- **Desbaste:** utilizamos rejas con 2-3 cm de separación entre barrotes y limpieza manual.



*Figura 95. Desbaste con reja de limpieza manual.
Fuente: Vicente Javier Macián.*

- **Desarenado estático:** para la eliminación de materias pesadas, evitaremos así que sedimenten en canales y conducciones, además de proteger a las bombas y otros elementos de abrasión.



*Figura 96. Desarenado estático.
Fuente: Vicente Javier Macián.*

- **Desengrasado estático:** como bien dice el nombre, para la eliminación de grasas y flotantes. Hacemos pasar el agua a través de un depósito que obliga a las aguas a salir por la parte inferior del mismo, permitiendo que esos componentes de menor densidad queden retenidos en la superficie.



*Figura 97. Desengrasador estático.
Fuente: Vicente Javier Macián.*

A continuación, se pasaría al sistema del lagunaje donde se realizarán los tratamientos primario, secundario y terciario.

- **Tratamiento Primario:** se eliminaría la materia sedimentable y flotante, dicho tratamiento daría lugar en las lagunas anaerobias.



*Figura 99. Retirada de flotantes en una laguna anaerobia.
Fuente: Vicente Javier Macián.*



*Figura 98. Llenado de una laguna anaerobia.
Fuente: Vicente Javier Macián.*

- **Tratamiento Secundario:** se da lugar en las lagunas facultativas, reduciendo la materia orgánica, mediante mecanismos biológicos, en una forma coloidal, por vía aerobia en la superficie y vía anaerobia en el fondo.

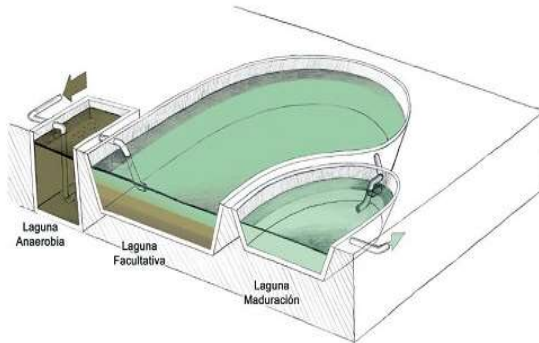


Figura 101. Esquema de un sistema de lagunas.
Fuente: www.tratamientodelagua.com.



Figura 100. Llenado de una laguna facultativa.
Fuente: Vicente Javier Macián.

- **Tratamiento Terciario:** se da lugar en las lagunas de maduración, en condiciones principalmente aerobias. Se mejora la calidad de las aguas eliminando los sólidos en suspensión de materia orgánica remanente, de nutrientes y de patógenos.



Figura 103. Retirada de flotantes en una laguna de maduración.
Fuente: Vicente Javier Macián.



Figura 102. Llenado de una laguna de maduración.
Fuente: Vicente Javier Macián.

Por último, las aguas tratadas pasarían por los humedales artificiales consiguiendo los objetivos de eliminación de contaminantes. Los principales componentes que actúan en estos humedales son el sustrato, la vegetación (macrófitas) y el agua que circula a través de estos dos.

Los humedales artificiales de flujo subsuperficial (HAFSS), al circular el agua por debajo del sustrato, evitan los malos olores y la presencia de mosquitos, pero por lo general se emplean para núcleos de población de menos de 2000 habitantes, por lo que en este caso se emplearan humedales artificiales de flujo superficial (HAFS).

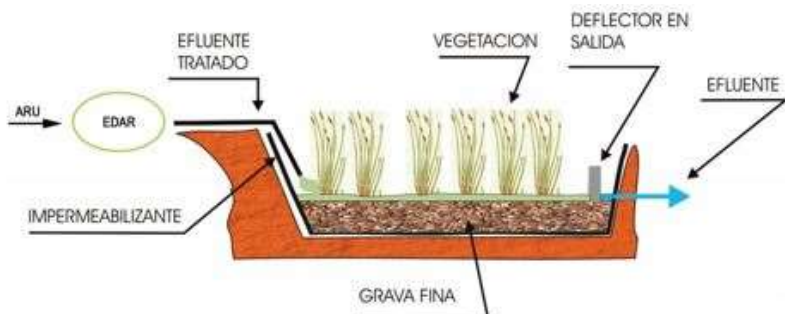


Figura 105. Corte transversal de un humedal artificial de flujo superficial.
Fuente: Vicente Javier Macián.

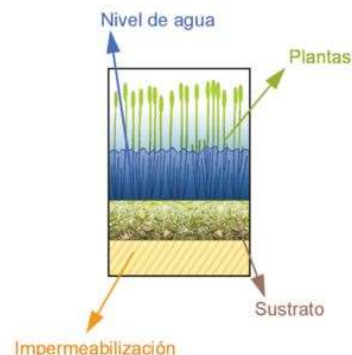


Figura 104. Sección de un humedal artificial de flujo superficial.
Fuente: Vicente Javier Macián.

PROCESO CONSTRUCTIVO

- Confinamiento:

Para nuestros humedales, el fondo debe presentar una pendiente menor del 1% en dirección entrada-salida, mientras que los taludes suelen ser más suaves que 45°. Se recomiendan relaciones longitud/anchura del orden de 5/1.

Es muy importante conseguir un buen confinamiento de los humedales, para evitar la infiltración del agua y la contaminación del subsuelo.

Como el suelo donde se va a ubicar el humedal presenta una baja permeabilidad bastará con proceder a su compactación.

- Evacuación de efluentes depurados:

Para nuestro humedal que desemboca en el Carraixet se puede considerar que es de grandes dimensiones, y para este tipo de humedal se recomienda que la evacuación de efluentes se realice por varios puntos así se evita caminos preferenciales. El nivel del agua lo conseguimos controlar mediante el uso de tuberías abatibles, que suele ser entre 0,2-0,4 m.

Para nuestros humedales que desembocan en el Palmaret Alt, al ser considerados como humedales de pequeñas dimensiones, se suelen colocar chapas deflectoras en las zonas de evacuación de efluentes para minimizar el escape de flotantes.

- Capas de áridos:

No juegan un papel muy importante en los humedales de flujo superficial, ya que el agua fluye entre los tallos de las plantas y en muy poca medida a través del

sustrato. De todas formas, indicar que para el enraizamiento de la vegetación se puede recurrir al empleo de la tierra vegetal, así como arenas o gravillas.

- **Sistema de reparto de aguas a tratar:**

La alimentación del humedal se tiene que hacer lo más uniformemente posible, para evitar caminos preferenciales y que el volumen permanezca activo, y para el buen funcionamiento del humedal. Todo esto lo logramos mediante tuberías perforadas para distribuir el agua a tratar en la zona de entrada al humedal.

- **Plantación:**

Se suelen utilizar como especies vegetales más frecuentes los juncos, las enneas, la masiega, el iris o la juncia, que se plantan mediante rizomas o semillas.

PUESTA EN SERVICIO

Para comprobar la puesta de servicio del humedal antes se tiene que comprobar el correcto funcionamiento de los elementos integrantes, como son: el pretratamiento, el tratamiento primario, el sistema de medida de caudal y las compuertas y válvulas que permiten el by-pass de las aguas. También se debe comprobar la estanqueidad de los recintos contenedores de sustrato filtrante y plantas.

El sustrato filtrante y la biomasa bacteriana desarrollada serán los principales degradadores de los contaminantes, al mismo tiempo que las plantas captarán los nutrientes para su desarrollo.

MANTENIMIENTO Y EXPLOTACIÓN

- Se debe limpiar los sistemas de distribución ubicados en cabecera de los humedales cada cierto tiempo.
- También se debe realizar un control en la aparición de mosquitos, ya que estos se desarrollan en aguas someras, siendo recomendable despoblar de vegetación los márgenes del humedal.
- Para restauración del ecosistema se recomienda el cosechado de la biomasa tan solo cuando presente un crecimiento excesivo, que pueda llegar a impedir el buen funcionamiento.

7.2 Aplicación de pavimentos permeables en distintos puntos del municipio.

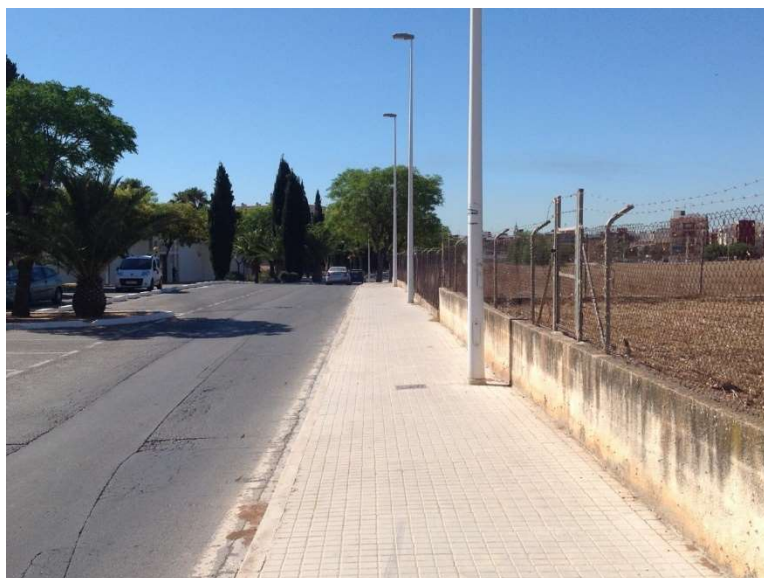
Siendo conscientes de las múltiples problemáticas de encharcamiento y falta de atenuación, debido al agua de lluvia, en distintas zonas del municipio, se propone el uso y empleo de pavimentos permeables de distintos tipos, como son el de asfalto poroso, el de unidades modulares y el de césped reforzado. Esta propuesta de diseño es la más importante, ya que es la que puede solventar, en un primer nivel de prioridad, la problemática de encharcamientos en Moncada.

Esta misma propuesta tiene 3 niveles de prioridad. Los pavimentos permeables de alta prioridad son los localizados en la zona alta del casco urbano, como son las calles:

- **130** (figuras 107 y 109)
- **Pelosa** (figura 106)
- **Mossen Don Camboni** (figura 108)
- **José Miguel Sánchez Ruiz** (figura 111)
- **Barcelona** (figura 110)
- **Avenida Cementerio**

Y lugares críticos de encharcamiento como la calle Lluís Vives y un tramo de la calle Sant Roc, así como el barrio de Badía. Para estas zonas se propone emplear pavimento permeable de asfalto poroso en calzadas y en aparcamiento en línea o en batería, intentando conseguir una retención temporal del agua de lluvia.

Las calles Mossen Don Comboni, 130 y Pelosa son tres calles muy importantes en la problemática de Moncada, ya que el agua que proviene de los barrios de Masías y del Pilar, así como el agua de lluvia caída en dichas calles, se intenta reconducir mediante el colector de la Defensa al barranco del Carraixet. Pero mucha de esta agua no acaba en dicho colector, sino que escurre a través del núcleo urbano y encharca múltiples zonas.



*Figura 106. Calle del Cementerio.
Fuente: Vicente Javier Macián.*

Es por lo que se propone emplear pavimento permeable de asfalto poroso en una banda que ocupe media calzada en toda su longitud. Esta banda estaría situada por el lado derecho de la calzada que es por donde se acumula y discurre la escorrentía superficial,

Estudio sobre la utilización de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en el Municipio de Moncada (Valencia)

con el propósito de retenerla y mitigarla, ya que estas calles actúan hasta día de hoy como riadas en periodos fuertes de lluvia. Si se viera que no da suficiente resultado, pensaríamos en pavimentar con asfalto poroso permeable todo el resto de la calzada.

En las siguientes imágenes se pueden apreciar las distintas calles de las que se hacen mención, pudiéndose observar la falta, incluso la inexistencia, de sumideros.



Figura 108. Calle 130, zona norte.
Fuente: Google Earth.



Figura 107. Calle Pelosa.
Fuente: Google Earth.



Figura 110. Calle 130, zona sur.
Fuente: Google Earth.



Figura 109. Calle Mossen Don Comboni.
Fuente: Google Earth.

Sin embargo, en calles como la calle Barcelona (figura 110) y la calle José Miguel Sánchez Ruiz (figura 111) se ha optado por pavimentar con asfalto poroso únicamente la zona de aparcamiento en línea de las que disponen, debido a que son vías con una anchura mayor (unos 10 m contando con los aparcamientos a ambos lados de la calzada).



Figura 112. Calle José Miguel Sánchez Ruiz.
Fuente: Google Earth.



Figura 111. Calle Barcelona.
Fuente Google Earth.

De la misma manera se propone pavimentos permeables en zona de aparcamiento (no definida) en las calles del barrio de Badía. Estos pavimentos permeables tendrán otro tipo de sección a la del resto de Moncada, ya que el barrio de Badía se halla situado en una zona de rocas kársticas, como se indicó en el apartado de área de estudio, por lo que no hará falta la instalación de tuberías que recojan estas aguas drenadas, sino que se infiltraran en el terreno simulando el ciclo del agua (figura 112).

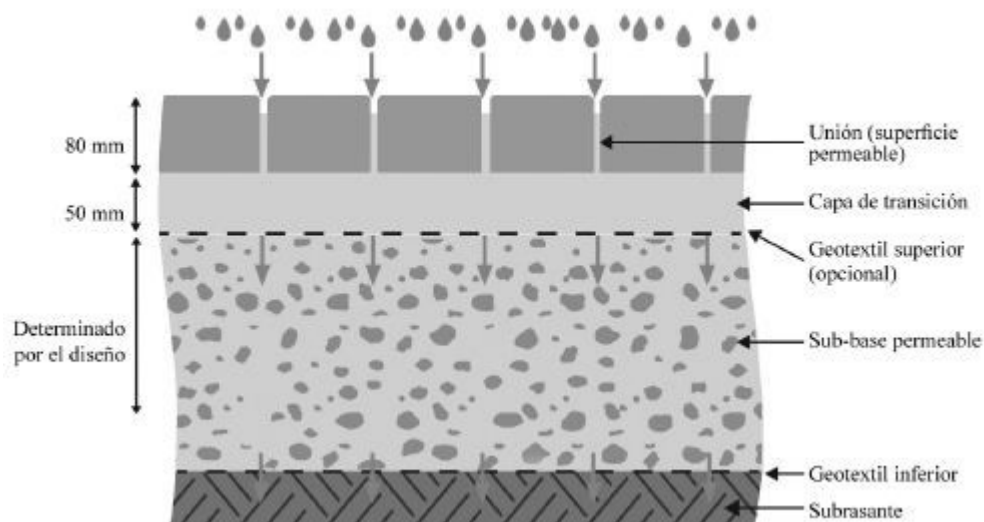


Figura 113. Sección de la estructura de un pavimento permeable donde se produce una percolación.
Fuente: Castro, E.M.L. (2011).

También contar con este tipo de pavimento a lo largo de la avenida calle del Cementerio, en donde encontramos varias rotondas donde se encharca su zona baja (figura 113).



Figura 114. Rotonda de la calle Cementerio donde se produce encharcamientos.
Fuente: Google Earth.

Los pavimentos permeables de prioridad media están distribuidos por el centro de Moncada, como son las calles:

- **Del barrio de Badía**
- **Major** (con pavimento de unidades modulares, figura 127)
- **Mercat Vell y alrededores**
- **Sant Roc**
- **Enrique Soriano**
- **Isabel la Católica**
- **Regne de Valencia**
- **Barreres**
- **2 de Maig**

Su cometido es el de evitar los encharcamientos, drenando toda el agua que llega de la parte alta del municipio. Solventaríamos así la problemática principal de la que sufren los vecinos de Moncada. A diferencia de la zona de Badía, el resto del núcleo urbano está formado por suelos arcillosos, como ya se vio en el apartado de área de estudio, por lo que el agua drenada irá a parar a tuberías perforadas que conectarán con los colectores pluviales (figura 114).

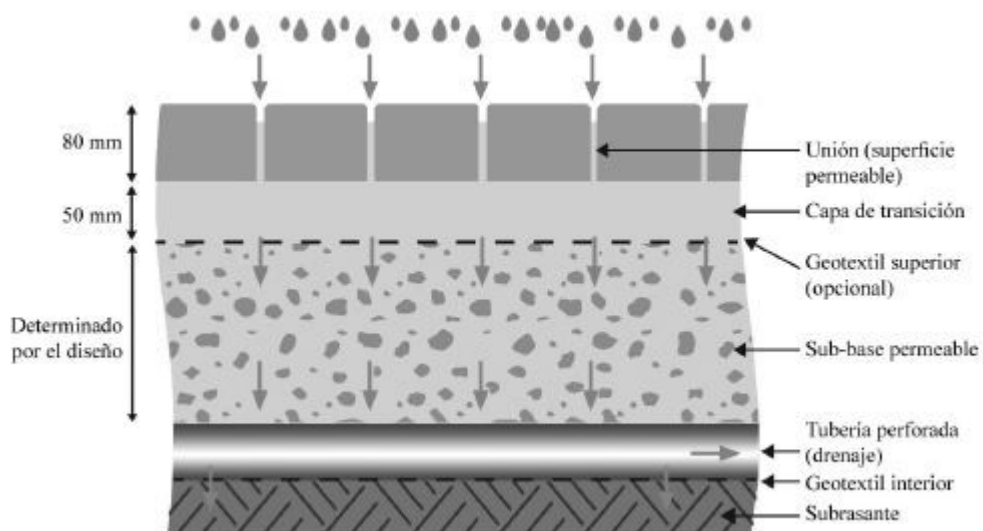


Figura 115. Sección de la estructura de un pavimento permeable con tubería perforada.
Fuente: Castro, E.M.L. (2011).

Por último, y no por ello menos importante, tenemos diversos descampados que hacen de función de parkings públicos. Son extensos terrenos en los que cae gran cantidad de agua de lluvia y esta acaba escurriendo a los sumideros más cercanos, embarrando toda la zona.

Para ellos se ha propuesto utilizar pavimento permeable de césped reforzado por varios motivos:

- Combatir contra el efecto de isla de calor que tienen los núcleos urbanos.
- Captar contaminantes como aceites o metales pesados.
- Evitar el embarrado de la zona en las temporadas de lluvia.
- Crear un entorno urbano más agradable.

Dos de las parcelas urbanas que se destinan en la actualidad a aparcamientos están al sur de Moncada, uno al lado del ayuntamiento (figura 115) y otro en la calle Hispanitat (figura 116). Y el tercero que es más importante por su tamaño y su emplazamiento al

Estudio sobre la utilización de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en el Municipio de Moncada (Valencia)

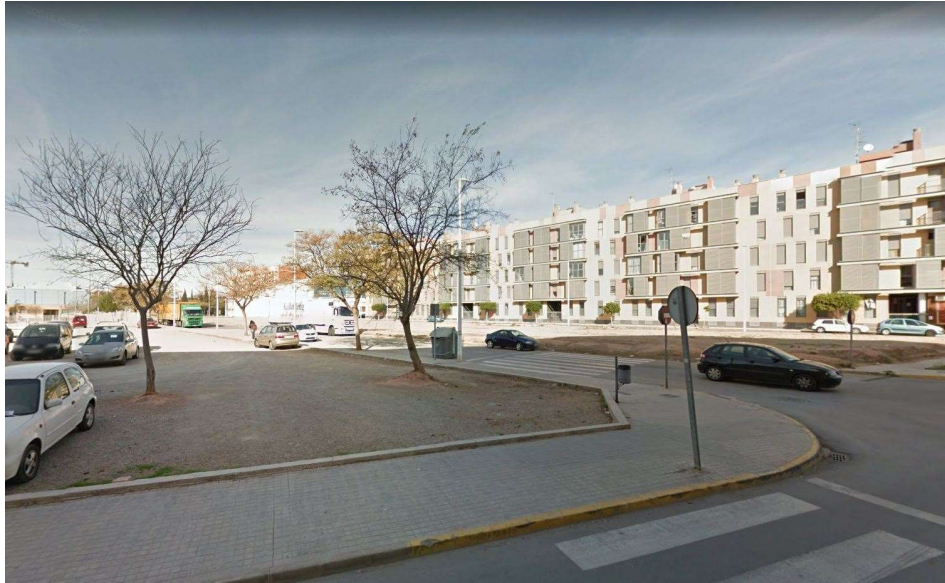
norte de la ciudad, haciendo esquina con la calle Barcelona en la zona norte de Moncada (figura 117). El resultado de esta última parcela quedaría reflejado en la figura 118.



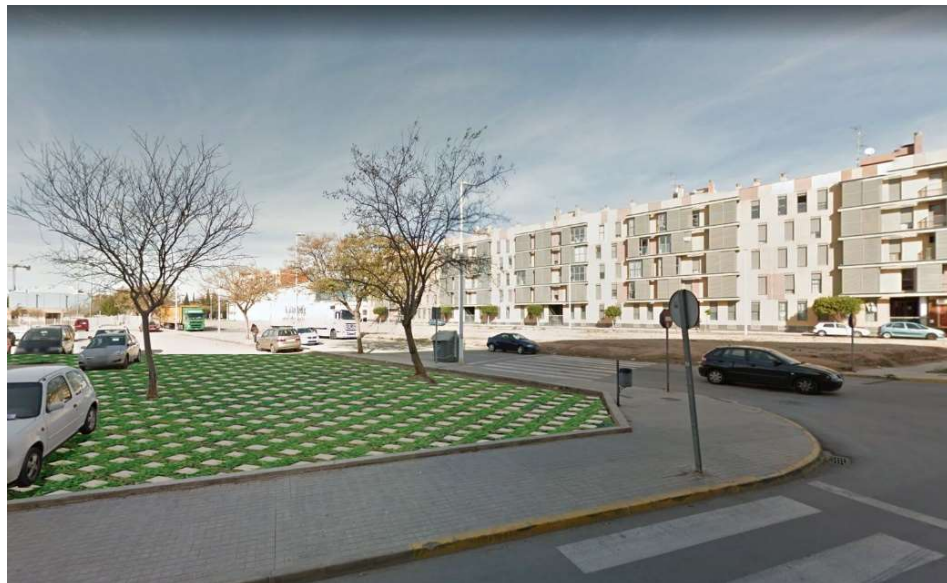
Figura 116. Parcela urbana empleada como aparcamiento situado al lado del Ayuntamiento.
Fuente: Google Earth.



Figura 117. Parcela urbana empleada como aparcamiento haciendo esquina con la calle Hispanitat y la avenida Fernando el Católico.
Fuente: Google Earth.



*Figura 118. Parcela urbana empleada como aparcamiento situado al lado del colegio José María Oltra.
Fuente: Google Earth.*



*Figura 119. Propuesta de diseño de césped reforzado como pavimento permeable.
Fuente: Elaboración propia.*

7.3 Colocación de sistemas de biorretención en distintos puntos del municipio.

Los sistemas de biorretención de diversos tipos se han tomado como solución de prioridad media, dando preferencia a los pavimentos permeables como solución más importante. Estas soluciones de prioridad media, como he comentado antes, dan apoyo y se ejecutan después del empleo y observación de las primeras soluciones o medidas.

Son sistemas que ayudan a retener la escorrentía de lluvia, pero que además ejerce un gran papel descontaminante. Ejemplos tan básicos, como son las siguientes imágenes (figuras 119 y 120), se pueden implementar sin ningún problema algunas de las rotondas del municipio de Moncada.



Figura 120. Ejemplo de rotonda convencional.
Fuente: www.hidrologiasostenible.com.



Figura 121. Ejemplo de rotonda con SUDS.
Fuente: www.hidrologiasostenible.com.

En dichas imágenes se muestra una misma rotonda en la que el terreno ha quedado en depresión y el bordillo alberga unos cuantos huecos por donde pasa la escorrentía de lluvia.

PUNTOS DE EJECUCIÓN

En este trabajo se propone el empleo de sistemas de biorretención del tipo jardín de lluvia en la calle José Miguel Sanchez Ruiz, como segunda opción ante los pavimentos permeables en zonas de aparcamiento, que tiene la calle a ambos lados, como primera opción anteriormente tratada. Estos jardines de lluvia se situarían en el acerado norte a lo largo de toda la calle.

A la hora de implantar estos jardines de lluvia es un buen momento para rehacer el carril bici, trasladándolo un poco más arriba. Con lo que la distribución de la calle quedaría de la siguiente manera reflejada en las figuras 121 y 122:



*Figura 122. Acerado actual en la calle José Miguel Sanchez Ruiz.
Fuente: Google Earth.*



*Figura 123. Propuesta de sistema de biorretención tipo jardín de lluvia.
Fuente: Elaboración propia.*

En la calle del Cementerio propongo varias alternativas de sistemas de biorretención, como segunda opción ante los pavimentos permeables que abarcarían toda la calle incluyendo las dos rotondas.

Alternativa 1: Conversión de los maceteros que dispone el bulevar de la calle del Cementerio en jardines de lluvia. Para ello se necesitaría aumentar la profundidad y anchura de los maceteros y colocar diversos huecos en la pared de estos para que el agua de escorrentía se colase por ellos y regase el sistema de biorretención (figura 124).



*Figura 124. Rotonda de la calle Cementerio con problemas de encharcamiento.
Fuente: Google Earth.*



*Figura 125. Propuesta de diseño de sistemas de bioretención en maceteros del bulevar y accesos de la escorrentía superficial a estos.
Fuente: Elaboración propia.*

Las ventajas de esta alternativa sería el abaratamiento de los costes de ejecución, además de respetar totalmente a los pinos centenarios de los que dispone esa calle en esos mismos maceteros, ya que no es necesario su trasplante.

El único inconveniente de esta alternativa es que captaría solo la parte de escorrentía de lluvia que vertiese hacia los maceteros.

Alternativa 2: Sustitución del bulevar de la calle del Cementerio por un sistema de biorretención del tipo "swale". Es una alternativa más costosa tanto de ejecución, como económica. Sería necesario levantar todo el pavimento, realizar movimientos de tierra mediante una retroexcavadora y colocación de vegetación autóctona y sustrato específico para la correcta captación y permeabilización.

La ventaja de esta alternativa es la mayor capacidad de captación y tratamiento de aguas pluviales. Mientras que su desventaja principal es la del desuso del bulevar como tal y el tener que trasplantar los pinos centenarios necesariamente.

Por otra parte, el barrio de Badía posee muchos árboles, los cuales disponen de maceteros individuales y a ras de suelo y sin ningún sistema de drenaje convencional que los unifique. Es por esto por lo que se propone la conversión de dichos maceteros en sumideros de tipo alcorque con los objetivos de:

- Retener parte de la lluvia de escorrentía conectando con el pavimento drenante de asfalto poroso a ambos lados de la calle
- Evitar el embarrado de la calle al profundizar la tierra en el alcorque.
- Proporcionar al árbol una reserva de agua para su alimentación.

Para implantar este sistema es necesario arrancar los árboles de los maceteros, colocar el sistema de alcorque y volver a plantar los árboles. Este sistema de biorretención no sería suficiente como única solución por lo que es una propuesta de prioridad media y apoya a la propuesta de pavimentos drenantes.

En otro punto en la calle de Liria, del barrio de Badía, nos encontramos con unos maceteros que hacen de bifurcación entre calles. Se propone convertir dichos maceteros en sistemas de biorretención del tipo jardín de lluvia. Para ello se debería deprimir el sustrato del jardín y crear accesos para que pase la escorrentía superficial, como se puede apreciar en las siguientes imágenes (figura 125 y 126):

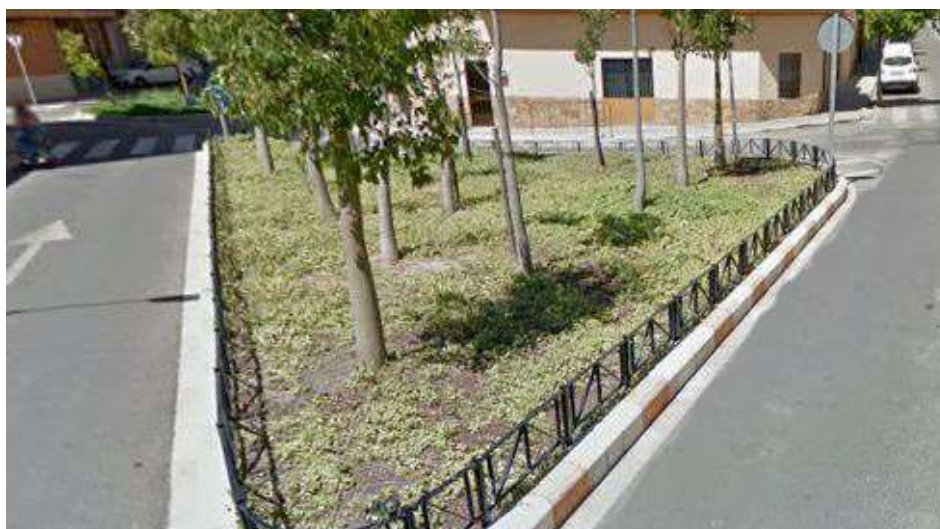


Figura 126. Macetero de bifurcación en calle Liria del barrio de Badía.
Fuente: Google Earth.

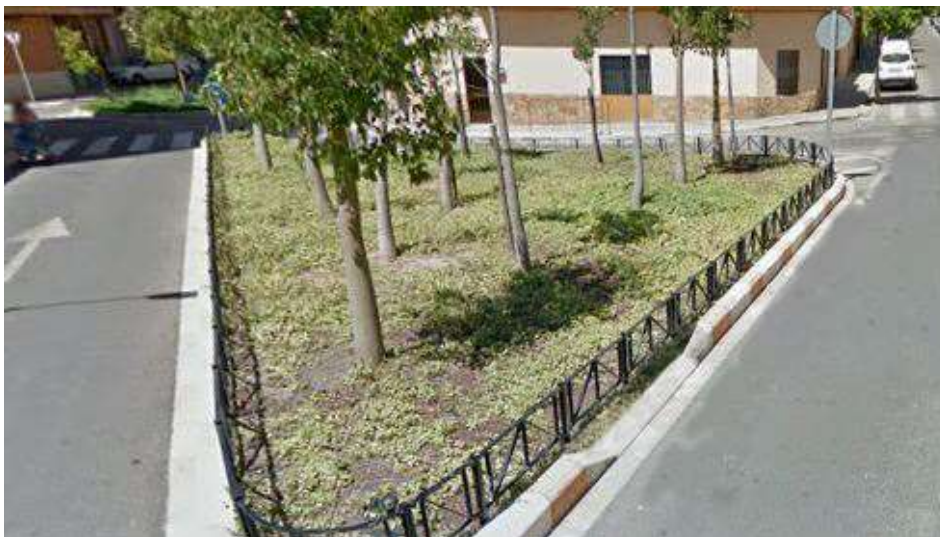


Figura 127. Propuesta de entrada de agua al macetero que hace la función de jardín de lluvia.
Fuente: Elaboración propia.

Otra calle en la que se propone jardines de lluvia en maceteros alargados es en la calle Major, más exactamente entre las calles Ausiàs March y Salvador Giner (figura 127). Dicha calle ya tiene una propuesta de mayor prioridad con pavimento permeable de unidades modulares ya mencionada en el anterior subapartado.

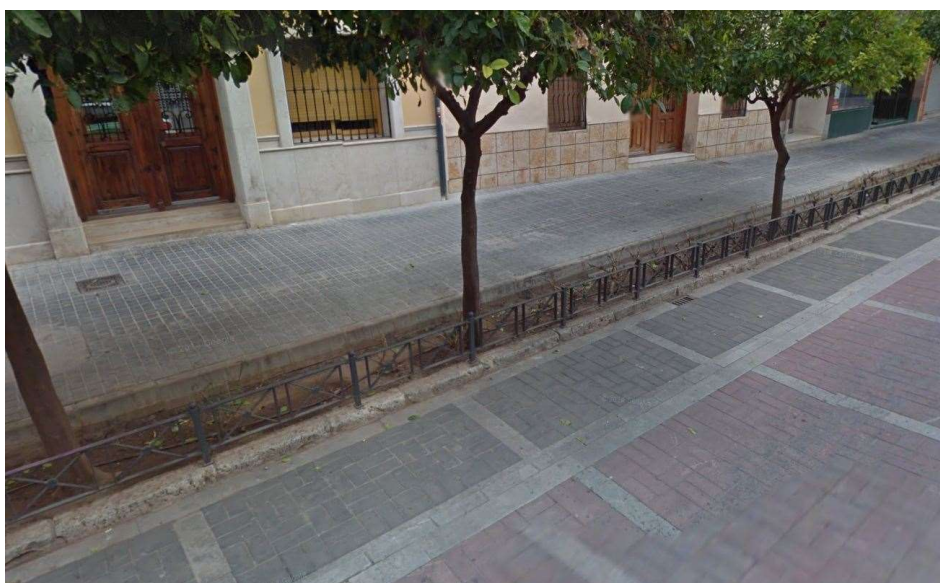
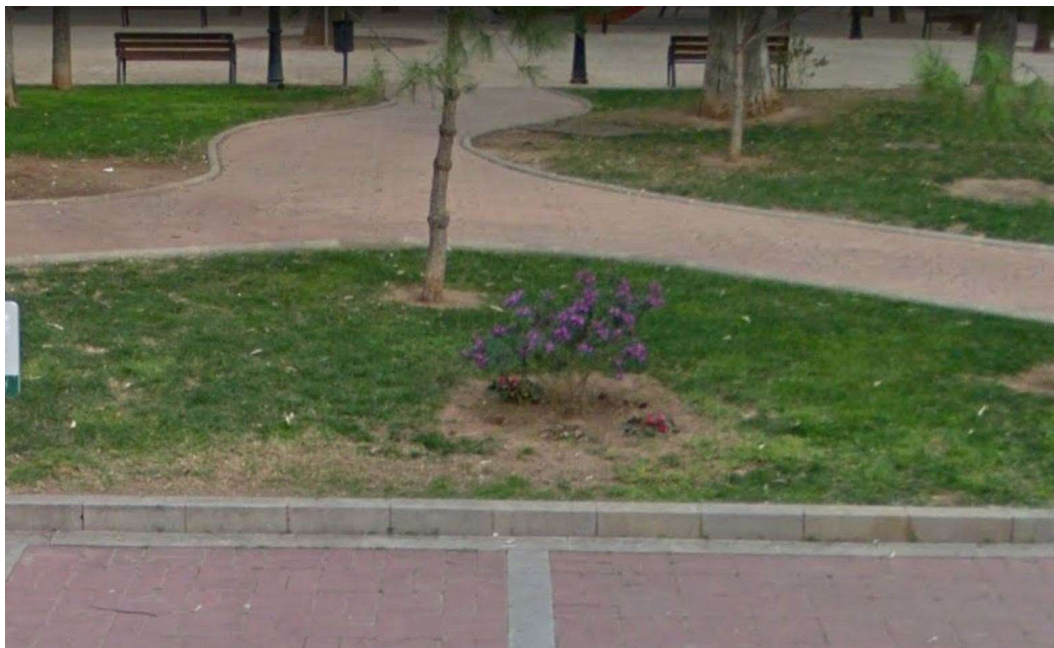


Figura 128. Macetero alargado de la calle Major.
Fuente: Google Earth.

Para ir acabando con este sub-apartado debo señalar diversos parques y jardines, como son:

- Los jardines de la plaza de Sant Jaume, los cuales apoyarían al pavimento permeable de la plaza que se ha propuesto anteriormente como solución principal.
- Los jardines de la avenida de la Mediterrania.
- El parque que hace esquina con las calles Major y Barreres.

En todos ellos se propone emplear jardines de lluvia siguiendo modelos como el de la imagen 4. En las imágenes siguientes (figuras 128 y 129) se muestra un ejemplo de cómo quedaría un sistema de biorretención del tipo jardín de lluvia.



*Figura 129. Vista actual del parque de la calle Major.
Fuente: Google Earth.*



*Figura 130. Propuesta de diseño de sistema de biorretención del tipo jardín de lluvia.
Fuente: Elaboración propia.*

7.4 Empleo de tejados verdes en distintos edificios del municipio.

Los tejados verdes, o cubiertas vegetadas, se emplearán como un sistema más para apoyar la mitigación de escorrentía de agua de lluvia, y para su empleo se ha escogido distintos edificios públicos los cuales deben cumplir las características apropiadas.

A continuación, se nombrarán los edificios para los que se ha propuesto tejados verdes y unas imágenes de antes y de cómo quedaría:

- Colegio Jose María Oltra (figuras 130-133); el cual se haya en la zona norte del núcleo urbano, con lo que aporta mitigación y retención a la escorrentía en dirección aguas abajo del municipio.



Figura 132. Perspectiva del colegio José María Oltra aspecto actual.
Fuente: Google Earth.



Figura 131. Propuesta de diseño de tejado verde para el colegio José María Oltra.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 134. Otra perspectiva del colegio José María Oltra aspecto actual.
Fuente: Google Earth.



Figura 133. Propuesta de diseño de tejado verde para el colegio José María Oltra.
Fuente: Elaboración propia.

- Escuela infantil la Rambleta (figuras 134 y 135); al igual que el colegio público Jose María Oltra, esta escuela infantil también está en la zona norte de Moncada.



*Figura 135. Perspectiva de la escuela infantil La Rambleta aspecto actual.
Fuente: Google Earth.*



*Figura 136. Propuesta de diseño de tejado verde para la escuela infantil La Rambleta.
Fuente: Elaboración propia.*

- Antiguo mercado municipal (figuras 136 y 137); este se halla en pleno centro del casco urbano, en un punto estratégico entre calles encharcadas.



*Figura 137. Perspectiva del antiguo Mercado Municipal aspecto actual.
Fuente: Google Earth*



*Figura 138. Propuesta de diseño de tejado verde para el antiguo Mercado Municipal.
Fuente: Elaboración propia.*

Estudio sobre la utilización de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en el Municipio de Moncada (Valencia)

- Centro de salud (figuras 138 y 139); pegado a la avenida de la Mediterrania, muy cerca del antiguo mercado municipal y por tanto está también en un lugar bastante céntrico.



Figura 140. Perspectiva del Centro de Salud aspecto actual.
Fuente: Google Earth.



Figura 139. Propuesta de diseño de tejado verde para el Centro de Salud.
Fuente: Elaboración propia.

- Cuartel de la Guardia Civil (figuras 140 y 141); está a la misma altura que los dos anteriores edificios, aunque más alejados de ellos, pegado a la calle Badía que recoge toda la escorrentía del barrio Badía. Está dividido entre dos edificios de diferentes alturas, aunque el sistema de diseño es el mismo.



Figura 141. Perspectiva del Cuartel de la Guardia Civil aspecto actual.
Fuente: Google Earth.



Figura 142. Propuesta de diseño de tejado verde para el Cuartel de la Guardia Civil.
Fuente: Elaboración propia.

- Conservatorio (figura 142); situado más arriba del cuartel de la Guardia Civil, también está dividido entre dos edificios casi pegados el uno del otro, uno de ellos de techo inclinado de teja.



Figura 143. Perspectiva del Conservatorio aspecto actual.
Fuente: Google Earth.

- Hogar del jubilado (figura 143); es uno de los edificios públicos más céntricos del núcleo urbano y en una zona con muchos problemas de encharcamiento, por lo que la cubierta de este edificio estuviese vegetada, ayudaría bastante en la mitigación de la escorrentía superficial de la zona. Este edificio está compuesto en dos edificios unidos por una pasarela cubierta. La propuesta sería la de vegetar ambas cubiertas excluyendo en principio la pasarela, la cual tendría que recalcularse contando con el peso del sustrato y las plantas a la hora de su decisión.

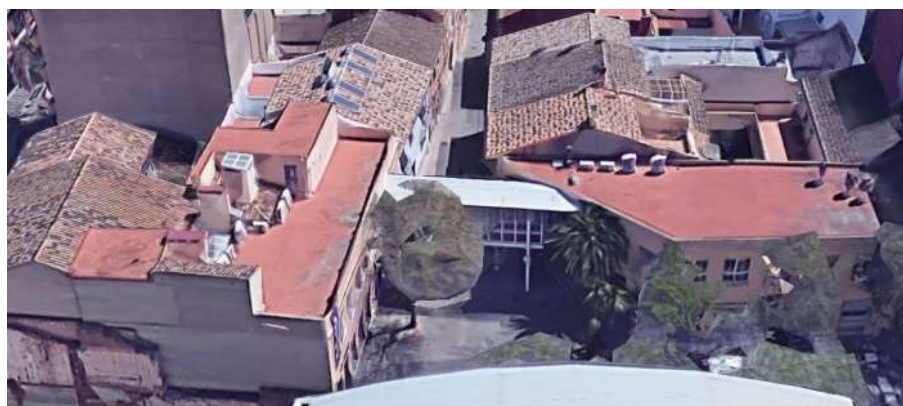


Figura 144. Perspectiva del Hogar del Jubilado aspecto actual.
Fuente: Google Earth.

Estudio sobre la utilización de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en el Municipio de Moncada (Valencia)

- Ayuntamiento; tiene dos edificios uno antiguo (figura 144) y uno nuevo (figura 145) anexo al edificio de la Policía. Ambos edificios, tanto el nuevo como el antiguo, tienen cubiertas inclinadas de tejas. Pero esto no es razón para no actuar, se pueden implementar sistemas novedosos y que ya están en uso.



Figura 145. Perspectiva del Antiguo Ayuntamiento aspecto actual.
Fuente: Google Earth.



Figura 146. Perspectiva del Nuevo Ayuntamiento aspecto actual.
Fuente: Google Earth.

- Otros edificios públicos que se les propondría esta solución son los Juzgados (figura 144) y el Polideportivo (figura 145), situados ambos al oeste de Moncada, pero en este proyecto no se les incluye debido a que las aguas que caen en esa zona vierten al municipio de Massarochos, como ya se explicó anteriormente en el apartado de problemática existente.



Figura 147. Perspectiva de los Juzgados aspecto actual.

Fuente: Google Earth.



Figura 148. Perspectiva del Polideportivo de Badía Predereta aspecto actual.

Fuente: Google Earth.

Para proceder al empleo de tejados verdes en los anteriores edificios citados es necesario conocer la estructura de esos edificios, para ello se deben realizar estudios estructurales que demuestren que dichos edificios cumplan con las cargas de los sustratos, como medio de cultivo, y la vegetación que se emplearán para la construcción de la nueva cubierta, así como las distintas y numerosas capas de impermeabilización tanto térmica como anti raíces.

Pretendemos dar hincapié, con estos diseños, sobre el aislamiento térmico y ahorro energético en edificios públicos, sobretodo en colegios y hospitales.

Según un estudio holandés “Groen boven alles, Energiebesparingsmonitor”: *un techo verde reduce la temperatura con respecto a un techo plano convencional hasta un máximo de 21°, garantizando un aislamiento óptimo tanto en la temporada invernal como en el verano, y una reducción considerable en el uso de los aparatos de climatización.*

Las cubiertas vegetadas ayudan a mejorar el rendimiento térmico de un sistema de cubierta a través del sombreado, la evapotranspiración y la masa térmica. Ofrecen un buen aislamiento acústico, hacen que las viviendas sean más tranquilas y crea entornos más agradables en las zonas urbanas. Por lo que será de mayor prioridad su instalación en edificios próximos a zonas industriales y aeropuertos.



*Figura 149. Tejados verdes en pleno centro de Tokio, Japón.
Fuente: EcoHabitat, 2015.*

Como se ha podido observar también hay algunos edificios con cubiertas inclinadas de teja, los cuales se puede emplear diversos sistemas para convertirlos en tejados verdes.

Algunos de estos diseños de sistemas ya están en uso y otros aún están en fase de proyecto, como se ilustra en las siguientes imágenes (figuras 146 y 147).

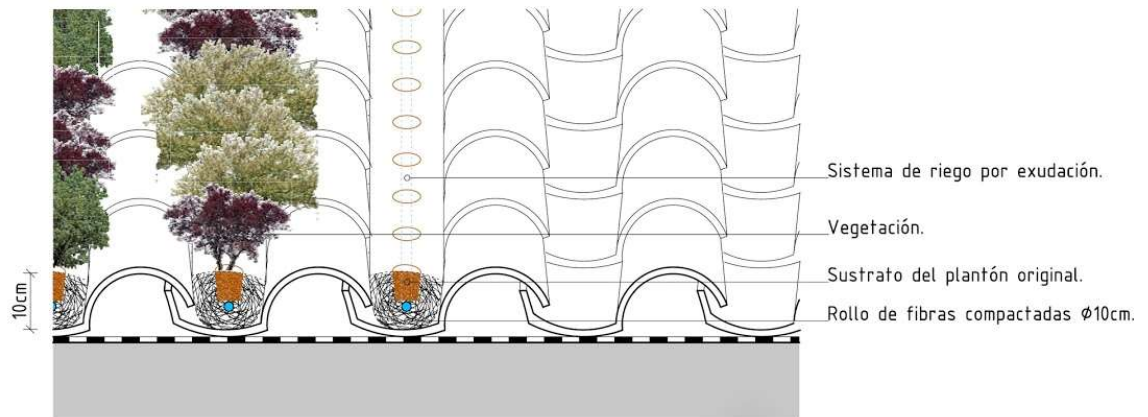


Figura 150. Sistema Viscum para una cubierta inclinada de teja.
Fuente: www.alicanteforestal.es.



Figura 151. Proyecto de Teja V para cubiertas inclinadas de teja.
Fuente: www.labioguia.com.

8. Conclusión

Llegados a este punto tan solo quedaría obtener del mismo un par de conclusiones fundamentales, una a nivel municipal y otra a nivel más general.

La primera conclusión a la que llego es que los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) son cada día más necesarios en nuestras ciudades, siendo Moncada un buen ejemplo de ello. En este estudio que he realizado he podido comprobar que los sistemas convencionales necesitan un apoyo extra para el drenaje y la gestión de las aguas de escorrentía, y ese apoyo es sin lugar a duda el empleo de SUDS.

En cuanto a las propuestas que aparecen en este estudio para el municipio de Moncada, considero que si se llevasen a cabo mejorarían mucho la calidad de vida de los ciudadanos y, sobre todo, y no menos importante, Moncada mejoraría el vertido de contaminantes al medio natural.

La segunda conclusión a la que he llegado es relativa a la accesibilidad y al mal uso de estos sistemas de drenaje sostenible a nivel mundial, y con esto me explico a continuación; Se ha demostrado en este estudio y en muchos otros el fácil acceso y uso de estos sistemas de drenaje sostenible, cualquier país del mundo podría aplicar esta tecnología que es novedosa en nuestro país, pero que lleva muchos años ya en funcionamiento en otros países desarrollados. Una técnica que no requiere de muchos materiales, ni de grandes cálculos de estructuras, como se plantean en los proyectos de las grandes presas. Aunque no hay que olvidar que si se requiere de un cálculo de cantidad de escorrentías a la hora de diseñar estos sistemas urbanos de drenaje sostenible.

Y en cuanto al mal uso me refiero, a que estos sistemas no deben emplearse como únicos sistemas de drenaje, como ya hemos mencionado a lo largo del trabajo, son sistemas que dan un apoyo a los sistemas de drenaje convencionales. Estos sistemas deberían proyectarse en las primeras fases de los procesos de urbanización ya que está probado que tienen buenos rendimientos, y no son más costosos que las técnicas convencionales. Por otra parte, abaratan la depuración de las aguas en depuradoras y aumentan la eficiencia de estas, al mismo tiempo que retienen contaminantes.

Con estas dos conclusiones doy fin a un estudio con el que he pretendido mostrar e ilustrar estos Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible, como una de las soluciones más idóneas para las urbes actuales; apoyando a los sistemas actuales de drenaje convencional, tanto en la captación de escorrentía como en su tratamiento, amenizando el entorno urbano para la vida del ser humano y creando y sosteniendo lugares para el desarrollo de la biodiversidad.

9. Bibliografía

- Woods Ballard, B. et al. (2015). *The SuDS Manual*. London: CIRIA.
- Instituto Valenciano para el Desarrollo Sostenible (2014) *Diagnóstico socioambiental de Moncada. Estudio del medio bio-físico*.
- Aguas de Valencia S.A. (2013). *Plan Director de Saneamiento del Municipio de Moncada (Valencia)*.
- Cárdenas Gutiérrez, E., Albiter Rodríguez, A. y Jaimes Jaramillo, J. (2015). "Pavimentos permeables. Una aproximación convergente en la construcción de vialidades urbanas y en la preservación del recurso agua." En *Ciencia Ergo Sum*, Vol. 24-2, p. 177.
- Planos y memoria sobre el funcionamiento de la red de aguas residuales y pluviales de la ciudad de Moncada (2015). Oficina técnica del Ayuntamiento de Moncada.
- Macián, J. y Benedito, V. (2016). *Estudio para la mejora de la red de aguas pluviales del municipio de Moncada (Valencia) y su afección al barranco del Carraixet, mediante el empleo de humedales artificiales como tanques de tormenta*. Proyecto. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Fuentes Roldán, A. J. (2015). *Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible. Una alternativa de Futuro*. Trabajo Final de Grado. Sevilla: Escuela Técnica Superior de Arquitectura.
- Revista online sobre bioconstrucción. <<http://www.ecohabitar.org/tag/techos-verdes>> [Consulta: 22 de agosto 2017].
- Ana Abellán. *SuD Sostenible*. <<http://sudsostenible.com/eliminacion-de-contaminantes-mediante-suds>> [Consulta: 29 de agosto 2017].
- Hidrología Sostenible. <<http://www.hidrologiasostenible.com>> [Consulta: 23 de agosto 2017].
- Fernández, J. (2014) "Alternativas eficientes al tanque de tormentas: SUDS" en *Tomares natural*, 28 de febrero. <<http://www.tomaresnatural.blogspot.com.es>> [Consulta: 23 de agosto 2017].
- 360° EN CONCRETO – BLOG ARGOS, "Concreto Poroso -360° en concreto" en *Youtube* <<https://www.youtube.com/watch?v=IhDtvJ07j7k>> [Consulta: 23 de agosto 2017].
- Contech Engineered Solutions. <<http://www.conteches.com>> [Consulta: 23 de agosto 2017].

- National Geographic España <http://www.nationalgeographic.com.es/viajes/siete-parques-nacionales-que-no-te-puedes-perder_9602/6> [Consulta: 29 de agosto 2017].
- Ecocosas. Difundiendo conocimientos ecológicos. <<https://ecocosas.com/eg/los-expertos-recomiendan-incluir-sistemas-que-recojan-agua-de-lluvia-en-las-ciudades/>> [Consulta: 29 de agosto 2017].
- Energías Renovables. Revista sobre las Energías Renovables. *Agua pluvial. Recogida*. <<http://www.laenergiarenovable.es/renovables/agua-pluvial-recogida>> [Consulta: 29 de agosto 2017].
- Greenroofs. <http://www.greenroofs.com/content/energy_editor007.htm> [Consulta: 29 de agosto 2017].
- Polypipe. *Polystorm Geocellular System*. <<http://www.polypipe.com/housing/water-management-solutions>> [Consulta: 29 de agosto 2017].
- SuDS Wales. Sustainable drainage systems. *Filter (or French) drains*. <<https://www.sudswales.com/types/permeable-conveyance-systems/filter-or-french-drains>> [Consulta: 29 de agosto 2017].
- Meteoblue. *Rosa de los vientos*. <https://www.meteoblue.com/es/tiempo/archive/windrose/moncada_esp%C3%B1a_2513703> [Consulta: 29 de agosto 2017].
- Industria Escofet 1886. <http://www.escofet.es/pages/productos/ficha_productos.aspx?IdP=288> [Consulta: 29 de agosto 2017].
- Interpave. <<http://www.paving.org.uk/commercial/gallery.php#anchor>> [Consulta: 29 de agosto 2017].
- Hidrosym. Constucción, Mantención y Riego de Áreas Verdes. <www.hidrosym.cl> [Consulta: 29 de agosto 2017].
- ZINCO Green Roof Systems <<http://www.zinco-greenroof.com/green-roof-systems>> [Consulta: 29 de agosto 2017].
- La Bioguia. *Teja V*. <<http://www.labioguia.com/pagina/6397-market-de-aire-para-apoyar-a-teja-vc>> [Consulta: 29 de agosto 2017].