Ajuntament de Barcelona

GUIA TÈCNICA PER AL DISSENY DE SISTEMES DE DRENATGE URBÀ SOSTENIBLE SUDS

Abril 2020

Promotor: Comissió de Sistemes de Drenatge Urbà Sostenible (SUDS)
Medi Ambient i Serveis Urbans. Ecologia Urbana
Ajuntament de Barcelona

Direcció: Eloi Badia Casas. Regidor d'Aigua i Energia
Frederic Ximeno Roca. Gerent Medi Ambient i Serveis Urbans. Ecologia Urbana
Cristina Vila Rutllant, Directora de BCASA
Francesc Jiménez Gusi, Gerent Institut Municipal de Parcs i Jardins

Direcció Tècnica: Comissió de SUDS de l'Ajuntament de Barcelona
Izaskun Martí, Directora de Conservació Espais Verds
Gabino Carballo, Tècnic de Projectes Espais Verds
Jordi Rodríguez, Cap de Territori d'Espais Verds
Jana Miró, Tècnica de Projectes d'Espais Verds
Pere Malgrat, Cap del Departament d'Espai Urbà
Roberto Soto, Tècnic del IMU
Eduard Carrasco, Tècnic de Projectes Urbans
Irma Ventayol, Tècnica de l'Oficina de Sostenibilitat
Xavier Varela, Director de Planificació i Innovació de BCASA
Maria José Chesa, Cap de Servei Ambiental BCASA
Patrícia Lacera, Tècnica Servei Ambiental BCASA

Autoria: Comissió de SUDS de l'Ajuntament de Barcelona

Equip Redactor:
Gabino Carballo, Tècnic de Projectes Espais Verds
Maria José Chesa, Cap de Servei Ambiental BCASA
Agustín Higuero, Cap de Servei de Gestió del Territori i Conservació BCASA
Òscar Esbrí, Cap de Servei de Projectes BCASA
Josep Garriga, Cap de Servei d'Inspecció i Neteja BCASA
Marta Gamas, Tècnic Servei de Gestió del Territori i Conservació BCASA
Àngels Solà, Tècnic Servei Control Gestió BCASA
Daniel de Castro, Tècnic del Servei Ambiental BCASA

ÍNDEX DE CONTINGUT

1. INTRODUCCIÓ. 6
2. EL MARC LEGAL 9
3. OBJECTE DE LA GUIA. 9
4. ÀMBIT D'APLICACIÓ. 9
5. OBJECTIU I CRITERIS GENERALS DE DISSENY DELS SUDS 10
5.1. Aspectes generals a considerar per al disseny dels SUDS. 10
5.1.1. Pluviometria 10
5.1.2. Topografia i superfície a drenar 10
5.1.3. Geologia del terreny 11
5.1.4. Qualitat de l'aigua d'escorrentiu (afluent) i de l'aigua de sortida (efluent). 11
5.2. Altres condicionants per al disseny dels SUDS. 11
5.3. Limitacions a la implantació i connexions als SUDS. 12
6. ESTRATÈGIES DE GESTIÓ SOSTENIBLE DE L'AIGUA DE PLUJA 13
6.1. Detenció 14
6.2. Filtració 14
6.3. Infiltració 14
6.4. Tractament 15
7. TIPOLOGIES DE SUDS APLICABLES A LA CIUTAT DE BARCELONA 17
7.1. Aljubs de retenció (R-ALJ) 17
7.2. Dipòsits de detenció (D-DIP) 18
7.3. Rases drenants (F-RAS) 20
7.4. Franges vegetades (F-FRA) 21
7.5. Cobertes verdes (F-COB) 22
7.6. Paviments permeables (I-PAV) 23
7.7. Parterres inundables (I/D-PAR) 24
7.8. Pous i dipòsits d'infiltració (I-DIP, I-POU) 26
7.9. Escossells d'infiltració (I-ESC) 28
7.10. Cunetes vegetades (T-CUN) 28
7.11. Estanys i aiguamolls (T-EST) 30
7.12. Franges de bioretenció (T-BIO) 31
8. SELECCIÓ DE LA TIPOLOGIA DE SUDS 32
8.1. Avaluació multicriteri preliminar 33
9. ASPECTES A CONSIDERAR EN LA REDACCIÓ DEL PROJECTE D'URBANITZACIÓ 34
9.1. Topografia. 34
9.2. Laminació de l'escorrentiu superficial 34
9.3. Retenció de l'escorrentiu superficial 34
9.4. Aprofitament del drenatge natural del terreny 35
10. COMPONENTS DELS SUDS I PROCÉS CONSTRUCTIU. 35
10.1. Elements que composen els SUDS 35
10.1.1. Vegetació 36
10.1.2. Material drenant 36
10.1.3. Capa de separació 37
10.1.4. Capa superficial 37
10.1.5. Tub de repartiment 37
10.1.6. Pericons de registre 37
10.1.7. Pericó d'inspecció 38
10.1.8. Elements de captació de l'aigua de pluja. 38
10.1.9. Dispositius de vessament i sobreeiximent 38

10.1.10. Elements no estructurals 40
10.2. Procés constructiu dels SUDS 40
10.2.1. Excavació 41
10.2.2. Pendent longitudinal del fons 41
10.3. Sensorització i monitorització dels SUDS 42
10.3.1. Permeabilitat del terreny 42
10.3.2. Cabal de sortida pels sobreeixidors 42
10.3.3. Retenció de contaminats 43
11. DIMENSIONAMENT DELS SUDS 44
11.1. Dades de partida per al disseny dels SUDS 45
11.1.1. Pluviometria 45
11.1.2. Característiques de la conca a drenar 46
11.1.3. Geologia del terreny 46
11.1.4. Característiques físico-químiques de l'aigua d'escorrentiu urbà 47
11.2. Càlcul del volum generat a gestionar pels SUDS (V_e) 49
11.3. Càlcul de la capacitat d'emmagatzematge dels SUDS 49
11.4. Càlcul del temps de buidat dels SUDS 50
11.5. Dimensionament dels sobreeixidors 51
11.5.1. Càlcul del cabal punta 52
11.5.2. Càlcul de la capacitat dels sobreeixidors 53
11.5.2.1. Càlcul de la capacitat de sobreeixidors a l'interior dels SUDS. 54
11.5.2.2. Càlcul de la capacitat dels sobreeixidors mitjançant tub de desguàs lateral. 54
11.5.2.3. Càlcul de la capacitat dels sobreeixidors de paret lateral. 56
12. PROTOCOL DE TRAMITACIÓ DELS PROJECTES QUE INCORPORIN SUDS 57
13. MANTENIMENT DELS SUDS 60
13.1. Aspectes a considerar en les fase de projecte i obra relatius al manteniment 60
13.2. Aspectes a considerar en la redacció del Pla de Manteniment 61
13.3. Definició de les tasques de manteniment segons la tipologia 61
13.4. Freqüència de les tasques de manteniment en funció del nivell d'ús 69

ÍNDEX DE FIGURES

Figura 1. Els quatre pilars en el disseny dels SUDS (CIRIA, 2015) 7
Figura 2. Distància mínima a fonaments per a sistemes d'infiltració. Font: NTJ 01K Part 2. . 13
Figura 3. Classificació de SUDS aplicables a la ciutat de Barcelona segons la seva funció.. 17
Figura 4. Diagrama de flux per la selecció de la tipologia de SUDS. 32
Figura 5. Esquema de rasa d'infiltració amb tub de repartiment. Font: NTJ 01K Part 2. 37
Figura 6. Esquema de funcionament dels tubs de vessament o sobreeiximent. Font: NTJ 01K Part 2. 38
Figura 7. Esquema d'excavació en talús de rasa d'infiltració. Font: NTJ 01K Part 2. 41
Figura 8. Esquema de construcció del fons del dispositiu de drenatge. Font: NTJ 01K Part 2. 41
Figura 9. Passos a seguir pel dimensionament dels SUDS 44
Figura 10. Sèrie pluviomètrica de l'any 2009 -pluviòmetre P23 i llindar de P≤15 mm. 45
Figura 11. Esquema genèric de SUDS d'infiltració 49
Figura 12. Corbes IDF per a la ciutat de Barcelona. Font: IDF curves for the Barcelona metropolitan area, UPC (Casas M.C. et al., 2010) 53
Figura 13. Detall de sobreeixidor en l'interior de SUDS a la Marina. Font: IMU. 54
Figura 14. Detall de sobreeixidor lateral de SUDS a Bon Pastor. Font: IMU. 55

ÍNDEX DE TAULES

Taula 1. Beneficis potencials i barem de costos de construcció i manteniment per als diferents tipus de SUDS 33
Taula 2. Coeficients d'escorrentiu superficial segons el tipus de terreny en zona urbana. 46
Taula 3. Coeficients d'impermeabilitat segons el tipus de sòl. Fonts: The SUDS Manual, 2015; Hidrología Subterránea (E. Custodio, M.R. Llamas) 47
Taula 4. Valors mitjans de qualitat d'aigües d'escorrentia urbana dels SUDS de Torre Baró. 48
Taula 5. % de reducció de contaminants per diferents tipologies de SUDS. 48
Taula 6. Porositat eficaç per diferents tipus de sòls (%). Font: Recomanacions de projecte de Drenatge: dispositius d'infiltració (Fundació de la Jardineria i el Paisatge, 2014)... 50
Taula 7. Dades generals del projecte d'urbanització que inclou SUDS..... 57
Taula 8. Dades a incorporar en el projecte i as-built dels SUDS. 58
Taula 9. Tràmits en els projectes de SUDS 59
Taula 10. Tasques de manteniment associades a les diferents tipologies de SUDS 63

ANNEXES:

ANNEX 1. HIDROGEOLOGIA, TOPOGRAFIA, GEOTÈCNIA.
ANNEX 2. EL MARC LEGAL. DOCUMENTACIÓ DE REFERÈNCIA.
ANNEX 3. ASSAJOS DE PERMEABILITAT. RETENCIÓ DE CONTAMINANTS.
ANNEX 4. PLA DE MANTENIMENT

1. INTRODUCCIÓ.

Un dels principals efectes de la crisi climàtica en el Mediterrani, i concretament a Barcelona, és el canvi en el règim de precipitacions. Segons el Servei Meteorològic de Catalunya, la freqüència dels esdeveniments de pluges de 50mm s'espera que incrementi un 15% per mitjans de segle a Barcelona; i segons un altre estudi realitzat per el Fundació per la Investigació del Clima en el marc del projecte europeu RESCCUE, s'espera que les pluges que ocorren en un període de retorn de 100 anys incrementin entre un 20% a mitjans de segle i un 40% a finals de segle. Aquest és només un dels reptes que planteja l'emergència climàtica, i cada vegada és més evident la necessitat d'incrementar els esforços per fer front a la crisi climàtica. Per això, Barcelona l'any 2018 va publicar el Pla clima, acompanyat de tot un seguit d'estudis sobre com la crisi climàtica afectaria la ciutat.

El canvi en el règim de precipitacions pot comportar canvis en el cicle de l'aigua i un augment del risc d'inundació per manca de drenatge. És per això, que tant en el Pla clima com en la Declaració d'emergència climàtica del 15 de gener de 2020, es preveuen varies accions en aquesta línia, que es poden emmarcar dins de la iniciativa dels Objectius de Desenvolupament Sostenible de l'agenda 2030. Un dels objectius és la creació de ciutats més saludables i sostenibles.

La implantació sistemàtica a la traça urbana de sistemes de drenatge urbà sostenible -coneguts com SUDS *o "Sustainable Urban Drainage Systems*"o "Sistemes Urbans de Drenatge Sostenible" és una de les accions que ens poden ajudar a naturalitzar les ciutats i fer front a l'emergència climàtica. A Barcelona es venen utilitzant des de fa més d'una dècada, i són sistemes de drenatge complementaris al drenatge convencional, que permeten reproduir en l'àmbit urbà el comportament natural de l'aigua d'escolament:

- Augmentant el temps de concentració
- Laminant els cabals
- Reduint els volums
- Augmentant la infiltració
- Millorant la qualitat del medi

Aquests sistemes comprenen un ampli espectre de solucions per afrontar la gestió de les aigües pluvials des d'una perspectiva diferent a la convencional, combinant aspectes hidrològics, mediambientals i urbanístics. El seu objectiu és afavorir la retenció, el tractament i el drenatge localitzat de l'aigua de pluja per a la devolució al medi o per a la utilització directa, sense necessitat de consum energètic ni de grans infraestructures, aprofitant els processos naturals en la gestió del cicle de l'aigua.

En el disseny dels SUDS com a espais verds urbans cal contemplar el major nombre possible de paràmetres, complint les condicions referents a accessibilitat universal, mobilitat, funcionalitat, qualitat ambiental, biodiversitat, paisatge urbà, sostenibilitat i resiliència.

El disseny dels SUDS ha de considerar els anomenats “quatre pilars” per a obtenir els beneficis mediambientals, socials i econòmics esperats:

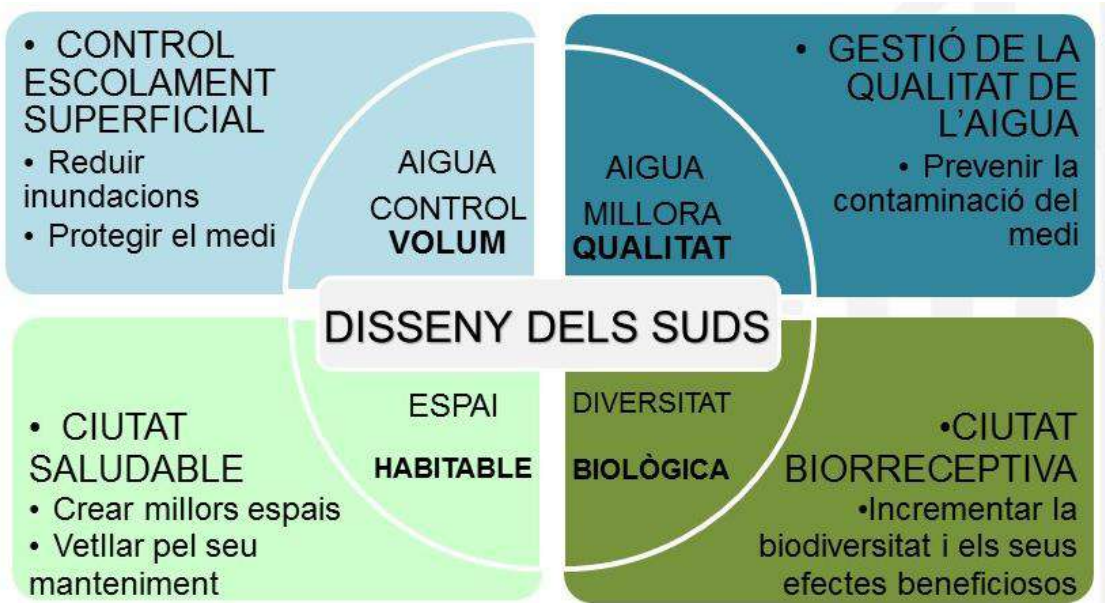


Figura 1. Els quatre pilars en el disseny dels SUDS (CIRIA, 2015)

Els “quatre pilars” dels SUDS exposats a la figura anterior es desenvolupen a continuació:

- **Aigua – Volum: Control de la quantitat de l’aigua d’escolament.** Millora de la gestió davant del risc d’inundacions. Manteniment i protecció del cicle de l’aigua natural.

La implantació de SUDS incrementa la permeabilitat de les superfícies urbanes i per tant es redueixen els efectes adversos en el cicle de l’aigua produïts per la impermeabilització. Es produeix un efecte de laminació i reducció de la velocitat de les aigües d’escolament. Els SUDS dissenyats per infiltrar les aigües al terreny afavoreixen també la recàrrega natural de l’aqüífer. Aquestes infraestructures tenen també una funció de protecció davant l’erosió del sòl que provoquen les pluges torrencials.

- **Aigua – Qualitat: Control de la qualitat de l’aigua d’escolament.** Gestió de la qualitat de les aigües d’escolament per a prevenir la contaminació del medi.

Els SUDS són sistemes que protegeixen les masses d’aigua que constitueixen el medi receptor de la xarxa de drenatge i clavegueram de la ciutat. La gestió en origen de les aigües d’escorrentiu urbà redueix el volum d’aigua que entra a la xarxa de clavegueram i, per tant, es redueix el volum d’aigua que va a la depuradora o bé que és abocat directament al medi. Es redueixen, per tant, els impactes en el medi i els costos associats a la depuració de l’aigua.

Les aigües d’escorrentiu urbà arrosseguen una gran quantitat de contaminants (sòlids en suspensió, matèria orgànica, metalls pesants, olis, hidrocarburs, etcètera). La majoria de SUDS estan concebuts perquè facin un tractament de les aigües pluvials en origen, retenint aquests contaminants en les primeres capes del subsòl i minimitzant el risc de contaminació de l’aqüífer per la infiltració d’aquesta aigua.

- **Espai habitable.** Manteniment de millors espais públics per a la ciutadania.

La implantació de SUDS amb superfícies vegetades esdevenen infraestructures verd-blaves que redueixen l'efecte "illa de calor" de la ciutat, que implica una millora en la qualitat de vida de les persones, i que afavoreix l'estalvi energètic i la reducció de les emissions de CO_2 derivades de l'energia necessària per a refrigeració, que es tradueix també en una millora de la qualitat de l'aire.

- **Diversitat biològica.** Creació i manteniment de millors espais per a la natura.

Els SUDS incrementen el volum útil d'aigua de pluja per a la biota de les ciutats. La biota (plantes, animals, fongs, bacteris i altres microorganismes) pot aprofitar l'aigua de pluja que rep la superfície del sistema de drenatge urbà sostenible, i també l'aigua de pluja de la seva conca associada.

Els SUDS amb vegetació incrementen la diversitat biològica i la biomassa. Aquest increment de la biota d'organismes autòtrofs afavoreix la reducció de la contaminació, per captura de CO_2 i retenció de partícules en suspensió, i per tant una millora de la qualitat de l'aire.

La implantació de SUDS implica la reforma del model de disseny i gestió l'espai públic, que ha d'avançar cap a hàbitats urbans més inclusius i sostenibles, fomentant la recuperació de processos naturals de gestió de l'aigua a l'entorn urbà. Així, la implementació de SUDS a l'espai urbà de la ciutat presenta una sèrie de reptes transversals i comuns a tots els operadors municipals, especialment pels responsables de gestió i manteniment de l'espai públic, i en particular als gestors de les infraestructures verdes (que conformen els espais verds) i blaves (que formen part del cicle de l'aigua).

En aquest sentit, cal dotar als SUDS de les millors tecnologies i materials disponibles, establir la metodologia a seguir per al seu disseny, execució i manteniment; i definir els indicadors de gestió i reposició.

Els SUDS han de ser considerats un element complementari al sistema convencional de drenatge. És a dir, que la implantació de SUDS a l'espai públic no implica que es pugui reduir la capacitat de la xarxa de clavegueram, ja que els SUDS no es dimensionen, habitualment, per a gestionar la pluja de disseny de la xarxa de clavegueram, de 10 anys de període de retorn. El sistema de clavegueram ha de ser capaç de gestionar el 100% de l'aigua de pluja, tant de l'espai públic com de les cobertes dels edificis, per a pluges de fins a 10 anys de període de retorn. En cas que es produeixi una colmatació dels SUDS, que no els permeti gestionar de l'aigua de pluja, cal disposar dels embornals i sobreeixidors necessaris per a garantir el correcte funcionament del sistema de drenatge de l'espai públic.

Les solucions que aporten els SUDS han d'estar connectades i han de treballar conjuntament amb els sistemes convencionals drenatge urbà. En les nostres condicions, amb pluges torrencials, amb una geologia heterogènia i amb superfícies amb fortes pendents, hem de considerar la necessitat de que les solucions basades en la natura ens ajudin a millorar el cicle de l'aigua i la qualitat de vida urbanes, però amb la necessitat de disposar de mesures convencionals per a minimitzar els riscos d'inundació, de protecció de les persones i del medi.

2. EL MARC LEGAL

La legislació existent, tant a nivell estatal, autonòmic i metropolità, no desenvolupa específicament un articulat per als SUDS, però si que regula aspectes que cal tenir presents en el disseny, l'execució i la posterior gestió dels SUDS.

A nivell municipal, els grans plans de ciutat, com són el Pla Clima, el Pla del Verd i la Biodiversitat 2020, el Pla Director de Clavegueram i el Pla per a l'aprofitament dels Recursos Hídrics Alternatius, inclouen els SUDS com a possibles solucions per a la millora de la gestió del cicle de l'aigua i de la qualitat de vida a la ciutat.

En relació als processos d'infiltració de les aigües al terreny, des del punt de vista ambiental cal tenir present la necessitat de respectar la qualitat de les aigües subterrànies i també la qualitat del terreny. La infiltració d'aigua d'escorrentiu al terreny és equiparable a una acció de recàrrega d'aqüífers, per tant és aplicable la normativa existent al respecte.

A l'**ANNEX 2** s'exposa la normativa vigent aplicable al disseny i implantació de SUDS, en els diferents àmbits (europeu, estatal, autonòmic i municipal), i la documentació de referència existent en l'àmbit del drenatge urbà sostenible que s'ha considerat en la redacció de la present guia.

3. OBJECTE DE LA GUIA.

L'Objecte d'aquest document és promoure, potenciar i establir les condicions dels Sistemes de Drenatge Urbà Sostenible (SUDS) a la ciutat de Barcelona, i d'aquesta forma impulsar les diverses línies d'acció que estan incloses als grans plans i compromisos de la nostra ciutat: Declaració Emergència Climàtica, Pla Clima, Pla Tècnic per a l'Aprofitament dels Recursos Hídrics Alternatius (PLARHAB) i el Pla del Verd i la Biodiversitat, amb la finalitat d'incrementar els beneficis ambientals, socials i econòmics que proporcionen els SUDS.

Els preceptes recollits en aquesta guia tècnica són també coherents amb els eixos del cicle de l'aigua presents en el Pla Director Urbanístic Metropolità, actualment en redacció.

La guia servirà de referència per a desenvolupar i dissenyar solucions per SUDS d'acord amb els criteris establerts pels diferents Responsables de l'Espai Públic de la ciutat, fomentant la gestió sostenible de les aigües pluvials en tot l'entorn urbà. Els aspectes considerats en aquesta guia tenen com a objectiu donar suport als projectistes en el procés de selecció la tipologia de SUDS més favorable en cada cas, en el seu disseny i posterior dimensionament, i en la definició del corresponent Pla de Manteniment.

La present guia tècnica amplia i detalla la informació continguda al "Protocol de tramitació dels Projectes i Seguiment de les Obres Ordinàries d'Infraestructures i/o elements d'urbanització, conservació i millora, i Projectes d'Urbanització" de l'Ajuntament de Barcelona.

4. ÀMBIT D'APLICACIÓ.

Aquesta guia es d'aplicació a tots aquells espais públics de la ciutat en els quals es realitzin actuacions d'urbanització i edificació, ja siguin de nova creació, de millora integral de l'espai

públic, rehabilitació o arranjament, que incloguin la implantació de Sistemes Urbans de Drenatge Sostenible.

S'entén per espais públics els carrers, places, jardins urbans, rambles, tots aquells espais dins el terme municipal de Barcelona que hagin de ser rebuts, gestionats i mantinguts per l'Ajuntament de Barcelona, d'acord amb les disposicions legals que el regeixin.

La present guia inclou també recomanacions per al disseny, execució i manteniment dels SUDS a cobertes verdes i cobertes aljub, aplicables a projectes de nova edificació o bé de rehabilitació integral d'edificis existents, tant públics com privats.

El seu abast inclou els espais, accions i materials definits als projectes d'urbanització, incloent les afectacions al subsòl i als elements auxiliars dels dispositius que, encara que no estiguin inclosos dins la superfície a urbanitzar, formin part d'aquests. També s'inclouen aquells elements que es vegin afectats pel projecte, encara que no formin part expressa del mateix.

5. OBJECTIU I CRITERIS GENERALS DE DISSENY DELS SUDS

L'objectiu principal dels SUDS és la naturalització del cicle de l'aigua, afavorint la infiltració sempre que sigui possible, i la reducció del volum d'aigua abocat al medi en temps de pluja. En aquest apartat s'exposen els aspectes principals a tenir en consideració en el disseny dels SUDS, que influiran en la selecció de la tipologia i en el dimensionament dels dispositius (geometria, fondària, vegetació, sobreeixidors, etc.).

5.1. Aspectes generals a considerar per al disseny dels SUDS.

El disseny dels SUDS ha de tenir present les característiques geomorfològiques i hidrològiques de la zona que es vulgui drenar, la qualitat de les aigües d'escorrentiu que arribaran als SUDS, i quin serà el medi receptor (llera o torrent, xarxa de clavegueram, estany, etc.). Aquests aspectes seran les dades d'inici necessàries per al dimensionament dels SUDS.

5.1.1. Pluviometria

La caracterització de la pluja de la zona on es volen implantar els SUDS és necessària per a definir el volum de precipitació a gestionar mitjançant SUDS, i per a obtenir el cabal punta corresponent al període de retorn de disseny de la xarxa de drenatge, a partir del qual es dimensionaran els sobreeixidors necessaris per al correcte funcionament dels dispositius.

5.1.2. Topografia i superfície a drenar

La topografia i la geometria i el grau d'urbanització de les conques vessants als SUDS incideixen directament la velocitat i en el temps de concentració de l'escorrentiu superficial generat. En aquest sentit, cal destacar que els SUDS funcionen correctament en zones amb pendent baix, ja que forts pendents poden produir velocitats elevades d'escorriment i arrossegament de fins que poden inutilitzar ràpidament els SUDS. Per tant es considera adient plantejar SUDS en zones amb un pendent inferior al 6%.

El tipus de superfície a drenar (vials, zones verdes, sauló, etc.) determinarà el coeficient d'escorriment de la conca i per tant, el % d'àrea impermeable a drenar, que incideix directament en el volum d'escorrentiu superficial generat per la conca.

5.1.3. Geologia del terreny

Les característiques geològiques del terreny també són determinants per a la selecció de la tipologia i el disseny dels SUDS. La tipologia de SUDS més adient en cada cas dependrà directament de la capacitat d'infiltració del terreny natural sobre el qual es construeixin. Donat que la majoria dels SUDS funcionen principalment per infiltració, cal limitar la seva implantació en zones de la ciutat en què el subsòl tingui una permeabilitat baixa. És a dir, en zones amb sòls no permeables o amb presència de roca cal desestimar la implantació de SUDS amb finalitat d'infiltració al terreny, i estudiar SUDS amb altres funcionalitats. En l'**ANNEX 1** s'aporta informació sobre la hidrogeologia, topografia i geotècnica per al disseny dels SUDS.

Es requereix analitzar també altres característiques del sòl edafològic:

- Cota del nivell freàtic. Per un correcte funcionament dels SUDS que funcionen per infiltració al terreny, la cota de fons dels SUDS ha de situar-se a una distància mínima de 1,5 m del nivell freàtic. Per reduir el risc de possibles afeccions a fonamentacions d'edificis i soterranis, no s'aconsella realitzar noves infiltracions en les zones on el nivell freàtic és molt superficial. En aquests casos caldrà plantejar altres tipus de SUDS.
- Existència passius ambientals. . En les zones on hi ha hagut activitats potencialment contaminants, cal estudiar el possible impacte de sòls i aqüífers contaminats. En aquest sentit, en aquelles zones on es tingui constància de contaminació del subsòl, caldrà realitzar les millores ambientals necessàries dels sòls per a poder implementar solucions de SUDS, ja que cal garantir que no es produeixin arrossegaments de contaminants del subsòl cap a l'aqüífer.

5.1.4. Qualitat de l'aigua d'escorrentiu (afluent) i de l'aigua de sortida (efluent).

Les aigües d'escorrentiu procedents de vials amb pas de trànsit rodat tenen una major càrrega contaminant que les aigües procedents de voreres o de parcs i jardins urbans. Cal protegir les masses d'aigua, tant superficials com subterrànies, de possibles abocaments contaminants, per tant la tipologia de SUDS a implantar en cada cas vindrà condicionada pel grau de contaminació de l'escorrentiu captat i per la qualitat requerida a les aigües de sortida dels SUDS que abocaran al medi receptor (l'aqüífer, lleres o torrents, xarxa de clavegueram).

En el règim de pluges mediterrani, amb episodis d'elevada intensitat, els SUDS han de disposar dels elements sobreeixidors necessaris al medi receptor, per al correcte funcionament del sistema de drenatge on estan integrats. El medi receptor al qual s'aboquin les aigües (llera, riu, costa, clavegueram, endegament, etc..) determinarà el tipus de tractament a realitzar i per tant la tipologia dels SUDS a implantar.

El mètode comunament acceptat per minimitzar l'impacte dels contaminants sobre el dispositiu i la qualitat de l'efluent és "filtrar abans d'infiltrar". Per tant, quan la qualitat de l'efluent és rellevant, és recomanable preveure la filtració preliminar de l'escorrentiu mitjançant elements que fixin els contaminants i materials en suspensió abans del seu ingrés en el dispositiu.

5.2. Altres condicionants per al disseny dels SUDS.

Existeixen altres factors a considerar que poden condicionar o limitar la implantació de SUDS, així com la selecció de la tipologia més adient en cada cas.

- Espai disponible. Els SUDS són elements que s'han d'integrar en l'espai públic, i en el seu disseny ha de considerar-se la mobilitat tant dels vianants com del trànsit rodat. La implantació de SUDS en el espai viari es considera adequada en vials amb un ample superior a 9 m.
- Configuració de l'espai públic. La implantació de SUDS en cada cas s'haurà d'adaptar a la morfologia del carrer. L'existència de guals, carrils BUS, terrasses, etc. determinaran la geometria i la distribució espacial dels SUDS.
- Ús posterior de l'aigua captada. En cas d'emmagatzemar l'aigua captada pels SUDS per a un ús posterior mitjançant dipòsits d'acumulació (per exemple en cobertes vegetades), caldrà incloure un sistema de desinfecció de l'aigua prèvia al seu ús, i un protocol de seguiment i control de qualitat de l'aigua emmagatzemada en funció del seu ús. La infiltració de l'aigua de pluja al terreny s'haurà de realitzar mitjançant sistemes que siguin capaços de retenir els contaminants per garantir la protecció de les masses d'aigua subterrànies.
- Intensitat de l'ús de les zones a urbanitzar. La viabilitat de la implantació de SUDS s'ha d'analitzar amb detall en els casos on aquesta intensitat sigui molt elevada (per l'afluència de persones, freqüència d'actes públics, etc.), ja que la durabilitat i el funcionament dels SUDS podrien veure's afectats.
- Proximitat a àrees d'interès arqueològic. En aquest cas, caldrà estudiar amb detall la viabilitat de la implantació de SUDS, i determinar el possible impacte de la infiltració o emmagatzematge en el subsòl d'aigua de pluja sobre aquestes àrees.
- Densitat del serveis urbans soterrats. En aquelles zones on hi hagi elevada presència de serveis, caldrà implantar tècniques compatibles amb aquesta problemàtica, de manera que en l'espai públic puguin conviure els serveis existents i el drenatge sostenible.
- Temps de buidat dels SUDS. El disseny dels SUDS s'ha realitzar de manera que, després d'un episodi de pluja, aquest quedi buit en menys de 48 hores. A més, en 24 hores no pot quedar aigua estancada en els SUDS, per evitar la proliferació de mosquits o problemes d'olors generats per l'aigua estancada.
- Tipus de gestió de l'aigua de pluja. La tipologia, les dimensions i la distribució dels SUDS depenen directament de la superfície que es vulgui drenar mitjançant SUDS (voreres, voreres i calçada, parcs i jardins), ja que per cada cas variarà el volum d'aigua de pluja generat i la retenció de contaminants necessària.

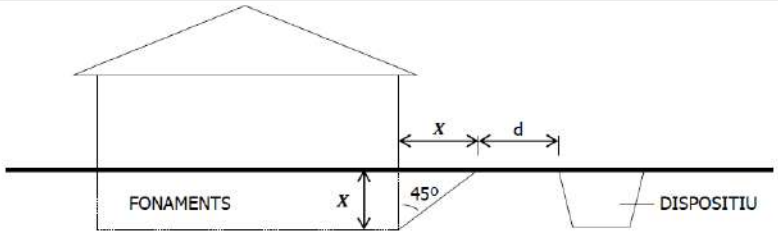
5.3. Limitacions a la implantació i connexions als SUDS.

En determinats casos, no resulta convenient la implantació de SUDS a l'espai públic, degut a què l'emmagatzematge i/o infiltració d'aigua al subsòl pot provocar problemes en les infraestructures i edificacions existents. Per tant, no es considera apropiada la implantació de SUDS en els següents casos:

- Proximitat d'infraestructures subterrànies. En les superfícies a urbanitzar situades sobre túnels de ferrocarrils, aparcaments, dipòsits, etc. no es recomana la implantació de SUDS, ja que l'acumulació d'aigua en el subsòl pot ocasionar problemes d'infiltracions o humitats en dites infraestructures.

- Proximitat a la fonamentació de les edificacions existents. Els SUDS s'han de situar a una distància de seguretat per evitar possibles danys a les fonamentacions existents per l'acumulació d'aigua en el subsòl. A la Figura 2 es representen les recomanacions al respecte de la Norma Tecnològica de Jardineria i Paisatgisme. Altres referències bibliogràfiques estableixen una distància mínima en planta de 3 m a fonaments.

FIGURA 11: DISTÀNCIA DE SEGURETAT RECOMANADA



Distància (x) de seguretat en metres igual a profunditat de fonaments.

Font: elaboració pròpia

QUADRE 4: DISTÀNCIA MÍNIMA A FONAMENTS PER A SISTEMES D'INFILTRACIÓ.

Tipus de sòl	Distància (d)
Sorrenc i Franc sorrenc	1.0
Argilo sorrenc	2.0
Roca meteoritzada	3.0
Argilo llimós	4.0
Argilós	5.0

Font: Fletcher et al. 2003 a *Stormwater Management, Manual for Western Australia*

Figura 2. Distància mínima a fonaments per a sistemes d'infiltració. Font: NTJ 01K Part 2.

- Zones d'esbarjo de gossos. En aquestes zones, l'escorrentiu superficial d'aigua de pluja pot arrossegar quantitats significatives d'excrements, que no poden ser tractades pels SUDS, i per tant poden produir una contaminació dels SUDS i del subsòl per infiltració.

De la mateixa manera, per a minimitzar el risc de contaminació dels SUDS per abocaments no controlats, no s'admeten les connexions dels següents elements als SUDS situats a l'espai públic:

- Els desguassos de les fonts de beure i/o ornamentals i els abeuradors de gossos. L'ús indegut de les fonts (utilització de sabons, neteja d'elements que continguin pintures, combustibles, etc.) podria provocar contaminació dels SUDS.
- Els baixants de les cobertes dels edificis privats. L'absència de neteja i el mal ús de les cobertes dels edificis privats pot produir abocaments no desitjats en els baixants de pluvials que podrien contaminar els SUDS. A més, en cas que a l'interior dels edificis es realitzin connexions errònies de desguassos d'aigües fecals als baixants de pluvials, aquestes aigües podrien arribar als SUDS.

6. ESTRATÈGIES DE GESTIÓ SOSTENIBLE DE L'AIGUA DE PLUJA

Les solucions de SUDS es poden classificar segons la seva configuració, la seva capacitat de gestió de l'aigua de pluja, i la seva funció principal. L'objectiu de la implantació dels SUDS és la naturalització del cicle de l'aigua en l'entorn urbà, en les diferents fases del cicle que l'espai

a urbanitzar ho permeti. En aquest sentit, es consideren les següents estratègies: laminació, detenció, filtració, infiltració i tractament.

6.1. Detenció

La **detenció** és una estratègia que consisteix en interceptar i retenir l'aigua de pluja amb l'objectiu de reduir l'escorrentiu urbà. Les funcions dels dispositius de detenció són les següents:

- Reduir el cabal punta generat per l'episodi de pluja i que entra a la xarxa de clavegueram, i protegir la xarxa, la depuradora i el medi receptor.
- Afavorir l'evaporació i l'absorció de part de l'aigua de pluja per part de la vegetació i el propi terreny.
- Controlar la dispersió de contaminants a través de l'escorrentiu urbà, ja que aquests queden retinguts en la vegetació i en els primeres capes del subsòl. L'aigua emmagatzemada es pot reutilitzar, infiltrar al terreny, o abocar controladament a la xarxa de clavegueram.

L'emmagatzematge de l'aigua de pluja es pot realitzar en superfície o bé mitjançant elements soterrats. Dins d'aquesta categoria es classifiquen les següents tipologies de SUDS:

- Dipòsits de detenció **(D-DIP)**
- Parterres de detenció **(D-PAR)**
- Aljubs **(R-ALJ)**

6.2. Filtració

La **filtració** és una estratègia que consisteix en ralentitzar el flux de l'escorrentiu urbà alhora que es produeix un filtrat de l'aigua de pluja facilitant la retenció de sediments i contaminants al llarg del dispositiu, abans que aquest sigui abocat a la xarxa de clavegueram o bé a un altre dispositiu de detenció o infiltració. Les funcions principals dels dipositius de filtració són les següents:

- Reduir la velocitat d'escorrentiu superficial abans de ser abocat al medi, a la xarxa de clavegueram o a un altre dispositiu, minimitzant el risc d'erosió produïda per l'aigua de pluja i augmentant el temps de concentració de la conca.
- Retenir els sediments i contaminants arrossegats per l'aigua de pluja al seu pas per la trama urbana (descontaminació passiva).

Dins d'aquesta categoria s'inclouen les següents tipologies de SUDS:

- Franges filtrants **(F-FRA)**
- Rases filtrants **(F-RAS)**
- Cobertes verdes **(F-COB)**

6.3. Infiltració

La infiltració és una estratègia de drenatge sostenible que consisteix en emmagatzemar l'aigua de pluja per la seva posterior infiltració al terreny de forma controlada. La infiltració directa de l'aigua d'escorrentiu urbà, que conté una elevada càrrega de contaminants, pot provocar la contaminació de les masses d'aigua subterrànies. Per tant, els dispositius d'infiltració han de contenir elements de filtrat i fitoretenció (o bioretenció) que siguin capaços de retenir els

contaminants. La cobertura vegetal dels dispositius contribueix a la seva millor integració paisatgística i a la millora de la qualitat de l'aigua infiltrada, alhora que la presència d'arrels ajuda a prevenir la colmatació dels SUDS.

En cas que les aigües d'escorrentiu tinguin una elevada càrrega contaminant (com ara en zones industrials, proximitats de gasolineres, etc.) no es recomana la implantació de dispositius d'infiltració. També cal tenir en compte la permeabilitat del terreny natural de l'entorn de la zona a urbanitzar.

Les funcions dels dispositius d'infiltració són les següents:

- Reduir el cabal punta generat per l'episodi de pluja i que entra a la xarxa de clavegueram, i reduir el volum dels abocaments al medi receptor durant els episodis de pluja.
- Retenir els contaminants que arrossega l'aigua de pluja abans de la seva infiltració en el subsòl.
- Afavorir la recàrrega de l'aqüífer mitjançant la infiltració de l'aigua al subsòl, un cop l'aigua ha passat per un procés de descontaminació passiva a través de la vegetació i de les diferents capes que formen el dispositiu.

Dins d'aquesta categoria s'inclouen les següents tipologies de SUDS:

- Pous d'infiltració **(I-POU)**
- Dipòsits d'infiltració **(I-DIP)**
- Paviments permeables **(I-PAV)**
- Parterres inundables **(I-PAR)**
- Escossells d'infiltració **(I-ESC)**

Els escossells d'infiltració i paviments permeables es poden considerar dispositius d'infiltració o de filtració, segons la tipologia de terreny sobre el qual es col·loquin, i si els dispositius incorporen o no un drenatge soterrat (ja siguin cel·les o làmines filtrants o bé tubs dren) per a l'evacuació posterior de l'aigua filtrada.

En qualsevol cas, i per aconseguir una màxima retenció de contaminants, els dispositius d'infiltració han d'incorporar elements que facilitin la detenció, que afavoreix la sedimentació, i el filtrat, amb el qual es fa un primer tractament de l'aigua de pluja, de manera que l'aigua hagi passat per un procés de rentat abans d'iniciar-se el procés d'infiltració.

6.4. Tractament

Les SUDS considerades com a dispositius de tractament són dispositius d'infiltració que tenen una elevada capacitat de tractament de les aigües d'escorrentiu urbà, que s'aconsegueix mitjançant la plantació de determinades espècies vegetals amb elevada capacitat de retenció, i una diposició granulomètrica específica de les capes filtrants que afavoreix la retenció de contaminants en les primeres capes del subsòl, minimitzant així el risc de contaminació de l'aqüífer. La seva funció és similar a la dels dispositius d'infiltració exposada en l'apartat anterior.

Els dispositius que es consideren de tractament són els següents:

- Franges de bioretenció **(T-BIO)**
- Estanys d'infiltració **(T-EST)**

- Cunetes vegetades **(T-CUN)**

Les cunetes vegetades es consideren dispositius de tractament perquè es solen col·locar als vorals dels vials o carreteres i per tant reben aigües d'escorrentiu provinents de les calçades dels vials, que porten una major quantitat de contaminants, a diferència de les rases filtrants que es solen col·locar a peu de talús i per tant la càrrega contaminant que els hi arriba és menor.

En qualsevol cas, segons el seu disseny i ubicació, les cunetes vegetades poden realitzar una funció de tractament i infiltració o bé simplement de filtració.

7. TIPOLOGIES DE SUDS APLICABLES A LA CIUTAT DE BARCELONA

La classificació de les diferents tipologies de SUDS es realitza segons la seva funció principal. Els codis emprats a la tipificació esmentats a l'apartat anterior indiquen, amb la primera lletra, la funció principal que realitzen (D: Detenció, R: Retenció, F: Filtració, I: Infiltració, T: Tractament), seguit de les tres primeres lletres del nom del dispositiu. A la Figura 3 es classifiquen els SUDS aplicables a la ciutat de Barcelona segons la seva funció.

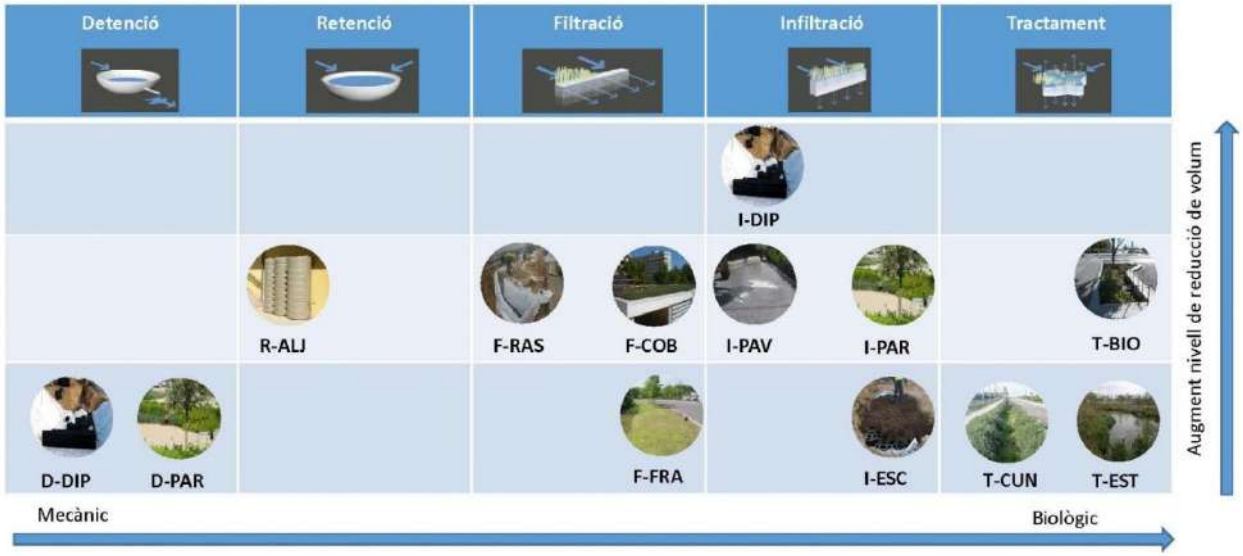


Figura 3. Classificació de SUDS aplicables a la ciutat de Barcelona segons la seva funció.

7.1. Aljubs de retenció (R-ALJ)

Els aljubs són estructures que emmagatzemen les aigües pluvials de les cobertes dels edificis per al seu ús en neteja, reg, descàrrega de sanitaris, etc. Poden ser dipòsits de material plàstic enterrats o superficials. Poden estar integrats sota la coberta dels edificis, mitjançant la col·locació de cel·les reticulars o bé generant un espai buit dins el forjat de la coberta que permeti l'emmagatzematge de l'aigua de pluja. Es recomana que els sistemes d'aprofitament d'aigües pluvials de coberta no recullin les primeres pluges, ja que aquestes poden tenir una elevada càrrega contaminant.



Imatge 1. Vista de la superfície de la coberta de la Fàbrica del Sòl.



Imatge 2. Canal de recollida a la coberta del centre cívic Joan Oliver.

En el cas de les cobertes aljub, el disseny d'aquestes ha de complir amb les especificacions que determina el Codi Tècnic de l'Edificació (CTE), tant en els aspectes estructurals com en les instal·lacions.

Els sistemes d'aprofitament d'aigües pluvials o aljubs hauran d'incorporar, com a mínim, els següents elements:

- Elements de captació. Poden ser canals, buneres, cobertes filtrants, etc.
- Filtres de retenció de gruixos, per evitar la seva entrada a la xarxa de clavegueram.
- Sistema de decantació incorporat al dipòsit, en el cas que no es puguin incorporar filtres.
- Sensor de nivell d'aigua al dipòsit.
- Sistema de protecció anti-insectes.
- El material del dipòsit ha de ser opac a la llum per tal d'evitar la proliferació d'algues i altres biofilms al seu interior.
- El dipòsit haurà de ser accessible (a trevés d'una boca d'home) per a la seva neteja i manteniment.
- Sobreeixidor a la xarxa d'evacuació d'aigües pluvials de l'edifici, o directe a la xarxa de clavegueram.
- Sistema de filtració i desinfecció, que serà necessari en cas que l'aigua de pluja es vulgui aprofitar per al reg per aspersió, i en el cas que es prevegi que l'aigua pugui quedar retenida durant un temps abans del seu ús, per tal d'evitar la proliferació de patògens i de males olors.



Imatge 3. Vista de l'aljub del centre cívic Joan Oliver.

7.2. Dipòsits de detenció (D-DIP)

Són estructures d'emmagatzematge de l'aigua d'escorrentiu, que poden ser superficials o bé subterrànies. La seva funció és laminar el cabal de la pluja, retenint l'aigua per al seu posterior abocament a la xarxa de clavegueram o bé a un altre dispositiu de drenatge sostenible, mitjançant un tub de desguàs situat a la part inferior del dipòsit.

La superfície sobre la qual es construeix el dipòsit s'ha d'impermeabilitzar, ja que aquests dipòsits no estan concebuts per a la seva infiltració al terreny. Aquests dipòsits són secs, per tant no tenen una làmina d'aigua permanent.

Els dipòsits de detenció poden ser:

- superficials (tipus bassa). Els dipòsits superficials tenen com a funció principal frenar i emmagatzemar l'escorrentiu superficial. La fondària recomanada és de 1 a 3 m, i les pendents laterals han de ser suaus (inferiors al 25%) per criteris de seguretat i manteniment. Aquests dipòsits es poden utilitzar per a usos d'esbarjo quan estan secs. El pendent mínim de la base ha de ser del 1% aproximadament en direcció al punt de desguàs.
- enterrats (de formigó o de material plàstic). Són adequats quan no es disposa de l'espai suficient en superfície, o en zones urbanes consolidades. El més habitual és utilitzar cel·les reticulars amb un elevat índex de forats (superior al 90%). Els dipòsits enterrats es poden col·locar sota una capa de vegetació o bé sota una capa de graves.

El tub de desguàs dels dipòsits ha de complir les següents especificacions:

- En cas que el dispositiu desguassi a un altre dispositiu o bé al medi, el tub de desguàs ha de ser de PVC tipus SN-4, amb un diàmetre mínim de 300 mm, i embolcallat amb un dau de 10 cm de sorres.
- En ca que el dispositiu desguassi a la xarxa de clavegueram, el tub de desguàs haurà de ser de PVC tipus SN-4, amb un diàmetre mínim de 400 mm, i embolcallat amb un dau de formigó HM-20 de 10 cm de gruix.
- El tub ha de ser registrable al seu inici, final, i en els canvis de direcció en planta, per tal de permetre la realització de les tasques de neteja i manteniment.
- El pendent mínim del tub de desguàs ha de ser superior 1%, essent el pendent òptim del 1,5-2%.



Imatge 4. Construcció i acabat de dipòsit de detenció a Torre Baró.

7.3. Rases drenants (F-RAS)

Les rases drenants o filtrants són infraestructures lineals subterrànies de captació i filtració d'aigua de pluja, formades generalment per cel·les estructurals o graves, embolicades amb geotèxtil i amb un conducte de drenatge en el seu interior, connectat a un altre dispositiu de detenció o infiltració o bé a la xarxa de clavegueram.

Es poden col·locar al peu de talús o bé en zones deprimides de l'àrea a urbanitzar, de manera que puguin captar el màxim de l'aigua d'escorrentiu generat a les conques vessants. No s'aconsella col·locar-les en zones on es prevegui una gran aportació de sediments. Normalment es disposen perpendicularment a la direcció principal de l'escorrentiu.



Imatge 5. Construcció de rasa drenant als jardins dels Drets Humans



Imatge 6. Rasa drenant a la zona del Torrent de les Monges

Els aspectes a considerar en el disseny d'aquest tipus de dispositiu són els següents:

- La fondària de la capa drenant ha de ser igual o major de 0,6 m, per garantir un mínim de retenció de contaminants. L'amplària recomanada de la rasa és de 40 a 80 cm.
- El material de reblert ha de tenir un diàmetre d'entre 3 i 5 cm de diàmetre. Es recomana utilitzar graves o material de construcció reciclat.
- El pendent òptim del tub dren és del 2%, en qualsevol cas cal garantir un pendent mínim del 1%, per evitar sedimentacions en l'interior del tub.
- Sempre que sigui possible, es recomana cobrir la rasa amb una capa de vegetació, que realitzarà un primer filtrat i protegeix la rasa de la colmatació per arrossegament de fins.
- Es col·locaran làmines tipus geotèxtil entre la capa de terra vegetal i la capa de material filtrant, o entre els diferents capes de material filtrant, en cas que n'hi hagi, per evitar la colmatació de la capa filtrant. Les làmines de separació s'hauran de retirar i substituir al final de la seva vida útil.
- En cas que el terreny no permeti la infiltració, per problemes d'estabilitat del propi terreny o de proximitat a les edificacions, es col·locarà una làmina impermeabilitzant entre la rasa i el terreny natural.

- Si la rasa rep aportacions d'aigua des d'altres dispositius en els seus extrems, o no pot rebre l'aigua en tota la seva longitud, es pot col·locar una canonada de repartiment situada al llarg de la part superior. Aquesta canonada haurà de disposar de pericons de registre, com a mínim, a l'inici i al final d'aquesta.
- És recomanable col·locar algun punt de registre de la rasa que permeti visualitzar el grau de colmatació d'aquesta, per poder programar les tasques de manteniment del dispositiu.
- Es recomana que el pendent del talús o del terreny que dreni a la rasa sigui inferior al 20%, per evitar elevades velocitats de l'aigua de pluja que afavoreixen l'arrossegament de fins cap al dipositiu.

La funció principal de les rases drenants és la filtració de l'aigua d'escorrentiu, afavorint la retenció de contaminants i sediments, i reduint el cabal punta de l'episodi de pluja que entra al sistema de drenatge convencional. En cas que el terreny tingui una permeabilitat elevada (sòls amb menys d'un 30% d'argiles), es potenciarà la infiltració al terreny natural on s'ubiqui la rasa.

7.4. Franges vegetades (F-FRA)

Les franges vegetades són superfícies vegetades amb una certa inclinació, en general disposades longitudinalment, de manera que l'escorrentiu circuli al seu través, reduint la velocitat del flux i afavorint la retenció de sòlids i contaminants. Actuen com un primer filtre, i es solen col·locar aigües amunt d'algun altre tipus de dispositiu, com ara rases filtrants o dipòsits d'infiltració. Poden incorporar una capa de graves sota la terra vegetal per afavorir la infiltració de part de l'escorrentiu. Aquests dispositius s'integren fàcilment en el paisatge i tenen un baix cost d'inversió i manteniment.



Imatge 7. Franja vegetada en aparcament superficial



Imatge 8. Franja vegetada amb parterre inundable.

Els aspectes a considerar en el disseny d'aquests dispositius són els següents:

- No es recomana la seva implantació en superfícies amb gran inclinació o que tinguin una elevada aportació de contaminants.
- L'amplada mínima recomanable és de 3 m, ja que per amples inferiors no hi ha recorregut suficient per aconseguir un correcte filtrat de l'aigua de pluja.

- El disseny de les franges vegetades ve condicionat per la superfície de la conca vessant, el tipus de sòl, el tipus de cobertura vegetal prevista, i el pendent de la franja. En aquest sentit, la relació entre l'àrea a drenar i la superfície de la franja no ha de ser superior a 6:1.
- Es recomana la implantació de vegetació resistent a l'erosió i a períodes de sequera.
- Els dispositius s'han de dissenyar de manera que no es produeixin fluxes concentrats, ja que afavoreixen l'erosió d'aquests. És recomanable que l'aigua arribi laminada.
- Es recomana un pendent lateral mínim del 2%,per a garantir una velocitat mínima de l'escorrentiu que eviti acumulacions d'aigua, i un pendent lateral màxim del 5%, per reduir el risc d'erosió i de formació de canals d'aigua.

7.5. Cobertes verdes (F-COB)

Les cobertes verdes són sistemes de drenatge sostenible situats a les cobertes dels edificis, compostos per una capa de vegetació extensiva o intensiva sobre una capa drenant i una membrana impermeable. Poden incorporar un aljub per a l'ús de l'aigua recollida.

La seva funció principal és reduir l'àrea impermeable i laminar el cabal d'escorrentiu. També es disminueix el volum d'abocament a la xarxa de clavegueram gràcies a l'aigua retinguda a la coberta. Es produeix també una retenció de contaminants de l'aigua de pluja, ja que aquests són retinguts per la vegetació.

Les cobertes verdes contribueixen a incrementar la resiliència davant el canvi climàtic, milloren la qualitat de l'aire de la ciutat, milloren l'aïllament tèrmic i acústic de l'edifici i redueixen l'efecte "illa de calor" de les ciutats, a més d'oferir un alt valor estètic i d'esbarjo , en cas que la coberta sigui accessible.



Imatge 9. Coberta verda a la central de RPRSU Diagonal-Poblenou



Imatge 10. Coberta verda sobre les vies de ADIF a Sants

Les cobertes verdes es poden classificar en dues tipologies diferents, segons la seva composició:

- Cobertes intensives: es composen d'un substrat de més de 20 cm de gruix, i permeten plantar espècies tipus herbàcies o arbustives. El substrat es pot col·locar directament sobre

la membrana impermeabilitzant o bé sobre un sistema d'aljub, que es pot formar mitjançant cel·les drenants o bé es pot incorporar a l'estructura del forjat.

- Cobertes extensives: en aquests tipus de cobertes el gruix del substrat és inferior a 20 cm, i la vegetació normalment utilitzada són les plantes crasses i els sedums. Poden disposar d'aljub, de la mateixa manera que les intensives.

Des del punt de vista de la seva geometria, es consideren dos tipus de cobertes verdes:

- cobertes verdes planes: són aquelles que tenen un pendent inferior al 5%. Poden ser intensives o extensives.
- Cobertes verdes inclinades: son aquelles que tenen un pendent superior al 5%. Normalment les cobertes inclinades són de tipus extensiu, per tant en aquest cas no és necessari disposar d'una capa inferior de drenatge. No es recomana la implantació de vegetació en cobertes amb una inclinació superior al 25%, ja que cal incloure sistemes antilliscament, i a més tenen una baixa capacitat de retenció d'aigües pluvials.

Els aspectes a considerar en el disseny de les cobertes verdes són els següents:

- L'estructura de l'edifici ha de tenir capacitat portant suficient per a suportar el pes de la coberta verda completament saturada i de l'aigua emmagatzemada en el cas qu e el dipositiu incopori un aljub sota coberta.
- Es recomana que la vegetació utilitzada tingui unes necessitas hídriques baixes, i sigui resistent a episodis de sequera.
- La coberta ha de ser accessible per a permetre la realització de les tasques de manteniment de la vegetació i de la pròpia coberta.
- La coberta ha d'incorporar un sobreeixidor o desguàs per tal d'evacuar correctament l'aigua d'escorrentiu que no pugui ser retinguda.
- La coberta ha d'incorporar una làmina antiarrels i una capa d'aïllament tèrmic sobre la membrana impermeable.
- Han d'incorporar un sistema de reg per a la implantació de la vegetació durant els dos primers anys i per al manteniment durant els períodes de sequera.

7.6. Paviments permeables (I-PAV)

Els paviments permeables són superfícies transitables que permeten el pas de l'aigua al seu través, l'emmagatzematge a la sub-base, i la posterior infiltració o evacuació a través de tubs o estructures drenants. La seva funció principal és reduir el cabal punta i el volum d'escorrentiu generat per l'episodi de pluja, i la retenció de contaminants.

Els paviments permeables es poden classificar en tres tipologies diferents:

- Paviments permeables discontinus: són aquells en què la permeabilitat del conjunt s'aconsegueix mitjançant la formació de juntes obertes entre lloses o llambordes, que

permeten el flux de l'aigua. Es recomanen per a zones de vianants i d'esbarjo no accessibles a vehicles pesants.

- Paviments permeables continus: són aquells que permeten el pas de l'aigua a través dels seus porus, com ara el formigó porós, paviments de cautxú, o paviments bituminosos porosos. Són adequats en terrenys molt permeables.
- Paviments disgregats i vegetals: són aquells en què la permeabilitat del conjunt s'aconsegueix per la disgregació del material que el composa, com ara els paviments de graves, mulch i les superfícies vegetades.



Imatge 11. Paviment permeable a la plaça dels Eucaliptus.



Imatge 12. Paviment permeable a Can Caralleu

Els principals aspectes a tenir en compte per al disseny i la implantació de paviments permeables són els següents:

- Per a què el paviment funcioni correctament per infiltració, el terreny natural ha de tenir una permeabilitat superior a 10^{-6} m/s. Per a valors inferiors, caldrà col·locar un tub dren sota la subbase del paviment permeable que permeti l'evacuació de l'aigua acumulada que no s'hagi pogut infiltrar.
- La capacitat de percolació dels paviments permeables ha de ser superior a 2 m/h.
- Es recomana que la relació entre la superfície a drenar i la superfície del paviment permeable sigui de 2 a 1.
- Es recomana que el pendent de la superfície a drenar sigui de l'ordre del 2-3% com a màxim, ja que per velocitats elevades del flux d'escorrentiu es redueix el rendiment del paviment permeable.
- No es recomana la seva implantació en zones amb trànsit de vehicles pesants, en zones amb elevada presència d'arbres, ja que les arrels podrien malmetre el paviment; ni en zones on hi pugui haver un elevat arrossegament de fins, ja que el dispositiu es colmataria ràpidament.
- El gruix de la capa de subbase granular ha de ser de 30 cm de gruix com a mínim, per a suportar les càrregues dels vehicles d'emergència.

7.7. Parterres inundables (I/D-PAR)

Els parterres inundables són depressions de poca profunditat amb vegetació, en els quals s'emmagatzema l'aigua de pluja, per a la seva infiltració o abocament posterior a la xarxa de

clavegueram. La seva funció principal és la reducció del cabal punta i del volum d'escorrentiu urbà que entra a la xarxa de clavegueram, de manera que es redueix el volum dels abocaments al medi receptor durant els episodis de pluja.

Els parterres inundables permeten una gran varietat de geometries que faciliten la seva integració en l'entorn a urbanitzar.



Imatge 13. Parterre inundable a la Marina del Prat Vermell



Imatge 14. Parterre inundable al Torrent de les Monges

Els principals aspectes a considerar de cara al disseny dels parterres inundables són els següents:

- La superfície deprimida d'emmagatzematge lliure ha de tenir una fondària inferior a 30 cm.
- Les dimensions del parterre i la fondària de les capes drenants es dimensionaran de manera que compleixin els criteris de disseny definits a l'apartat 11 d'aquesta guia.
- Es recomana que el gruix de la capa de terra vegetal sigui d'entre 20 i 50 cm. En zones on es preveu que l'escorrentiu tingui una elevada càrrega contaminant, aquest gruix s'hauria d'augmentar a 0,8 a 1 m, per augmentar la capacitat de bioretenció del dispositiu.
- Es recomana que el pendent lateral d'entrada al parterre no sigui superior a 2H:1V. Per a pendents superiors, les zones d'entrada de l'escorrentiu hauran d'incorporar elements per a reduir la velocitat del flux i protegir el parterre de l'erosió.
- En zones amb terreny impermeable o de proximitat a edificacions o infraestructures subterrànies, es col·locarà una membrana impermeable sota la subbase del parterre, per evitar l'acumulació d'aigua en el subsòl un cop passat l'episodi de pluja. En aquests casos, els parterres treballaran com a dispositius de detenció, i hauran d'incorporar una xarxa de drenatge a la part inferior de la capa drenant, que condueixi l'excés d'aigua cap a la xarxa de clavegueram.
- En les zones on el terreny natural tingui una bona permeabilitat, els parterres inundables treballaran com a dispositius d'infiltració. En aquest cas, hauran de disposar dels elements sobreeixidors a la xarxa de drenatge convencional que siguin necessaris per a la correcta gestió del SUDS.

- Cal incorporar un sistema de reg durant el període d'implantació de la vegetació (durant els dos primers anys), i pel manteniment de les espècies durant els períodes de sequera.

En el cas dels parterres inundables de detenció, aquests tenen la mateixa funció que els dipòsits de detenció, que és la laminació dels cabals punta de l'aigua d'escorrentiu urbà. Són superfícies verdes que es construeixen deprimides respecte de la superfície, de manera que el volum d'emmagatzematge disponible equival a la superfície del parterre per la fondària de la base respecte de la superfície.

Aquests parterres de detenció es poden implantar sobre superfícies impermeables (terrenys amb baixa permeabilitat) que no permeten la infiltració, i han d'incorporar un drenatge connectat a la xarxa de clavegueram, preferiblement embolcallat amb graves per facilitar el buidat del parterre un cop acabat l'episodi de pluja.

7.8. Pous i dipòsits d'infiltració (I-DIP, I-POU)

Els pous i dipòsits d'infiltració són estructures subterrànies d'acumulació d'aigua de pluja per a la seva infiltració al terreny, formats per cel·les estructurals, maons perforats o graves. L'aigua de pluja pot arribar a aquests dispositius directament per escorrentiu superficial o bé mitjançant conduccions provinents d'altres tipus de dispositius (rases drenants, cunetes vegetades, paviments permeables, etc.). La seva funció principal és emmagatzemar l'aigua de pluja per a la seva infiltració, reduint així el volum abocat al medi receptor durant els episodis de pluja.

Els pous i dipòsits d'infiltració es poden integrar fàcilment en espais urbans consolidats, ja que ocupen poca superfície. El seu disseny ha de garantir la descontaminació de l'escorrentiu urbà captat al seu pas per la trama urbana, ja que l'aigua infiltrada arribarà a l'aqüífer.



Imatge 15. Construcció de dipòsit de graves a Bon Pastor



Imatge 16. Acabat sobre el dipòsit de graves de Bon Pastor

Els principals aspectes a considerar de cara al disseny dels pous i dipòsits d'infiltracio són els següents:

- Aquests dispositius s'han de col·locar en terrenys amb una capacitat d'infiltració elevada (superior a 10^{-5} m/s).
- Es recomana que la granulometria de les graves tingui una porositat superior al 30%, per tal que el dipòsit o pou tingui una elevada capacitat d'emmagatzematge.
- Els pous d'infiltració han de tenir una fondària mínima de 2 m, podent assolir fondàries de fins a 4 m en el cas dels pous revestits (amb paret estructural). Els pous poden assolir fondàries superiors en cas que calgui travessar alguna capa d'argiles per poder arribar a capes inferiors amb major permeabilitat. No es recomana que aquests pous assoleixin la fondària del nivell freàtic.
- Els pous d'infiltració poden ser circulars o quadrats, de dimensions d'entre 1,2 i 2 m de diàmetre o costat.
- Han d'incorporar un registre per a la seva inspecció, neteja i manteniment.
- Els dipòsits i pous buits (que no siguin de graves) tenen una major capacitat d'emmagatzematge, però han de tenir una estructura de reforç per evitar el seu ensorrament. També han d'incorporar un filtre per evitar l'entrada de sòlids a l'interior del dipòsit.
- Han d'incorporar un element sobreeixidor per evacuar correctament el volum d'escorrentiu generat en episodis de pluja intensos, que no pugui ser gestionat pel dispositiu.
- Es recomana protegir els pous i dipòsits amb sistemes antiarrels, en cas que hi hagi vegetació amb arrels profundes en la seva proximitat.
- Es recomana la col·locació d'una làmina separadora tipus geotèxtil entre la capa de terra vegetal i la capa drenant, en cas que el dispositiu tingui vegetació a la seva superfície, o bé integrada a uns 30 cm de fondària, en el cas de pous o dipòsits de graves sense vegetació, per reduir el risc de colmatació del dispositiu per l'arrossegament de fins.



Imatge 17. Construcció de dipòsit d'infiltració a ca l'Alier.



Imatge 18. Acabat i registre del dipòsit de Ca l'Alier.

7.9. Escossells d'infiltració (I-ESC)

Els escossells drenants o d'infiltració són un dispositiu format pel propi escossell on es planta l'arbre, i que pot incorporar arbusts, si les dimensions ho permeten, recolzat sobre un sòl estructural, compost per graves o cel·les estructurals, en el qual s'emmagatzema aigua per a la seva posterior infiltració al terreny. Per a un major rendiment, es recomana connectar-los entre sí, ja sigui en superfície, mitjançant paviment estriat, o en el subsòl, mitjançant rases drenants o tubs de connexió.



Imatge 19. Escossells drenants a Can Cortada



Imatge 20. Escossells drenants a Bon Pastor

Els aspectes que cal tenir en compte per a la implantació dels escossells d'infiltració són els següents:

- El terreny sobre el qual es construeixin ha de tenir una bona capacitat d'infiltració.
- L'espècie a plantar ha de ser resistent tant a la sequera com a situacions de saturació del subsòl.
- El sistema ha de permetre el correcte creixement de les arrels, i alhora es recomana que les espècies escollides no tinguin arrels molt denses o profundes que puguin malmetre o saturar el sòl estructural.
- Poden incorporar una superfície d'emmagatzematge lliure ne el propi escossell, o bé es poden col·locar enrasats amb el paviment.
- Els escossells han de ser compatibles amb la presència de xarxes de subministrament de serveis a les voreres.
- En alguns casos pot ser necessària la col·locació d'una membrana lateral per evitar la migració d'aigua cap al subsòl del viari, ja que la seva acumulació podria afavorir l'aparició d'assentaments a la calçada.

7.10. Cunetes vegetades (T-CUN)

Les cunetes vegetades són canals amples, de poca fondària i que solen estar cobertes de vegetació, que recullen l'escorrentiu superficial i afavoreixen la sedimentació, la filtració i la infiltració al terreny. A més, transporten l'aigua d'escorrentiu que no poden tractar per sí

mateixes cap a un altre tipus de dispositiu (per exemple pous o dipòsits d'infiltració, estanys, etc.) o bé cap al sistema de drenatge convencional, mitjançant sobreeixidors o embornals.

Les cunetes verdes es poden incorporar a les rases d'infiltració, per aconseguir sistemes amb una gran capacitat de gestió de l'aigua d'escorrentiu, combinant les estratègies de detenció, filtració i infiltració al terreny.



Imatge 21. Cuneta de terres amb fibra de coco al carril bici de l'Av. Diagonal



Imatge 22. Cuneta drenant al carril bici Av. Diagonal.

Els aspectes que cal considerar de cara al disseny de les cunetes vegetades són els següents:

- Es recomana que la secció sigui trapezoïdal o parabòlica, amb una base superior als 40 cm, i amb una fondàrtia no superior als 60 cm.
- El pendent longitudinal recomanat perquè l'aigua de pluja no agafi velocitats excessives que puguin ocasionar problemes d'erosió és del 1% al 3%. Per a pendents superiors, es recomana col·locar elements dissipadors d'energia, per a reduir la velocitat de l'aigua, com ara escolleres, fibra de coco, etc.
- Es recomana una pendent lateral entre 3H:1V i 4H:1V.
- Al final del seu recorregut, en el punt de desguàs a la xarxa o a un altre SUDS, es col·locarà un element sobreeixidor (tipus tapa reixa o embornal), amb un tub de desguàs de PVC SN4 i diàmetre mínim 300 mm.
- En parcs i zones verdes, en les quals l'aigua d'escorrentiu no té una càrrega contaminant significativa, es poden construir les cunetes amb terres, graves o escullera.
- En zones que rebin aportacions d'escorrenitu de vials, caldrà implantar una vegetació que tingui una bona capacitat de retenció de contaminants.
- Les espècies adequades per aquests tipus de dispositius són aquelles que tenen una bona capacitat d'adaptació a períodes de sequera i a inundacions.

7.11. Estanys i aiguamolls (T-EST)

Els estanys d'infiltració o detenció són zones d'emmagatzematge d'aigua de pluja amb una làmina permanent d'aigua i amb vegetació. Aquests dispositius són viables en zones on el nivell freàtic és alt i el nivell de precipitació permet satisfer un volum mínim permanent d'aigua durant tot l'any. La funció principals dels estanys o aiguamolls artificials és la sedimentació de partícules sòlides i l'absorció de nutrients per part de la vegetació. També afavoreixen el desenvolupament de la fauna i la flora i el creixement de la biodiversitat.

Els principals aspectes a considerar de cara al disseny i la implantació d'aquests dispositius són els següents:

- Els estanys no poden rebre aportacions directes de les aigües d'escorrentiu urbà, ja que l'elevada càrrega de sediments i partícules contaminants podria afectar la flora i la fauna que hi habiten. Per tant es recomana combinar els estanys amb altres dispositius previs de filtració i sedimentació.
- Es recomana una fondària màxima de la làmina permanent d'aigua d'entre 1 i 2 m, i l'alçada disponible per a l'emmagatzematge de l'aigua de pluja ha de ser com a mínim d'1 m.
- Han d'incorporar elements sobreeixidors al medi receptor per evacuar correctament l'execés d'aportació d'aigua en episodis de pluja d'elevada intensitat.
- Requereix de dispositius de dissipació d'energia i sedimentació de l'aigua d'escorrentiu equivalents al 5-10% de la seva superfície i volum per al seu correcte funcionament.
- Es recomana una relació entre longitud i amplada de 3:1.
- En terrenys permeables, en cas el terreny ho permeti, és aconsellable incorporar zones d'infiltració en el propi estany.



Imatge 23. Estany de laminació i tractament a Viladecans.

7.12. Franges de bioretenció (T-BIO)

Les franges de bioretenció són dispositius dissenyats per a l'emmagatzematge i la infiltració de l'aigua de pluja al terreny. La seva composició tant a nivell de vegetació com la granulometria del substrat permet aconseguir una elevada capacitat de retenció de sediments i contaminants, per la qual cosa és el dipositiu més adient per a tractar aigües d'escorrentiu amb certa càrrega contaminant, com són les aigües de calçada.



Imatge 24. Franja de bioretenció a la plaça de les Dones

Pel seu disseny s'aplicaran els mateixos criteris que per als parterres inundables, ja que la seva geometria i funcions són similars. En les franges de bioretenció es consideraran a més els aspectes següents:

- La capa de substrat hauria de ser de 0,8 a 1 m de fondària com a mínim, en el cas que s'implanti vegetació arbustiva, per tal que el dispositiu tingui una capacitat òptima de bioretenció. Es recomana que la fondària d'aquesta capa sigui aproximadament uns 10 cm més profunda que la fondària estimada de les arrels.
- En cas que sigui compatible amb la vegetació, es pot col·locar una primera capa de mulch, que afavoreix el creixement de microorganismes que capten hidrocarburs i matèria orgànica.
- La composició òptima de la capa de bioretenció seria la següent: un 20-40% de matèria orgànica, un 40-50% de sorres, i un 15-25% de mantell. Es recomana un percentatge d'argiles inferior al 10%, i que el pH del conjunt estigui al voltant del 5.5 i 6.5 aproximadament, ja que en aquest rang és on es produeix una major activitat microbiana i una major adsorció de contaminants.
- Per a un òptim rendiment de les franges de bioretenció, es recomana la implantació de sistemes de filtració previs, com ara franges o rases filtrants perimetrals, per a reduir la velocitat de l'escorrentiu i per retenir una part de sòlids gruixos en suspensió que arriben al dispositiu.

- De la mateixa manera que en els parterres inundables, es col·locarà una làmina de separació tipus geotèxtil entre la capa de substrat i la capa drenant, per a reduir el risc de colmatació de la capa drenant per arrossegament de fins.
- La fondària de la capa drenant vindrà determinada pel volum d'emmagaztematge requerit, en funció de la superfície de la conca vessant, i de la permeabilitat del terreny natural. En qualsevol cas, es recomanen fondàries d'entre 0,8 i 1 m. No es recomana tenir en compte la porositat de la capa de bioretenció per al càlcul del volum d'emmagatzematge del dispositiu.

8. SELECCIÓ DE LA TIPOLOGIA DE SUDS.

Un cop analitzats els aspectes generals a considerar per al disseny dels SUDS definits a l'apartat 5.1, i revisats els condicionants establerts a l'apartat 5.2 aplicats al sector a urbanitzar, es pot iniciar el procés de selecció del tipus de SUDS més adient. A la

Figura 4 es representa el procediment a seguir per a la selecció de la tipologia de SUDS adequada segons els criteris definits anteriorment.

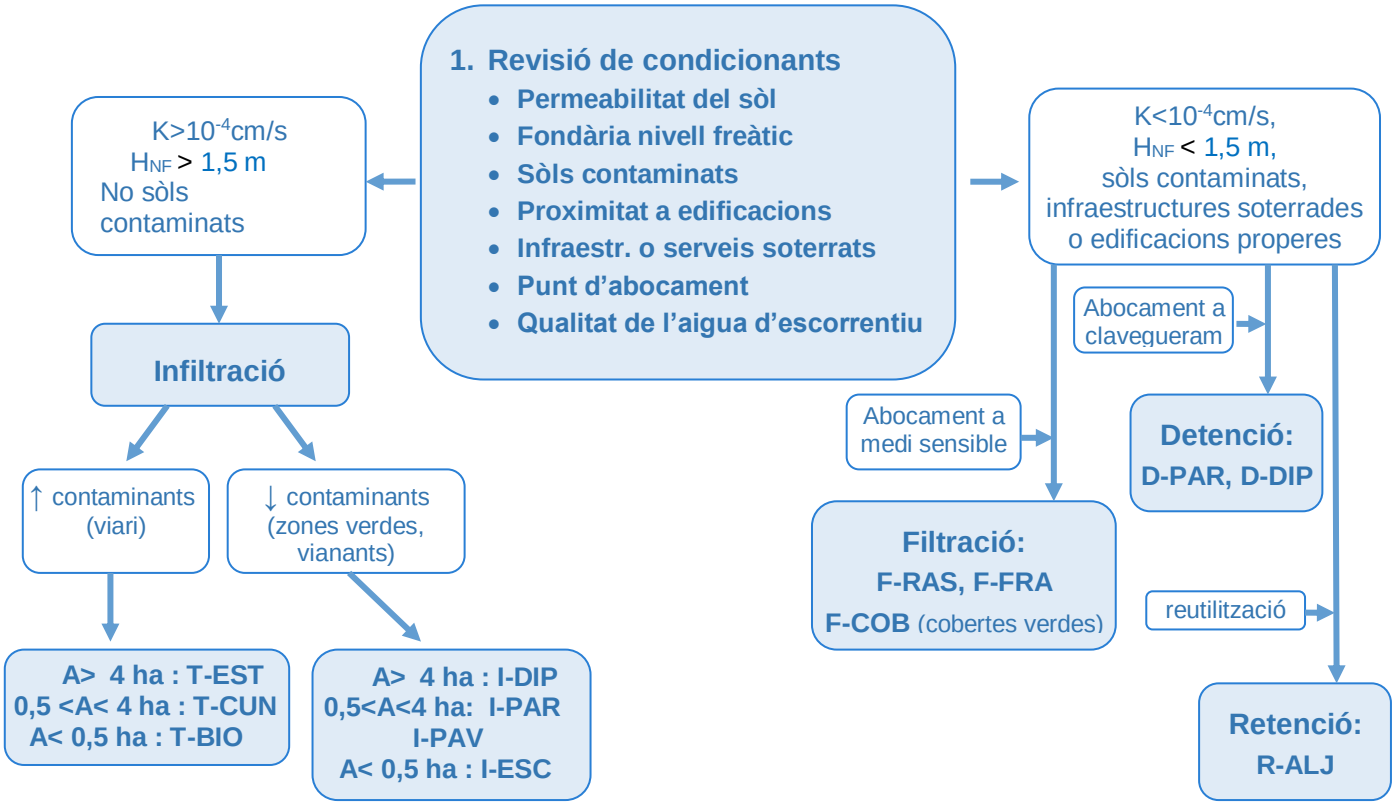


Figura 4. Diagrama de flux per la selecció de la tipologia de SUDS.

8.1. Avaluació multicriteri preliminar

La selecció dels SUDS ha de realitzar-se considerant diversos criteris. És requereix l'estudi dels condicionants i paràmetres físics que incideixen en la selecció de la tipologia dels SUDS, i també la definició les prestacions i els objectius desitjats per aquests sistemes. La

Taula 1 resumeix els beneficis potencials de cada tipus de SUDS, així com els costos de construcció i manteniment relatius de cadascun.

SUDS Tipus		Reducció cabal punta	Reducció del volum d'escorrentia		Millora qualitat de l'aigua	Beneficis per al ciutadà	Beneficis per a la biodiversitat	Cost constr.	Cost mant.
			Events freqüents	Events extrems					
Detenció	**D-DIP** dipòsits de detenció	++	++		++	+		Baix	Baix
	D-PAR parterres de detenció	++	++		++	++	++	Baix	Baix
	R-ALJ aljubs	+	++	+		++		Baix	Baix/Mig
Filtració	**F-FRA** franges filtrants		++		++	+	+	Baix	Baix/Mig
	F-RAS rases filtrants	+	++		++	+	+	Baix	Mig
	F-COB cobertes verdes	+	++		++	++	++	Alt	Mig/Alt
Infiltració	**I-POU** pous d'infiltració	++	++	++	++	+	+	Baix	Mig
	I-DIP dipòsits d'infiltració	++	++	++	++	+	+	Alt	Mig
	I-PAV paviments permeables	++	++	++	++	+	+	Alt	Mig
	I-PAR parterres inundables	++	++	++	++	++	++	Mig	Mig
	I-ESC escossells d'infiltració	+	++		++	+	++	Mig	Mig
Tractament	**T-BIO** franges de bioretenció	++	++	++	++	++	++	Mig	Mig
	T-EST estanys d'infiltració	++			++	++	++	Baix	Baix
	T-CUN cunetes vegetades	++	++	+	++	++	++	Baix	Baix

++ Compliment objectiu probable
+ Compliment objectiu possible, si especialment dissenyat

Taula 1. Beneficis potencials i barem de costos de construcció i manteniment per als diferents tipus de SUDS .

La selecció de les diferents opcions de drenatge en una zona urbana, ha de tenir presents els condicionants de l'entorn, els costos de construcció i també els costos de manteniment, reparació i reposició dels dispositius mitjançant una eina d'estimació multicriteri, que permeti valorar també els beneficis ambientals i socials dels SUDS envers tots els costos que es puguin donar durant la vida útil de la infraestructura.

Aquestes eines combinen criteris quantitatius, per exemple costos i emissions, amb altres criteris qualitatius i qualitatius, de forma que es pugui decidir entre diferents opcions de drenatge amb una informació més completa i una visió més integrada, comunicant d'aquesta forma a la ciutadania, els beneficis d'una gestió de l'aigua de pluja més sostenible. En aquest sentit, es recomana l'eina E²STORMED per realitzar una avaluació multicriteri del SUDS:

E²STORMED Decision Support Tool: Disponible en:

https://www.up2europe.eu/european/projects/mprovement-of-energy-efficiency-in-the-water-cycle-by-the-use-of-innovative-storm-water-management-in-smart-mediterranean-cities_135627.html

9. ASPECTES A CONSIDERAR EN LA REDACCIÓ DEL PROJECTE D'URBANITZACIÓ

La redacció del projecte d'urbanització o de rehabilitació integral de l'espai públic en el qual es preveu la implantació de SUDS requereix considerar també altres aspectes que el projectista haurà de considerar per a garantir el correcte funcionament dels dispositius i optimitzar així la seva vida útil dels SUDS.

9.1. Topografia.

Es recomana afavorir una topografia formada per superfícies amb baix pendent i conques capaces de retenir i laminar l'escorrentia sense generar grans desnivells. Es preferible evitar la formació de talussos, especialment amb pendent superiors al 10%. Es recomana evitar, en la mesura que sigui possible, les modificacions del terreny existent en presencia de vegetació existent o hàbitats potencialment valuosos.
Si no és possible evitar la creació de talussos, cal prendre una sèrie de mesures durant la fase de disseny amb consideració del seu futur manteniment i estabilitat, per exemple, als talussos amb pendents superiors al 10% cal valorar la possibilitat d'incloure-hi tècniques d'estabilització i retenció de sòls, com ara mantes, teles, geomalles o geocel·les, i altres, depenent de cada cas concret.

9.2. Laminació de l'escorrentiu superficial

El projecte d'urbanització haurà d'incloure les estratègies necessàries per a evitar que l'escorriment superficial adquireixi un cabal i una velocitat excessius. Amb aquest objectiu és recomanable:

- Capturar sovint l'escorriment i amb varietat de dispositius.
- Donar continuïtat a les zones vegetades perquè actuïn de superfícies de laminació.
- Restringir les àrees impermeables a la menor superfície possible.
- Aplicar pendents mínimes en paviments i parterres.
- Introduir cavallons, vores i reguerons als parterres o zones vegetades del projecte.
- Fomentar la formació de petites terrasses en lloc de grans talussos.
- Dissenyar els sistemes de contenció de terreny perquè laminin l'escorriment.
- Aplicar tècniques de retenció de sòls.
- Utilitzar paviments permeables sempre que sigui possible.
- Evitar cunetes, canals i claveguerons obertes.

9.3. Retenció de l'escorrentiu superficial

Per retenir la fase inicial de cada esdeveniment de precipitació i afavorir el seu tractament in situ mitjançant infiltració es poden incorporar les següents estratègies:

- Afavorir la detenció natural mitjançant punts baixos localitzats a les àrees vegetades.
- Intercalar àrees impermeables amb altres permeables.
- Reservar els emplaçaments i espais oportuns per als dispositius d'infiltració.
- Afavorir la filtració de l'escolament mitjançant superfícies vegetades.
- Preveure la introducció d'estanys i aiguamolls vinculats al sistema de drenatge.
- Fomentar altres tècniques alternatives de baix impacte que puguin resultar apropiades.

9.4. Aprofitament del drenatge natural del terreny

Per mantenir tant com sigui possible la topografia i l'estructura del sòl existent cal:

- Disposar els dispositius de drenatge aprofitant els pendents i les lleres existents.
- Permetre la inundació ocasional de les cotes baixes si no causa inconvenients.
- Evitar la descàrrega d'aigua d'escorrentiu incontrolada sobre lleres i superfícies.

10. COMPONENTS DELS SUDS I PROCÉS CONSTRUCTIU.

Les aigües d'escorrentiu poden arribar als SUDS per diverses vies:

- Per escorrentiu superficial. Els dispositius d'infiltració s'han de situar, en general, a la part inferior dels plans de l'escorrentiu en què es divideixin les conques vessants.
- Procedent d'altres dispositius d'intercepció, com ara cunetes, vorades, embornals o canals enreixats. En aquest cas, el disseny ha de tenir en compte la transició entre uns tipus de dispositius i els altres, i la necessitat de dissipar l'energia cinètica de l'aigua en moviment i la seva distribució de manera uniforme per tota l'àrea del dispositiu, per evitar problemes d'erosió i d'arrossegament de materials.
- Procedents de cobertes o terrasses d'edificis públics. L'aigua dels baixants es condueix des de les cobertes als SUDS mitjançant tubs o canals. En aquest cas, el sobreeixidor i les arquetes de repartiment han d'estar a l'interior de l'edifici i el seu titular és responsable del seu manteniment.

En cas que les aigües d'escorrentiu presentin un alt contingut de sediments, és recomanable introduir mesures de tractament preliminar de filtració de l'escolament, com ara franges filtrants, cunetes vegetades o dipòsits de sedimentació, per mantenir la capacitat drenant del dispositiu i reduir el risc de colmatació d'aquest.

A l'apartat 10.1 es descriuen els principals elements que composen els SUDS, i els aspectes a tenir en compte en la redacció del projecte constructiu; i a l'apartat 10.2 s'exposen els aspectes principals a tenir en compte per a la definició del procés constructiu dels SUDS.

10.1. Elements que composen els SUDS

Els elements que formen part dels SUDS es poden diferenciar entre:

- Elements interns: corresponen als elements que formen part del dispositiu d'infiltració-retenció. Es poden diferenciar entre:
    - Superficials: terrasses, rigoles, cunetes, canals, embornals, paviments permeables, estanys o aiguamolls, i elements auxiliars (sedimentadors, dissipadors d'energia, sobreeixidors).
    - Subterranis: rases, dipòsits i pous d'infiltració; drens, i elements auxiliars (registres, pous de connexió i de decantació).
- Elements externs: són aquells que es troben fora de l'àmbit estricte de la zona de drenatge, i poden ser naturals (rius, lleres) o artificials (connexions de desguàs, dipòsits, col·lectors, etc.).

En els següents apartats es descriuen els aspectes més rellevants d'aquests elements a tenir en compte a l'hora de dissenyar el SUDS.

10.1.1. Vegetació

La majoria de SUDS es projecten integrades en espais verds, i es doten d'una capa superior de vegetació, que realitza diverses funcions, com ara la retenció de contaminants, la protecció davant l'erosió, i la fixació del sòl entre d'altres.

Als beneficis ambientals i socials que els ecosistemes aporten a la ciutadania, com ara la millora de la salut i la qualitat de vida de les persones, i l'adaptació local al canvi climàtic de les ciutats, se'ls anomena serveis ecosistèmics. En aquest sentit, per obtenir els serveis ecosistèmics que aporta la implantació de vegetació, en el disseny de la infraestructura verda dels SUDS cal considerar els següents aspectes:

- Les condicions existents favorables a la biodiversitat, tals com els hàbitats d'espècies, l'orografia, la vegetació, el drenatge i els possibles cursos d'aigua superficials o subterranis. Aquests s'han de preservar sempre que sigui possible.
- Els serveis ambientals i socials que els ciutadans esperen dels espais verds. Cal dissenyar els SUDS amb criteris que facilitin la reducció del consum hídric i dels consums de conservació, i d'altra banda el foment de la biodiversitat.
- Les necessitats de conservació i manteniment dels espais verds. Per afavorir un model de gestió preventiu abans que correctiu, cal dissenyar els SUDS amb projecció de futur, considerant el cicle de vida de l'espai, el desenvolupament de les espècies vegetals a mig i llarg termini, les seves condicions edafològiques, i els seus requeriments en les condicions urbanes que imposa la ciutat de Barcelona. Com tota infraestructura, cal dimensionar correctament tant la seva geometria com la seva operativitat per obtenir el retorn de la inversió desitjat.
- El règim hídric que precisen les diferents espècies vegetals, tant per la seva implantació com per la seva supervivència a llarg termini. Les plantes tenen cert marge de decisió davant els estímuls que reben: quan no tenen aigua suficient, o el substrat no es l'adient per la seva fisiologia, o hi ha massa llum, posen en marxa un mecanisme molecular amb el qual modifiquen el seu desenvolupament per a protegir-se de la situació que les estressa, la qual cosa frena el seu creixement global i la seva capacitat fotosintètica i de defensa davant plagues i malures.

10.1.2. Material drenant

Les condicions generals recomanades per a material filtrant de reblert són les següents:

- Ha de ser material petri, cribat i net, sense pols ni material fi, amb un diàmetre uniforme que pot variar entre 63 mm i 20 mm amb una porositat total de com a mínim un 25%.
- En cas que incorporin un dren preformat modular per a l'evacuació de les aigües aquest ha de tenir com a mínim un 50% de porositat total.
- En cas que en el reblert s'incorporin cel·les de drenatge o geoestructures modulars, aquestes han de tenir com a mínim un 90% de porositat.

Hi ha una gran varietat de materials filtrants de farciment que gaudeixen de propietats estructurals, la qual cosa permet pavimentar-hi a sobre. És important consultar extensivament amb els subministradors i fabricants d'aquests materials, ja que alguns han desenvolupat interessants aplicacions a la solució dels problemes de drenatge per infiltració, fins i tot en condicions molt desfavorables.

10.1.3. Capa de separació

Per tal de preservar la capacitat d'emmagatzematge i de filtració de la capa drenant, es recomana col·locar làmines de separació tipus geotèxtil entre la capa de subtrat i la capa drenant, o entre capes drenants de diferent granulometria, amb superposició mínima de 40 cm.

10.1.4. Capa superficial

La superfície del dispositiu pot estar formada per terra i vegetació, graves, còdols, o un altre material permeable. També pot estar pavimentada, si el material utilitzat és permeable o si s'alimenta des d'altres dispositius de captura de l'escorriment.

10.1.5. Tub de repartiment

En dispositius lineals, com ara les rases drenants, que rebin l'aportació d'aigua des d'un extrem. és recomanable col·locar un tub de repartiment longitudinal perforat o dren preformat, sempre que la profunditat i disposició del dispositiu ho permeti. Aquest ha de ser recte, situat a la part superior de la rasa, immediatament sota la capa superficial i sobre la capa de separació, el diàmetre mínim serà de 160 mm.

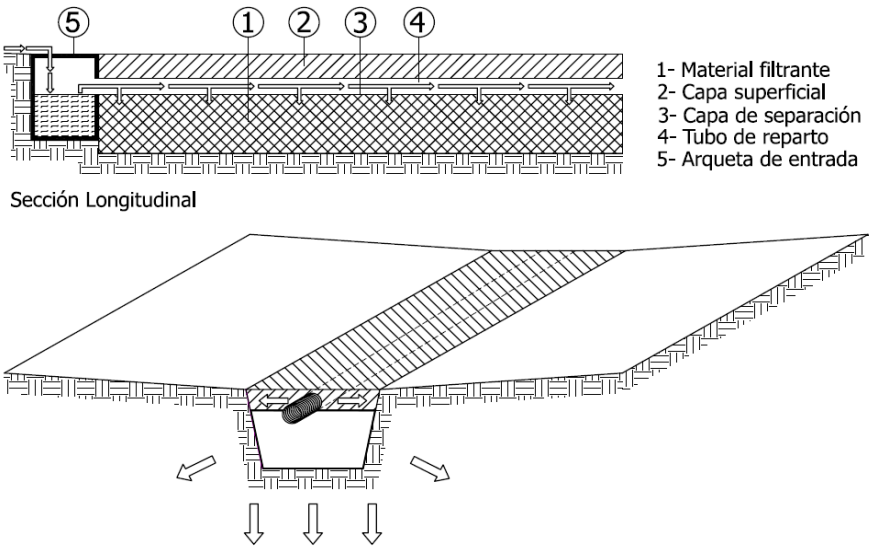


Figura 5. Esquema de rasa d'infiltració amb tub de repartiment. Font: NTJ 01K Part 2.

10.1.6. Pericons de registre

Els elements soterrats que formen els dispositius, com ara els tubs de drenatge, tubs de desguàs, pous i dipòsits soterrats, han de disposar de pericons de registre per a la realització de les tasques d'inspecció, neteja i manteniment. Les dimensions mínimes recomanades són:

- Per a registre de tubs de drenatge i de desguàs a altres dispositius: pericons de 40x40 cm.
- Per a registre i accés a dipòsits i pous d'emmagatzematge o infiltració: pous de 70x70 cm.

10.1.7. Pericó d'inspecció

Pot consistir en una canonada vertical perforada o oberta a la part inferior, i connectada a la superfície de manera que permeti mesurar-ne el nivell de l'aigua. És recomanable una distància entre pericons d'observació inferior a 50 metres en la longitud de la rasa.

10.1.8. Elements de captació de l'aigua de pluja.

La captura de la precipitació per a infiltrar en els SUDS es pot realitzar per escorrentiu superficial directe, o bé mitjançant altres dispositius, com ara vorades, cunetes, canals enreixats, embornals i similars, que recullin l'aigua de pluja i la condueixin cap als SUDS. El disseny dels SUDS ha de considerar la necessitat de dissipar l'energia cinètica de l'aigua en moviment i la seva distribució de manera uniforme per tota l'àrea del dispositiu.

10.1.9. Dispositius de vessament i sobreeiximent

Els SUDS han de disposar d'elements de vessament o sobreeiximent al medi receptor, per a poder gestionar correctament l'escorrentiu generat a la conca vessant en els episodis de pluja que superin la capacitat de gestió dels SUDS. Sempre que sigui possible, els SUDS han de vessar les aigües que ja no puguin gestionar cap a altres zones verdes o al medi natural. En zones urbanes els SUDS han de disposar de sobreeixidors que condueixin l'excedent d'aigua cap a la xarxa de clavegueram.

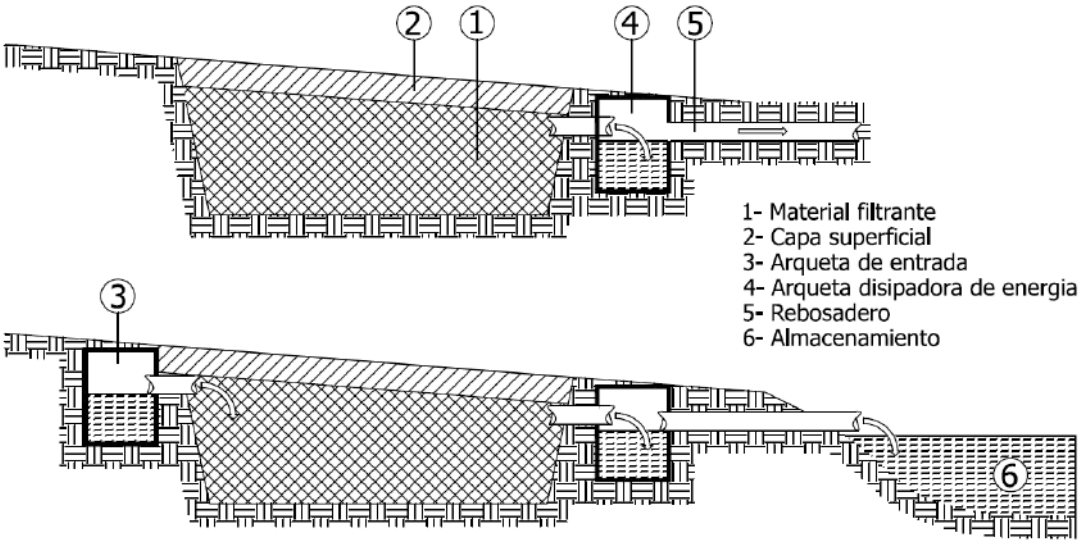


Figura 6. Esquema de funcionament dels tubs de vessament o sobreeiximent. Font: NTJ 01K Part 2.

De la mateixa manera que la resta d'elements de la xarxa de clavegueram, els pous o reixes sobreeixidors i els tubs que condueixen les aigües sobrants cap a la xarxa, es dimensionen per una pluja de disseny de període de retorn T=10 anys. Aquests sobreeixidors garanteixen que una vegada superada certa cota d'emmagatzematge d'aigua en els parterres (normalment entre 20-40 cm), l'escorrentiu excedent sigui conduït cap a la xarxa de clavegueram.

A la ciutat de Barcelona, s'han instal·lat fins a dia d'avui tres tipologies de sobreeixidors diferents:

- Embornals a vorera: Aquest sistema s'ha utilitzat a l'àmbit Torre Baró i a la Plaça de les Dones. Consisteix en la utilització com element sobreeixidor d'embornals convencionals col·locats fora dels parterres enfonsats, al límit dels mateixos, de manera que quan l'aigua sobreeix del parterre és captada per aquests embornals, que hauran de complir els criteris i condicions establerts a la vigent "Instrucció relativa als Elements Urbans de la ciutat de Barcelona".



Imatge 25. Embornal sobreeixidor a la plaça de les Dones



Imatge 26. Escocell i a la dreta embornal sobreeixidor a Torre Baró

- Pous sobreeixidors: Aquest sistema s'ha fet servir en diversos àmbits de la ciutat, com són Marina del Prat Vermell, Bon Pastor, Can Cortada i Ca l'Alier, entre d'altres. Consisteix en la utilització com element sobreeixidor de pous circulars amb tapa foradada i abatible de D70 cm, amb els elements de captació normatius per a l'Ajuntament de Barcelona, com tapa foradada de fundició, o reixes d'embornal encadellades tipus BCN10 de mides 100x50 cm. Aquests pous es situen dins dels parterres, a una cota inferior a la de coronació del parterre (la fondària dependrà de la capacitat de desguàs requerida). En cas que el dispositiu rebi grans aportacions d'aigua, es valorarà la col·locació d'una obertura o bústia lateral entre la cota superior del pou i la tapa o reixa, per augmentar la capacitat de desguàs de l'element sobreeixidor.



Imatge 27. Pou sobreeixidor a Bon Pastor



Imatge 28. Pou sobreeixidor a Can Cortada

- Bústies metàl·liques laterals: Aquest sistema s'ha utilitzat en els àmbits de Ca l'Alier i a Bon Pastor. Consisteix en la utilització com element sobreeixidor de bústies executades amb planxes d'acer corten dins dels parterres enfonsats, en el límit dels mateixos. També es poden executar amb elements tipus bústia de fosa dúctil. Les dimensions mínimes de les bústies han de ser de 50x15 mm, i han d'incorporar un registre (en el propi element o al costat) per a poder realitzar les tasques d'inspecció, neteja i manteniment del sobreeixidor.



Imatge 29. Sobreeixidor lateral a Ca l'Alier



Imatge 30. Sobreeixidor lateral a Bon Pastor

Els tubs de connexió dels sobreeixidors amb la xarxa de clavegueram hauran de tenir capacitat suficient per a transportar el cabal punta a captar pels sobreeixidors per a la pluja de disseny de la xarxa (T=10 anys). La connexió dels pous sobreeixidors amb la xarxa de clavegueram es realitzarà mitjançant tub de PVC tipus SN4 de diàmetre mínim 400 mm i embolcallat amb un dau de formigó HM-20 de 10 cm de gruix.

Les reixes d'embornal, pous de registre, tubs de connexió, i qualsevol element de clavegueram que composen els sobreeixidors dels SUDS s'executaran seguint els criteris i condicions establerts a la *Guia de criteris tècnics generals de la xarxa de clavegueram de Barcelona*.

Per tal de reduir el nombre de connexions a la xarxa de clavegueram, en zones on es col·loquin diversos sobreeixidors propers entre ells, aquests es podran connectar entre sí (connexions en "T" o en "L"), i fer una única connexió al clavegueram. La connexió entre sobreeixidors es realitzarà mitjançant un tub de PVC tipus SN4 de diàmetre mínim 300 mm, amb un rebliment de sorres de 15 cm de gruix, com a mínim.

10.1.10. Elements no estructurals

La senyalització dels SUDS es realitzarà d'acord el Manual de Senyalització dels Espais Verds amb pictogrames específics dels SUDS, per exercir una labor didàctica del seu paper en reduir el risc d'inundació, la contaminació del medi, així com explicar els efectes beneficiosos en la biota, i en la salut de la ciutat, transmetre el missatge de que són serveis ecosistèmics.

10.2. Procés constructiu dels SUDS

En aquest apartat s'exposen els principals aspectes a considerar en la definició del procés constructiu dels aspectes comuns dels SUDS. En qualsevol cas, el projecte haurà d'incloure la

definició detallada del procés constructiu corresponent a la tipologia i dimensions els SUDS projectats en cada cas.

10.2.1. Excavació

En excavar el volum necessari per a l'execució d'un dispositiu d'infiltració es desestabilitza l'estructura del sòl, que tendeix a respondre de manera dinàmica. També es trenca o altera l'espai d'intercanvi entre el sòl i la precipitació. En el cas dels sòls sorrencs, la resposta pot esdevenir d'una forma ràpida, que desestabilitzi la mateixa excavació. Als sòls argilosos, que posseeixen major cohesió, aquestes respostes es manifesten en un termini més ampli de temps.

Els sòls argilosos poden oferir més resistència al restabliment de l'intercanvi amb l'aigua de drenatge i és freqüent que la mateixa excavació generi un front impermeable en els talussos resultants, que cal trencar.

El temps de resposta i de restauració de l'equilibri depèn de factors entre els quals hi ha la presència de vegetació, la granulometria, la consistència, la profunditat d'excavació, la humitat, la permeabilitat, l'estratigrafia i la climatologia.

Davant l'eventualitat d'una possible excavació per tal d'infiltrar la precipitació d'un espai verd, el projectista està obligat a realitzar una anàlisi simplificada per obtenir l'angle de talús estable per al tipus de sòl, especialment per a excavacions amb sol·licitacions externes (trànsit o d'altres) o en el veïnatge de camins, edificacions o altres estructures.

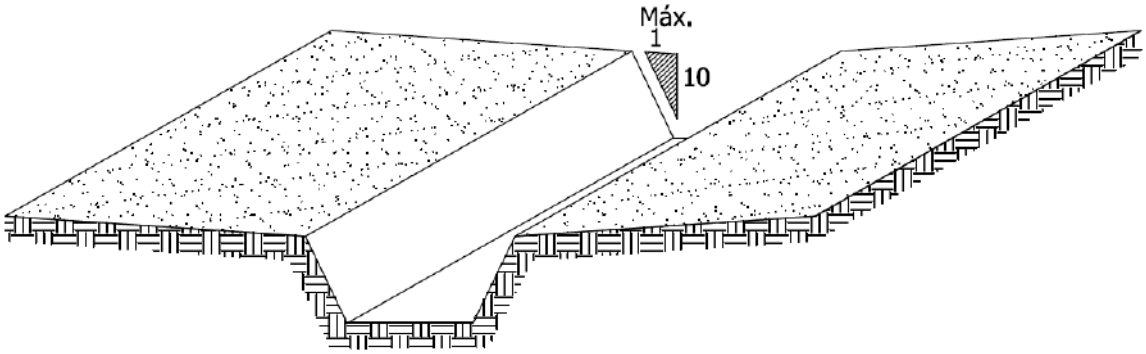


Figura 7. Esquema d'excavació en talús de rasa d'infiltració. Font: NTJ 01K Part 2.

10.2.2. Pendent longitudinal del fons

És recomanable que el fons de la rasa sigui horitzontal. Si el terreny presenta pendent al llarg de la rasa, l'alçada d'aquesta és la de l'extrem de menor profunditat, i és recomanable dividir la rasa en trams de longitud màxima per evitar que l'aigua acumuli energia cinètica.

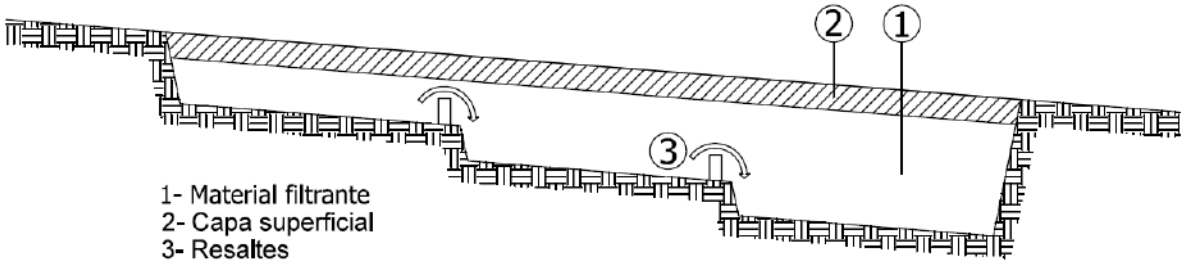


Figura 8. Esquema de construcció del fons del dispositiu de drenatge. Font: NTJ 01K Part 2.

10.3. Sensorització i monitorització dels SUDS

Per a poder realitzar un seguiment de l'estat i del funcionament dels SUDS, és necessari implantar en els dispositius elements de control dels paràmetres que permetin estimar el rendiment dels SUDS, com ara:

- permeabilitat del terreny
- retenció de contaminants
- cabal de sortida pels sobreeixidors
- pluviometria
- mesura i seguiment de la terbolesa de l'aigua filtrada
- mesura i seguiment del pH de l'aigua filtrada
- mesura i seguiment del nivell freàtic prop de les zones d'infiltració
- mesura i seguiment de la qualitat del freàtic prop de les zones d'infiltració
- mesura de la humitat de les zones d'infiltració

La mesura d'aquests paràmetres, en continu i/o amb determinacions puntuals, serà de gran utilitat per a avaluar l'estat de colmatació dels SUDS (comparant amb la infiltració inicial), a partir del qual es poden definir les tasques de manteniment correctives a realitzar, així com estimar la vida útil dels dispositius. En cada cas caldrà determinar els sensors de control més adients i la integració de les dades en els sistemes i bases de dades que determini l'Ajuntament.

10.3.1. Permeabilitat del terreny

La mesura de la permeabilitat del terreny permet avaluar la capacitat d'infiltració de l'aigua de pluja dels SUDS.
Existeixen diverses tipologies de sensors que permeten mesurar la velocitat d'infiltració de l'aigua en el subsòl, com ara els permeàmetres de càrrega constant o càrrega variable, els infiltròmetres de doble anella, o bé els lisímetres (aquests últims permeten també la presa de mostres de l'aigua filtrada). La majoria d'aquests aparells s'utilitzen per a campanyes de presa de dades, no per a mesurar dades en continu (monitorització). Alguns models de lisímetres sí que permeten la presa de dades en continu i per tant es podria tenir una idea del comportament dels SUDS durant i després dels episodis de pluja, i poder fer també un seguiment del rendiment dels SUDS al llarg de la seva vida útil.

10.3.2. Cabal de sortida pels sobreeixidors

En aquells dispositius que disposin de sobreeixidors a la xarxa de clavegueram o al medi, la mesura del cabal de sortida de l'aigua de pluja per aquests, conjuntament amb la mesura de la pluviometria, permet estimar el volum d'aigua de pluja que gestionen els SUDS. La diferència entre el volum d'aigua de pluja i el volum abocat pels sobreeixidors ens donarà el volum retingut pels SUDS.
En cas que la zona on s'implantin els SUDS no disposi de cap pluviòmetre existent a la seva proximitat, es recomana la instal·lació d'un sensor de pluja que mesuri la intensitat de precipitació.

La mesura del cabal de sortida pels sobreeixidors en continu es pot realitzar mitjançant un cabalímetre o bé mitjançant un limnímetre o sensor de nivell (amb la secció del tub i el pendent de la canonada es pot estimar el cabal circulant, a partir de la mesura del calat o alçada del nivell d'aigua circulant).
En cas que es col·loquin limnímetres en els sobreeixidors, caldrà estudiar la seva ubicació per tal que les dades recollides no es vegin alterades pel cabal circulant pels col·lectors als quals es connecten.

10.3.3. Retenció de contaminats.

L'anàlisi de la retenció de contaminants que es produeix en els SUDS s'ha de realitzar mitjançant campanyes de presa de mostres de l'aigua d'escorrentiu que arriba als SUDS, i de l'aigua filtrada després del pas per al dispositiu. En qualsevol cas, aquest anàlisi s'ha de realitzar en aquelles tipologies que realitzin tractament de les aigües d'escorrentiu amb elevada càrrega contaminant, com és el cas de les aigües de provinent del viari (en franges de bioretenció o parterres inundables).
La implantació d'estacions de qualitat en els SUDS permeten obtenir dades en continu de diferents paràmetres, com ara la conductivitat, pH i terbolesa. No obstant, la concentració de contaminants que solen ser presents en l'aigua d'escorrentiu (metalls pesants, hidrocarburs, nitrogen, fosfor) s'obté mitjançant anàlisis de laboratori.
En aquest sentit, cal dotar als SUDS d'elements auxiliars que permetin la recollida de mostres (d'aigua i de sòl) abans i després del procés d'infiltració:

- Per a la caracterització de l'aigua d'escorrentiu que arriba als SUDS cal realitzar una presa de mostres en els propis embornals o bé mitjançant algun element perimetral al SUDS que condueixi l'aigua cap a un punt de control.

En el cas dels SUDS dissenyats per a realitzar el tractament de les aigües d'escorrentiu, per tal d'analitzar l'estat dels SUDS caldrà dur a termede forma periòdica les següents accions:

- Per a determinar l'acumulació de contaminants en els SUDS cal realitzar una presa de mostres del sòl que composa el SUDS (de la capa més superficial).
- Per a avaluar la bondat del funcionament del dispositiu, caldrà realitzar assaigs de concentració de contaminants en el terreny natural sobre el qual s'han construït els SUDS, mitjançant sondeigs per a la presa de mostres per al seu anàlisi al laboratori.

A l'**ANNEX 3** d'aquesta guia s'exposa la periodicitat de la realització dels assaigs pertinents i la metodologia a emprar, i s'estableixen els llindars que indiquen el grau de contaminació del sòl en cada cas.

11. DIMENSIONAMENT DELS SUDS

Un cop s'han analitzat els factors considerats en els criteris de disseny definits en l'apartat anterior, i s'ha seleccionat la tipologia dels SUDS més adient, cal procedir al dimensionament del dispositiu escollit.

Es realitza un pre-disseny del dispositiu, que inclou la selecció de la tipologia, la definició geomètrica i la definició del punt d'abocament, i es realitzen els càlculs necessaris per a verificar el correcte funcionament dels SUDS dissenyats, que com a mínim, inclouen:

- El volum d'escorrentiu generat per la conca (V_e)
- El volum d'emmagatzematge dels SUDS (V_{SUDS})
- El temps de buidat dels SUDS (t_{buidat})

A la

Figura 9 s'indiquen els passos a seguir per al correcte dimensionament dels SUDS, que es desenvolupen en els corresponents apartats.

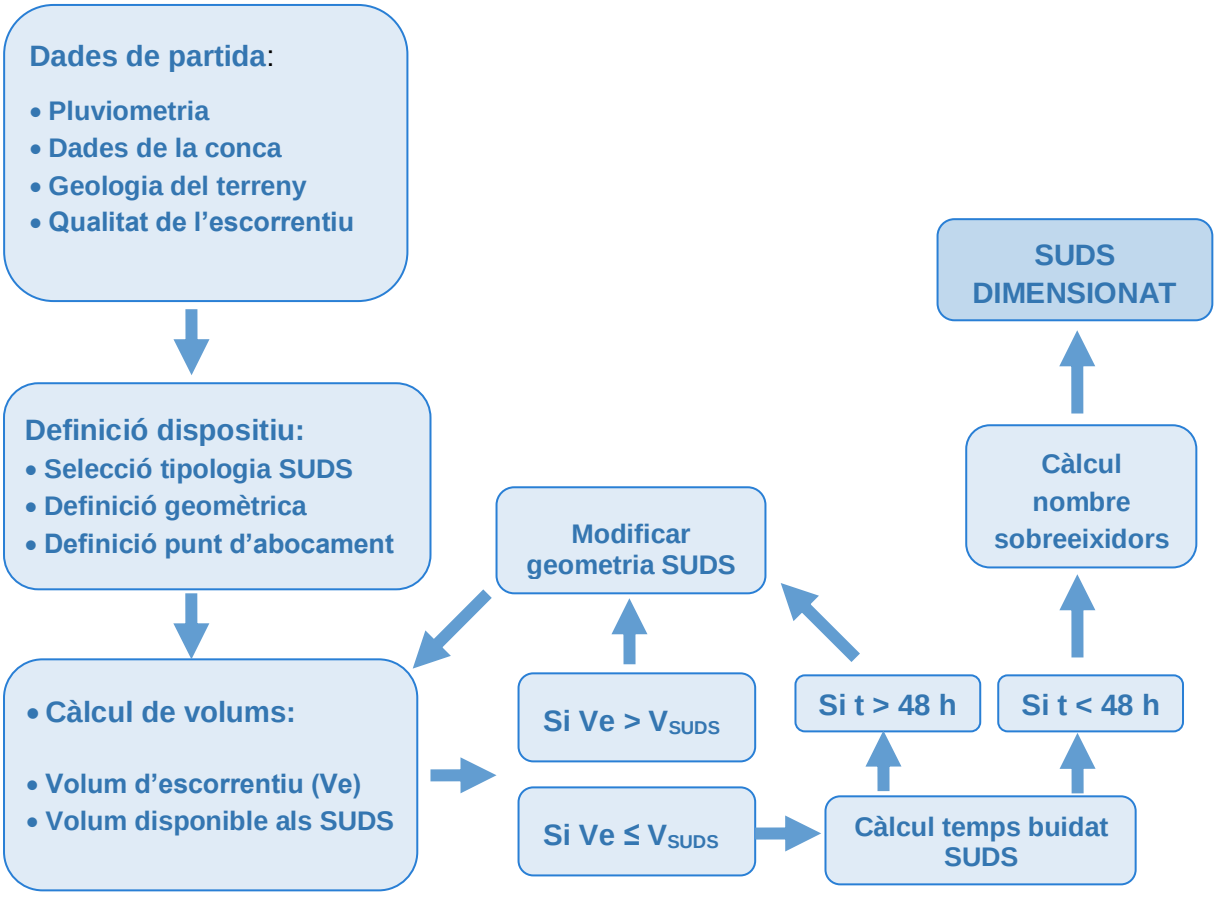


Figura 9. Passos a seguir pel dimensionament dels SUDS

11.1. Dades de partida per al disseny dels SUDS.

A continuació s'exposen les dades de partida necessàries per al disseny dels SUDS a la ciutat de Barcelona.

11.1.1. Pluviometria.

Els SUDS funcionen de manera òptima amb pluges de baixa a moderada intensitat. El criteri establert en l'estudi realitzat en el marc de l'actualització del PLARHAB per al càlcul del volum d'aigua de pluja que es pot gestionar amb SUDS a Barcelona és que aquests puguin recollir els primers 15 mm de precipitació dels dies de pluja, valor que correspon al percentil 80 de la pluviometria de Barcelona per un any mig. És a dir, que els SUDS s'han de dissenyar per a què siguin capaços de gestionar el volum d'aigua generat a la seva conca vessant per a pluges de fins a 15 mm (V_{80}). Intentar gestionar percentatges superiors implicaria la necessitat de dispositius de majors dimensions i, per tant, unes despeses d'inversió i manteniment més elevades. Aquest valor s'ha obtingut a partir de l'anàlisi de la pluviometria de l'any 2009, considerat com a any mig dels darrers 20 anys.

A la

Figura 10 es representa la sèrie pluviomètrica de l'any 2009, per al pluviòmetre P23 situat a l'Eixample de Barcelona (considerant només els episodis amb P>1 mm). Ordenant la sèrie de precipitació anual de major a menor, s'obté que el valor de la precipitació corresponent al V80 (80% dels episodis) correspon a 15 mm, per tant aquest és el valor de precipitació que s'utilitza per al dimensionament dels SUDS.

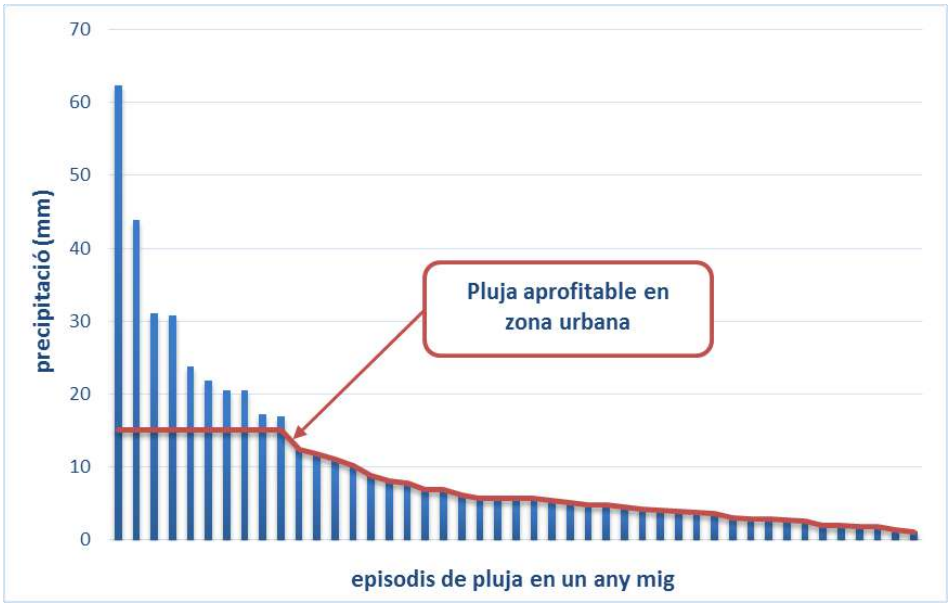


Figura 10. Sèrie pluviomètrica de l'any 2009 -pluviòmetre P23 i llindar de P≤15 mm.

En els episodis de pluja d'intensitat moderada a elevada (P>15 mm), els SUDS permeten gestionar una part del volum generat i reduir el cabal punta. L'aigua de pluja que no puguin

gestionar els SUDS s'haurà de captar mitjançant elements de drenatge convencional, per tant els SUDS hauran de disposar d'un sobreeixidor a la xarxa de clavegueram.

11.1.2. Característiques de la conca a drenar

Per a un correcte dimensionament dels SUDS és necessari determinar els paràmetres principals que defineixen la conca o conques vessants als SUDS. Aquests són:

- La superfície de la conca o subconques vessants als SUDS (A_i).
- La longitud de la conca principal (L).
- El pendent transversal i longitudinal de la superfície urbanitzada (i%).
- La topografia del terreny i definició de la geometria de l'espai públic (àrees de voreres, calçada, espais verds, punts baixos).
- Els coeficients d'escorrentiu superficial aplicables a les conques vessants (c_i). Aquest coeficient és adimensional i representa aproximadament el percentatge de l'aigua de pluja que es converteix en escorrentiu superficial. A la Taula 2 s'indiquen els valors establerts de *c* a la ciutat de Barcelona.

Tipus terreny	c
Vials i voreres impermeables	0,95
Cobertes impermeables	0,95
Cobertes verdes, vegetació intensiva	0,30
Cobertes verdes, vegetació extensiva	0,60
Paviments permeables	0,70
Superfícies de sauló	0,60
Zones verdes	0,30

Taula 2. Coeficients d'escorrentiu superficial segons el tipus de terreny en zona urbana.

Aplicant el coeficient d'escorrentiu superficial corresponent (c_i) a les diferents superfícies a drenar (A_i), s'obté l'àrea total impermeable (A_{imp}) a gestionar pels SUDS:

$$A_{imp} = \sum_{i=1}^{i=n} c_i * A_i$$

A partir de l'àrea impermeable s'obté el volum d'aigua de pluja a gestionar pels SUDS.

11.1.3. Geologia del terreny

La capacitat d'infiltració de l'aigua de pluja en el terreny natural depèn directament de la seva permeabilitat. És a dir, els terrenys sorrencs tenen molta més capacitat d'infiltració que els terrenys argilosos.

Per a la selecció de la tipologia dels SUDS i per al seu dimensionament, cal identificar els materials que conformen el subsòl de la zona d'estudi. Per a tenir una primera aproximació, es poden consultar els mapes geològics de les zones urbanes al web de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (http://www.icgc.cat), que es poden descarregar en format pdf o shp.

Segons els materials que composen el subsòl, es pot fer una estimació de la permeabilitat del terreny a la zona d'estudi. A la Taula 3 s'indiquen els valors orientatius de permeabilitat de

diferents tipologies de sòls. Es consideren òptims per a la infiltració aquells sòls amb una permeabilitat superior a 10^{-6} m/s = 0,36 cm/h.

Tipus terreny	K (m/s)	
Graves	10^{-2} - $5{\cdot}10^{-2}$	Ràpida
Sorra neta	10^{-4} - 10^{-2}	
Mescla de sorres	$5{\cdot}10^{-5}$ – 10^{-4}	
Sorra fina	10^{-5} – $5{\cdot}10^{-5}$	
Sorra llimosa	10^{-6} – $5{\cdot}10^{-6}$	Mitjana
Mescla de sorres, llims i argiles	10^{-7} - 10^{-5}	
llims	10^{-7} - $5{\cdot}10^{-6}$	Lenta
Argilós	10^{-7} – 10^{-8}	

Taula 3. Coeficients d'impermeabilitat segons el tipus de sòl. Fonts: The SUDS Manual, 2015; Hidrología Subterránea (E. Custodio, M.R. Llamas)

Aquests valors orientatius poden ser útils per fer una primera selecció dels SUDS que poden ser d'aplicació a la zona d'estudi. En qualsevol cas, per al dimensionament dels SUDS serà necessari realitzar un assaig de permeabilitat del terreny natural de la zona, per comprovar *in situ* la capacitat d'infiltració de l'aigua de pluja en el terreny.

A l'**ANNEX 3** es detalla la metodologia a seguir per a realitzar l'assaig de permeabilitat del terreny.

11.1.4. Característiques físico-químiques de l'aigua d'escorrentiu urbà

L'aigua de pluja és, a priori, gairebé aigua destil·lada, ja que prové de la condensació d'aigua prèviament evaporada. Però al llarg del seu recorregut pel cicle hidrològic, la seva composició i qualitat canvien, i es va carregant de diverses substàncies. Les aigües pluvials tindran una composició o una altra segons l'atmosfera i les superfícies amb les que hagi tingut contacte. L'aigua de pluja rep ja a l'atmosfera un cert grau de contaminació i comença a captar sòlids i contaminació associada al circular pels teulats i els carrers. Per tant, tenir informació del grau de contaminació de les aigües a gestionar en cada cas és una eina molt útil per a la selecció de la tipologia dels SUDS i per al seu disseny, com la distribució de les capes filtrants i la selecció de la vegetació.

El disseny detallat dels SUDS que incorporin tècniques de tractament de les aigües pluvials ha de dotar al dispositiu de la capacitat de tractament i eliminació de contaminats requerida en funció de la qualitat de les aigües d'escorrentiu generades a la seva conca vessant.

Amb l'objectiu de poder caracteritzar la qualitat de les aigües d'escorrentiu urbà, en el marc del projecte SOSTAQUA (CDTI, 2010) es va realitzar una campanya de presa de mostres als SUDS de Torre Baró (abans i després de passar pels SUDS). A la Taula 4 s'exposen els valors dels paràmetres físico-químics i microbiològics analitzats, corresponents a la mitjana de les mostres d'aigua d'escorrentiu urbà recollides.

PARÀMETRE	VALOR (ENTRADA SUDS)
Determinació de pH a 20 ºC (upH)	8,44
Conductivitat a 20 º C (µS/cm)	328,5
Matèries en suspensió (mg/l)	33,19
Clorurs (mg Cl/l)	15,0
Fòsfor total (mg P/l)	10,93
Nitrogen total (mg N/l)	38
Nitrats (mg NO_3/l)	12,25
Salinitat (mg Na/l)	173,50
Calci (mg/l)	627,75
Magnesi (mg/l)	22,50
Silici (mg/l)	20,89
Escherichia coli (NMP/100ml)	$2,0 \times 10^4$
Coliformes totals (NMP/100 ml)	$3,4 \times 10^6$
Enterococs fecals (UFC/100ml)	$9,7 \times 10^3$
Terbolesa (NTU)	2.280
Olis i greixos (mg/l)	188,5

Taula 4. Valors mitjans de qualitat d'aigües d'escorrentia urbana dels SUDS de Torre Baró. Font: projecte SOSTAQUA

Els valors de la taula anterior són valors mitjans, no obstant cal tenir en compte l'elevada variabilitat de la qualitat de les aigües pluvials en funció de l'episodi de precipitació, del tipus de superfície d'aportació al punt de mostreig, de l'estat de neteja de la mateixa, etc.

A l'espera de poder realitzar noves campanyes de presa de mostres i anàlisis de les aigües d'escorrentiu urbà, es prendran els valors d'aquest estudi com a valors de referència en quant a la qualitat de l'afluent.

Els mecanismes de tractament de contaminants utilitzats en el disseny dels SUDS són la sedimentació, filtració, adsorció, biodegradació, o la precipitació, entre d'altres. A la

Taula 5 s'indiquen els percentatges de reducció de contaminants estimats per diferents tipologies de SUDS.

% de reducció de contaminants	Sòlids en Suspensió	Fòsfor Total (PT)	Nitrogen Total (NT)	Metalls pesants (Cd, Cu, Pb, Zn)	Patògens (cf)
Paviments permeables (I-PAV)	80	50	50	60	N/A
Franges de bioretenció (T-BIO)	85	80	60	95	90
Parterres inundables (I-PAR)	60	50	40	80	N/A
Pous, rases i dip. infiltració (I-DIP)	100	100	100	100	100
Estanys d'infiltració (T-EST)	85	75	55	60	85
Cunetes vegetades (T-CUN)	50	25	20	30	N/A

Taula 5. % de reducció de contaminants per diferents tipologies de SUDS.

11.2. Càlcul del volum generat a gestionar pels SUDS (V_e).

El volum d'escorrentiu (Ve) generat a les conques vessants corresponent al V80 s'obté a partir de la fórmula següent:

$$Ve = A_{imp} * \frac{P(V_{80})}{1000}$$

on:

P (V80) és la precipitació associada al percentil V80 per Barcelona, equivalent a 15 mm.

A_{imp} és la superfície impermeable equivalent a drenar amb els SUDS, que s'obté aplicant la fórmula exposada a l'apartat 7.1.2.

En cas que amb els SUDS a dissenyar es pretengui gestionar un volum de pluja superior a l'establert en aquesta guia, caldrà augmentar el valor de P fins al corresponent al percentil seleccionat.

11.3. Càlcul de la capacitat d'emmagatzematge dels SUDS.

La capacitat d'emmagatzematge dels SUDS depèn de la seva tipologia, les seves dimensions (superfície i fondària), i de la granulometria de les capes de terreny que conformen els SUDS. De forma general, el volum útil d'emmagatzematge dels SUDS es pot calcular de la següent manera:

$$V_{SUDS} = \sum_{i=1}^{i=m} A_i * h_i * n_i$$

on:

A_i = Àrea de la base de la capa *i* que forma el SUDS, en m^2.

h_i = Altura de la capa *i* que forma el SUDS, en m.

n_i = porositat o volum de forats de la capa *i* del SUDS, adimensional.

m = nombre de capes que conformen el SUDS.

A la Figura 11 es representa un esquema tipus de SUDS per infiltració. Els valors de porositat varien segons la granulometria de les diferents capes dels SUDS.

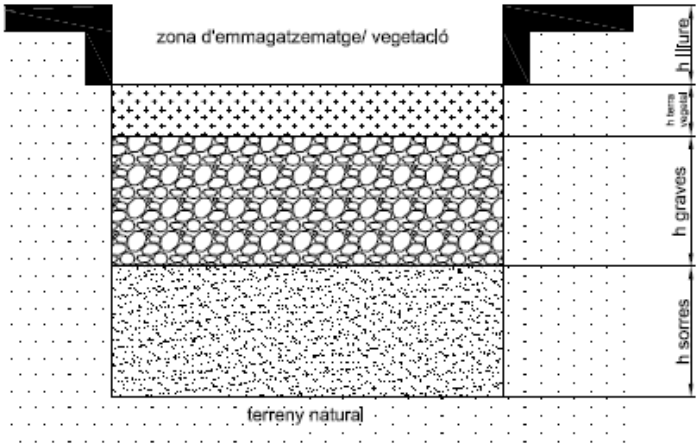


Figura 11. Esquema genèric de SUDS d'infiltració.

El valor del volum de forats de la zona d'emmagatzematge dependrà del tipus de vegetació, de forma genèrica es pot aplicar un valor de 0,85 (es pot afinar aquest valor en funció de la densitat de la vegetació escollida en cada cas). En el cas de cunetes verdes o rases d'infiltració sense vegetació aquest coeficient es podria augmentar a 0,95.

Per motius de seguretat, l'alçada màxima de l'espai lliure d'emmagatzematge dels SUDS s'estableix en 0,30 m. Per a fondàries superiors, caldrà realitzar esglaonaments progressius o bé implantar dispositius de protecció perimetrals.

En cas que els SUDS incorporin cel·les o caixes reticulars soterrades d'emmagatzematge, la porositat corresponent al volum d'aquestes serà el recomanat per al fabricant (valors usuals 0,9-0,95).

A la Taula 6 s'indiquen els valors de porositat de les graves i sorres que conformaran els SUDS.

VALORS DE POROSITAT PER A MATERIALS FILTRANTS	
Material	**Mitjana**
Sorres o sorres amb graves	0,2 – 0,3
Graves uniformes	0,30 – 0,40
Graves amb tubs perforats	0,40 – 0,50
Geocompostos i drens perforats	0,5 – 0,6
Cel·les d'infiltració	0,9 – 0,95

Taula 6. Porositat eficaç per diferents tipus de sòls (%). Font: Recomanacions de projecte de Drenatge: dispositius d'infiltració (Fundació de la Jardineria i el Paisatge, 2014).

Un cop s'obté el volum que són capaços de gestionar els SUDS dissenyats, cal comprovar que aquest és major o igual que el volum d'escorrentiu superficial generat per la conca vessant als SUDS. En cas contrari, caldrà modificar la geometria i/o la granulometria dels SUDS per tal que aquests assoleixin la capacitat requerida, segons el procés definit a la

Figura 9.

11.4. Càlcul del temps de buidat dels SUDS.

Tal com s'ha exposat a l'apartat 5.1 d'aquesta guia, s'estableix que el temps de buidat dels SUDS ha de ser inferior a 48 hores. El temps de buidat correspon al temps que triga el dispositiu a buidar-se completament un cop acabat l'episodi de pluja. No es té en compte l'evaporació de l'aigua emmagatzemada (d'aquesta manera es dóna un marge de seguretat al dimensionament del dispositiu en aquest aspecte).

En el càlcul del temps de buidat del dispositiu es considera que aquest es realitza tant per la base com pels laterals de la capa de reblert on es produeix l'emmagatzematge de l'aigua captada. En aquest cas, el temps de buidat (en hores) es pot calcular mitjançant la fórmula següent (Font: *The SUDS Manual, CIRIA):*

$$t_{buidat} = \frac{n * A_b}{K * P} * log_e \left(\frac{h_{max} + \frac{A_b}{P}}{\frac{h_{max}}{2} + \frac{A_b}{P}} \right)$$

on:

n : porositat mitjana del dispositiu d'infiltració, calculada segons: $n = \frac{\sum_{i=1}^{i=m} n_i * h_i}{h_{total}}$

A_b : àrea de la base del dispositiu d'infiltració, en m^2.

K : permeabilitat, en m/h.

P : perímetre de la base, en m.

h_{max} : alçada màxima de la columna d'aigua des de la base de la infiltració.

En els casos en què els SUDS tinguin poca fondària, i en zones urbanes on a l'entorn dels SUDS hi hagi una elevada presència de serveis, per al càlcul del temps de buidat no es té en compte la infiltració lateral, ja que aquesta serà mínima (es considera que el buidat es realitza mitjançant flux unidimensional, en sentit vertical). En aquest cas, el càlcul del temps de buidat (en hores) es pot calcular mitjançant la següent fórmula:

$$t_{buidat} = \frac{\sum_{i=1}^{i=m} n_i * h_i}{K}$$

on:

h_i = Altura de la capa *i* que forma el SUDS, en m, incloent la primera capa d'emmagatzematge lliure.

n_i = porositat o volum de forats de la capa *i* del SUDS, adimensional.

m = nombre de capes que conformen el SUDS.

K = coeficient de permeabilitat del terreny natural, en m/h

En cas que el temps de buidat sigui superior a 48 hores, es poden realitzar els següents modificacions en el dispositiu per a complir amb aquest requisit:

- Augmentar la superfície del SUDS i reduir l'alçada de les capes que el composen.
- Incorporar sistemes de drenatge soterrats per a l'evacuació de l'aigua que no es pugui filtrar en el temps desitjat al medi receptor, si no es pot incrementar la superfície dels SUDS.
- Canviar la tipologia de SUDS escollida a una altra que s'adapti millor als condicionants el terreny existent.

11.5. Dimensionament dels sobreeixidors.

Els SUDS han de disposar dels elements necessaris per a captar i evacuar l'escorrentiu superficial que no siguin capaços de gestionar durant els episodis de pluja intensos. El punt de desguàs d'aquests sobreeixidors pot variar, depenent de la ubicació dels SUDS:

- En l'entorn urbà, els sobreeixidors es connectaran a la xarxa de clavegueram. En aquest cas, caldrà obtenir el vistiplau de l'Ajuntament de Barcelona, que realitzarà el corresponent informe del projecte seguint el *Protocol de tramitació de projectes d'urbanització de l'Ajuntament de Barcelona.*
- En l'entorn periurbà, s'analitzaran amb detall les possibilitats de connexió, si hi ha o no xarxa de clavegueram propera, si estem a la proximitat d'una llera o torrent, etc. En cas que es

prevegi que els sobreeixidors desguassin a una llera o torrent, caldrà tenir el vistiplau de l'autoritat competent, l'Agència Catalana de l'Aigua.

- En zones verdes es pot estudiar la seva desconnexió del sistema de drenatge urbà, dissenyant els dispositius de manera que aquests siguin capaços de gestionar la pluja de disseny (T=10 anys), fomentant la retenció i la infiltració de la pluja in situ. No obstant, aquesta opció requereix un planejament avançat que tingui en compte la meteorologia del lloc i la consideració del risc a tercers. La seva viabilitat a llarg termini requereix un manteniment rigorós de les àrees desconnectades.

11.5.1. Càlcul del cabal punta.

Els elements sobreeixidors s'han de dimensionar perquè siguin capaços de captar i evacuar el cabal punta generat per la conca vessant corresponent al període de retorn de disseny del sistema de clavegueram i drenatge de la ciutat, que correspon a T=10 anys.

El cabal generat per les conques vessants als SUDS es pot calcular seguint el Mètode Racional, que és d'aplicació per a conques de petita superfície (inferior a 4 ha) i amb plans d'escorrentiu d'escassa complexitat. En qualsevol cas, es deixa a criteri del projectista avaluar la possibilitat d'utilitzar mètodes de caracterització hidrològica més sofisticats, un cop superada la fase d'estimació i dimensionament preliminar del dispositiu d'infiltració.

El Mètode Racional obté el cabal a la sortida de la conca mitjançant la següent fórmula:

$$Q = \frac{c * i * A}{3{,}6}$$

On:

Q = cabal màxim generat per la conca, en m^3/s

A = àrea de la conca, en km^2

c = coeficient d'escorrentiu de la conca vessant

i = intensitat màxima associada al temps de concentració de la conca i al període de retorn de disseny (T=10 anys).

El temps de concentració de la conca ve determinat per les característiques d'aquesta: la longitud (L, en km), el pendent (j) i el grau d'urbanització (u, entre 0 i 1). La fórmula aplicable en cada cas varia en funció del grau d'urbanització de la conca, u:

- Per conques rurals o zones verdes, amb u < 4%: $T_c = 0{,}3 * \left(\frac{L}{j^{0{,}25}}\right)^{0{,}76}$

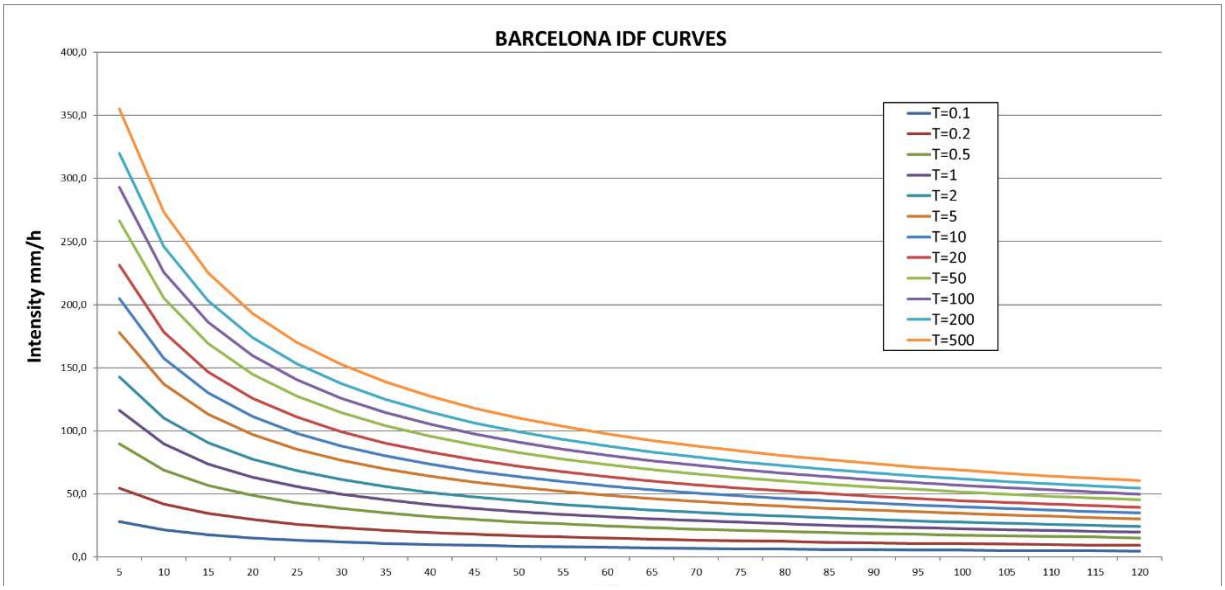
- Per conques urbanitzades amb u > 4%, urbanitzacions independents i curs principal no canalitzat:

$$T_c = \frac{1}{1+\sqrt{u(2-u)}} 0{,}3 * \left(\frac{L}{j^{0{,}25}}\right)^{0{,}76}$$

- Per conques urbanes: $T_c = \frac{1}{1+3\sqrt{u(2-u)}} 0{,}3 * \left(\frac{L}{j^{0{,}25}}\right)^{0{,}76}$

Un cop calculat el temps de concentració de la conca o subconques vessants als SUDS, s'obté la intensitat màxima associada al Tc i al període de retorn T a partir de les corbes IDF de la

ciutat de Barcelona. A la Figura 12 s'exposen els gràfics i els valors numèrics de les corbes IDF de la ciutat de Barcelona per a diferents durades i períodes de retorn.



T (years) \ t (minuts)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120
0.1	27.9	21.5	17.7	15.2	13.4	12.0	10.9	10.0	9.3	8.7	8.1	7.7	7.3	6.9	6.6	6.3	6.1	5.8	5.6	5.4	5.2	5.1	4.9	4.8
0.2	54.5	42.0	34.6	29.7	26.1	23.4	21.3	19.6	18.2	16.9	15.9	15.0	14.2	13.5	12.9	12.3	11.8	11.4	11.0	10.6	10.2	9.9	9.6	9.3
0.5	89.7	69.1	56.9	48.8	43.0	38.6	35.1	32.2	29.9	27.9	26.2	24.7	23.4	22.3	21.2	20.3	19.5	18.7	18.0	17.4	16.8	16.3	15.8	15.3
1	116.3	89.6	73.8	63.3	55.7	50.0	45.5	41.8	38.7	36.2	33.9	32.0	30.3	28.9	27.5	26.3	25.2	24.3	23.4	22.5	21.8	21.1	20.4	19.8
2	142.9	110.1	90.7	77.8	68.5	61.4	55.9	51.3	47.6	44.4	41.7	39.4	37.3	35.5	33.8	32.4	31.0	29.8	28.7	27.7	26.8	25.9	25.1	24.4
5	178.1	137.2	113.1	97.0	85.4	76.6	69.6	64.0	59.3	55.4	52.0	49.0	46.5	44.2	42.1	40.3	38.7	37.2	35.8	34.5	33.4	32.3	31.3	30.4
10	204.7	157.7	129.9	111.4	98.1	88.0	80.0	73.5	68.2	63.6	59.7	56.4	53.4	50.8	48.4	46.3	44.4	42.7	41.1	39.7	38.3	37.1	36.0	34.9
20	231.3	178.2	146.8	125.9	110.9	99.4	90.4	83.1	77.0	71.9	67.5	63.7	60.3	57.4	54.7	52.4	50.2	48.3	46.5	44.8	43.3	41.9	40.6	39.4
50	266.5	205.3	169.2	145.1	127.7	114.5	104.2	95.7	88.7	82.8	77.8	73.4	69.5	66.1	63.1	60.3	57.8	55.6	53.5	51.7	49.9	48.3	46.8	45.4
100	293.1	225.7	186.1	159.6	140.5	126.0	114.6	105.3	97.6	91.1	85.5	80.7	76.5	72.7	69.4	66.3	63.6	61.1	58.9	56.8	54.9	53.1	51.5	50.0
200	319.8	246.2	202.9	174.1	153.2	137.4	125.0	114.8	106.5	99.4	93.3	88.0	83.4	79.3	75.7	72.4	69.4	66.7	64.2	62.0	59.9	58.0	56.2	54.5
500	354.9	273.3	225.3	193.2	170.1	152.5	138.7	127.5	118.2	110.3	103.6	97.7	92.6	88.0	84.0	80.3	77.0	74.0	71.3	68.8	66.5	64.3	62.3	60.5

Figura 12. Corbes IDF per a la ciutat de Barcelona. Font: IDF curves for the Barcelona metropolitan area, UPC (Casas M.C. et al.*, 2010)*

Per últim, el coeficient d'escorrentiu es calcularà tenint en compte la tipologia de la superfície de les conques vessants i de la pròpia superfície de SUDS. A la Taula 2 s'indiquen els valors més habituals de *c* per a diferents tipus de terreny en zones urbanes.
En cas que la superfície a drenar estigui formada per a diferents tipus de terreny, es calcularà el coeficient d'escorrentiu global de la conca, mitjançant la següent fórmula:

$$c = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_i * A_i}{A_{total}}$$

Un cop obtinguts els valors de *i* (mm/h) i de *c*, s'aplica la fórmula del mètode de racional i s'obté el cabal punta a desguassar pels sobreeixidors.

11.5.2. Càlcul de la capacitat dels sobreeixidors.

Per al correcte funcionament dels dispositius de drenatge, el cabal de desguàs dels sobreeixidors ha de ser igual o major que el cabal de disseny. La metodologia de càlcul de la capacitat dels sobreeixidors dependrà de la seva tipologia i de la geometria dels SUDS. Existeixen moltes casuístiques diferents per al disseny i desguàs dels sobreeixidors dels SUDS al medi receptor (que pot ser la xarxa de clavegueram, llera o torrent, estany, etc.).

A continuació s'exposa la metodologia de càlcul per als casos més habituals. Per al disseny d'elements més complexes o d' alternatives no contemplades en aquesta guia, caldrà adreçar-se a la bibliografia de referència.

11.5.2.1. Càlcul de la capacitat de sobreeixidors a l'interior dels SUDS.

En zones urbanes, el més habitual és que els sobreeixidors es connectin a la xarxa de clavegueram, per tant aquests elements estan formats per reixes d'embornal o reixes circulars, amb un pou de caiguda i un tub de desguàs a la xarxa de clavegueram. Aquests elements es col·loquen a l'interior dels SUDS, per exemple en parterres d'infiltració, tal com es representa a la *Figura 13*.

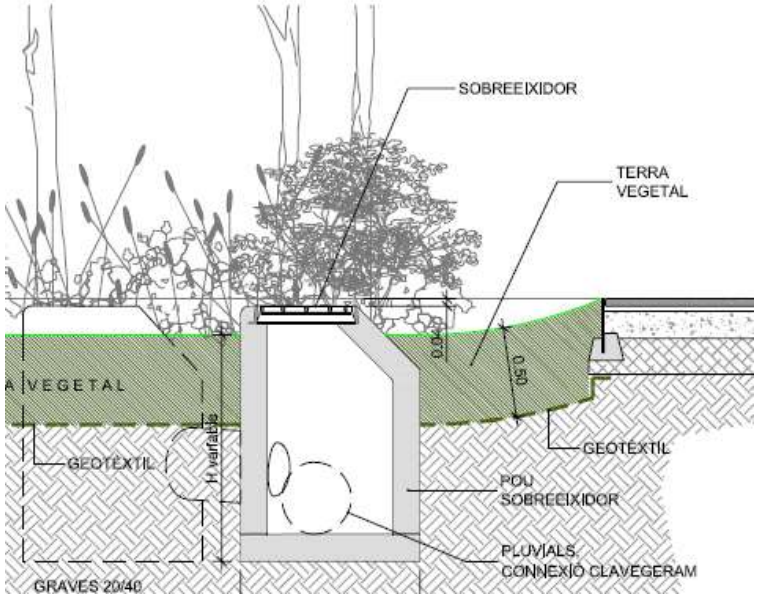


Figura 13. Detall de sobreeixidor en l'interior de SUDS a la Marina. Font: IMU.

En aquest cas, el sobreeixidor funciona com un desguàs de fons, i la seva capacitat es pot calcular mitjançant la següent fórmula:

$$\boldsymbol{Q} = \boldsymbol{C_d} * A_g * \sqrt{2 * g * h}$$

On:

C_d : coeficient de descàrrega, adimensional. Valors usuals 0,6 – 0,67.
A_g: Àrea de forats de la reixa, en m^2.
g : acceleració de la gravetat, 9,81 m/s^2
h: calat d'aigua sobre la reixa.

Per tal que el sistema funcioni correctament, el valor de *Q* ha de ser igual o superior al cabal punta generat a la conca vessant per a T=10 anys. Caldrà col·locar el nombre de sobreeixidors necessaris per tal que es compleixi aquesta condició, o bé augmentar el calat sobre el desguàs de fons, no obstant amb aquesta solució s'ha de tenir en compte que es perd capacitat de retenció d'aigua als SUDS.

11.5.2.2. Càlcul de la capacitat dels sobreeixidors mitjançant tub de desguàs lateral.

Aquest tipus de sobreeixidors poden ser d'aplicació en el cas que els SUDS desguassin directament a una llera o torrent o bé per al repartiment de les aigües entre diferents dispositius. A la

Figura 14 es representa el funcionament d'aquesta tipologia de sobreeixidor.

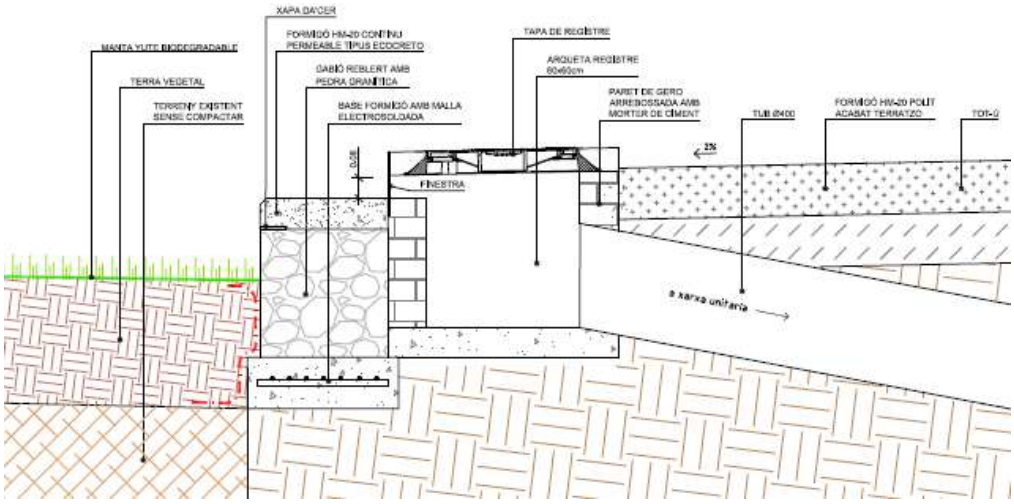


Figura 14. Detall de sobreeixidor lateral de SUDS a Bon Pastor. Font: IMU.

En aquest cas, cal dimensionar el diàmetre del tub de sortida per tal que aquest sigui capaç d'evacuar el cabal punta generat per la conca vessant als SUDS, per al *T* de disseny (10 anys). El cabal de sortida pel tub es calcula en condicions de descàrrega màxima, és a dir, amb el nivell d'aigua màxim possible per sobre del sobreeixidor, aplicant la següent fórmula:

$$Q = \frac{л * D^2}{4} * \sqrt{\left(\frac{2 * g * H}{K}\right)}$$

On:

- D: diàmetre del tub, en m.
- g: acceleració de la gravetat, en m/s^2
- H: es pot mesurar depenent de:
  - si la descàrrega es realitza lliurement, *H* correspon a la diferència entre l'alçada màxima de l'aigua per sobre del sobreeixidor i l'alçada de l'eix del tub de sortida.
  - Si la descàrrega es realitza submergida, *H* correspon a la diferència entre el nivell d'aigua a l'entrada i la sortida del tub.
- K: coeficient de pèrdua de carrega en el tub de sortida, adimensional. Es calcula considerant els pèrdues a l'entrada (0,2), a la sortida (1,0) i les pèrdues per la fricció del tub:

  $$K = 0{,}2 + 1{,}0 + f * \frac{L}{D}$$

  on *L* és la longitud del tub, *D* el diàmetre del tub i f és el coeficient de fricció del tub (0,012 per a tubs plàstics, 0,015 per a acer i 0,016 per a formigó).

En cas que el diàmetre resultant sigui inferior al diàmetre mínim establert per a permetre realitzar les tasques de manteniment, es col·locarà el tub amb aquest diàmetre, amb un element de reducció de la secció (mitjançant una reixa) per ajustar la secció útil de pas requerida.

11.5.2.3. Càlcul de la capacitat dels sobreeixidors de paret lateral.

Aquest tipus de sobreeixidors es poden col·locar per exemple en el cas de connexions entre diverses zones d'infiltració situades a diferent nivell, en rases filtrants que poden sobreeixir als vials on l'aigua sigui captada pels embornals, en el cas que els SUDS desguassin a un estany d'infiltració, etc.
En aquest cas resulta d'aplicació la fórmula simplificada per a sobreeixidors de paret rectangular:

$$Q = C_v * L * H^{1.5}$$

on:

Q : cabal de sortida pel sobreeixidor, en m^3/s.
L : longitud del sobreeixidor, en m.
H: alçada sobre el punt de sobreeiximent.
C_v : coeficient de vessament, adimensional. Es refereix a les condicions del vessament de l'aigua en el sobreeixidor. El seu valor varia segons la tipologia:

- Sobreeixidor de paret fina: $C_v = 1,7 – 1,9$ ($e<0,67 \cdot H$)
- Sobreeixidor de paret gruixuda: $C_v = 1,5 – 1,7$ ($e \geq 0,67 \cdot H$)

12. PROTOCOL DE TRAMITACIÓ DELS PROJECTES QUE INCORPORIN SUDS.

Els projectes que integrin SUDS hauran de disposar de les autoritzacions de les administracions que hi tenen competència en funció de la tipologia de SUDS.

En general, tots els projectes que inclouen SUDS hauran de seguir el "Protocol de tramitació dels projectes i seguiment de les obres ordinàries d'infraestructures i/o elements d'urbanització, conservació i millora i projectes d'urbanització que realitzen els diferents operadors municipals de la ciutat de Barcelona".

S'han elaborat dues taules tipus de caracterització dels SUDS, l'objectiu de les quals és poder disposar de les dades principals de geometria i funcions de les SUDS dissenyades, per a tenir-les inventariades i poder preveure les actuacions de manteniment a realitzar en cada cas.

Els projectes que incloguin SUDS hauran d'incorporar aquestes taules complimentades amb les dades necessàries per a la caracterització del dispositiu o dispositius dissenyats, ja sigui a la memòria del projecte o en el corresponent Annex de càlcul de drenatge. L'elaboració i lliurament d'aquesta taula serà requisit necessari per a l'aprovació del projecte, és a dir, obtenció de l'informe favorable del projecte per part de BCASA.

La documentació final d'obra inclourà la taula de caracterització dels SUDS construïts, amb les dades definitives corresponents al què s'hagi executat, i. el seu lliurament serà requisit necessari per a la recepció de les obres per part de BCASA.

S'adjunten a continuació les taules de caracterització dels SUDS.

- La Taula 7 recull les dades principals del projecte de SUDS.
- La Taula 2 recull les característiques dels elements que conformen els SUDS projectats o executats, on s'indiquen els camps a omplir en funció de la tipologia de SUDS dissenyada. En cas que el projecte d'urbanització contingui diferents tipologies de SUDS, caldrà omplir les columnes corresponents a cadascuna d'elles.

DADES GENERALS PROJECTE SUDS	Camps obligatoris
Nom actuació	X
Districte	X
Barri	X
Data construcció	X
Superfície SUDS (m2)	X
Superficie conca (m2)	X
Superfície impermeable equivalent (m2)	X
Permeabilitat terreny (m/s)	X
Cota nivell freàtic (m)	X
Promotor	X
Pressupost inversió (€)	X

Taula 7. Dades generals del projecte d'urbanització que inclou SUDS.

ELEMENT	TIPOLOGIA DE SUDS SEGONS LA SEVA FUNCIÒ												
	Retenció	Filtració			Infiltració		Infiltració/Detenció				Tractament		
	R-ALJ	F-RAS	F-FRA	F-COB	I-PAV	I-ESC	I/D-POU	I/D-RAS	I/D-DIP	I/D PAR	T-CUN	T-EST	T-BIO
Superfície conca (m^2)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sup. Imper. equivalent (m^2)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Procedència de l'aigua	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Punts de mostreig	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Elements sensorització	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Longitud (m)	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X
Ample (m)	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X
Alçada (m)	X	X	X		X		X	X	X	X	X		X
Fondària (m)							X		X	X	X		X
Alçada lliure (cm)						X	X		X	X	X	X	X
Superfície dipòsit/pou (m^2)	X						X		X				
Superfície SUDS (m^2)		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Volum emmagatzematge (m^3)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Superfície geotèxtil (m^2)		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Tipologia abocament (medi/claveg/SUD)		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Vegetació (SI/NO)		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Superfície vegetada (m^2)		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Tipus vegetació		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Número bombes	X												
Cabal bombes (m^3/h)	X												
Pressió bombes (bars)	X												
Usos de l'aigua	X												
Comptador	X												
Tipologia paviment					X	X							
Alçada terra vegetal (cm)		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Alçada capa 1 drenant (cm)		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Material capa 1 drenant		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Alçada capa 2 drenant (cm)			X		X		X	X	X	X	X		X
Material capa 2 drenant			X		X		X	X	X	X	X		X
Material tub dren		X		X	X	X		X	X	X	X		
Diàmetre tub dren (mm)		X		X	X	X		X	X	X	X		
Longitud tub dren (m)		X		X	X	X		X	X	X	X		
Pericons registre		X	X		X		X	X	X	X			
Dimensions pericons		X	X		X		X	X	X	X			
material pericons			X		X		X	X	X	X			
Material dipòsit/pou	X						X		X				
Cel·les drenatge (SI/NO)		X		X	X	X	X	X	X	X			
Dimensions cel·les		X		X	X	X	X	X	X	X			
Diam. sobreeixidor/desguàs		X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
tub desguàs/ sobreeixidor		X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Tipus sobreeixidor (lateral/embornal/tub)		X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Tipologia reixa					X	X	X	X	X	X	X	X	X
Long tub sobreeixidor/desguàs			X		X	X	X	X	X	X	X	X	X

Taula 8. Dades a incorporar en el projecte i as-built dels SUDS.

Es requeriex, en funció del tipus de SUDS, considerar les següents tramitacions a realitzar:

Agència Catalana de l'Aigua.
Caldrà realitzar el tràmit a l'ACA "Comunicació d'aprofitaments d'aigües subterrànies fins a 7.000 m3/any", o si l'aprofitament és superior a 7.000 m3/any serà necessari tramitar l'autorització de la concessió d'aprofitment d'aigües pluvials.

En funció de la tipologia de SUDS i si es produeix un abocament a medi, caldrà consultar a l'ACA el requeriment d'autorització d'abocament a medi.

Agència de Residus de Catalunya.
En cas de que en l'àmbit motiu d'estudi hagi tingut activitat potencialment contaminant del sòl es requereix la còpia compulsada de l'Informe de Situació de Propietat (ISpr) de l'ARC en relació a sòls contaminats.

Àrea metropolitana de Barcelona
En funció de la tipologia de SUDS i si es produeix un abocament a la xarxa de calvegueram, caldrà consultar a l'AMB el requeriment d'autorització d'abocament a la xarxa de clavegueram que consideri necessari.

TIPUS	Tramitacions addicionals en funció del tipus de SUDS
Aljubs (R-ALJ)	Tràmit ACA aprofitament aigües pluvials, tràmit AMB si s'escau.
Pous, rases i dipòsits d'infiltració / detenció (I/D-DIP)	Tràmits ACA aprofitament aigües pluvials, ARC i AMB, si s'escau.
Rases drenants (F-RAS)	Tràmit ARC, tràmit ACA/AMB si s'escau.
Franges vegetades (F-FRA)	Tràmit ARC, tràmit ACA(AMB si s'escau.
Cobertes verdes (F-COB)	Tràmit ACA/AMB si s'escau.
Paviments permeables (I-PAV)	Tràmit ARC, tràmit ACA/AMB si s'escau.
Escocells d'infiltració (I-ESC)	Tràmit ARC, tràmit ACA/AMB si s'escau.
Parterres inundables (I/D-PAR)	Tràmit ARC, tràmit ACA/AMB si s'escau.
Cunetes vegetades (T-CUN)	Tràmit ARC, tràmit ACA/AMB si s'escau.
Estanys i aiguamolls (T-EST)	Tràmit ARC, tràmit ACA/AMB si s'escau.
Franges de biorretenció (T-BIO)	Tràmit ARC, tràmit ACA/AMB si s'escau.

Taula 9. Tràmits en els projectes de SUDS

13. MANTENIMENT DELS SUDS.

Els SUDS tenen unes necessitats específiques de conservació i no són totalment assimilables a les categories existents d'infraestructures urbanes. En particular, cal esmentar que les tasques de jardineria associades específicament amb el manteniment dels SUDS no són assimilables amb les del manteniment general dels espais verds, ja que el funcionament i prestacions dels dispositius es poden veure afectats per la modificació o absència del seu manteniment específic. Per tant, és necessari formar als mantenidors dels SUDS en el funcionament i conservació d'aquestes infraestructures i desenvolupar plans i programes de conservació específics i avaluables en els seus resultats.

La reducció o eliminació del manteniment dels SUDS pot resultar en un descens substancial del seu rendiment i una reducció del seu cicle de vida, el que a la pràctica suposa un malbaratament de la inversió realitzada en la seva implementació a l'espai urbà. La manca de manteniment pot esdevenir en la necessitat de realitzar costoses reparacions, reemplaçaments o reconstruccions dels dispositius per a restablir les funcions per les quals han estat dissenyats. El cicle de vida estimat per als SUDS és relativament curt, de 15 a 30 anys, en funció de les tipologies de SUDS.

El manteniment a mitjà termini que inclogui procediments d'adaptació o millora substancial dels mateixos, tals com la neteja de graves, reposició de geotèxtils i revegetació, és indispensable per a assolir la vida útil dels SUDS considerada.

Els SUDS que apliquen sistemes de biofiltració vegetals no permeten una distinció clara entre la fase constructiva i operativa, ateses les característiques dels materials vius: estan en creixement permanent i s'han de mantenir des d'abans del final de l'execució d'obra.

Per tant, les necessitats de manteniment dels sistemes SUDS sovint solapen amb les dels espais verds, però poden ser molt més específiques. Cal indicar que moltes de les experiències amb SUDS es troben a ciutats de clima temperat, amb un règim de precipitació i temperatures molt diferents del de la ciutat de Barcelona. Les condicions edafològiques dels substrats mediterranis són també molt diferents. Per tot plegat, cal incidir en la creació de paràmetres de disseny i conservació adients pel clima mediterrani costaner i a la intensitat d'ús de l'espai urbà de Barcelona.

13.1. Aspectes a considerar en les fase de projecte i obra relatius al manteniment.

Per assegurar un funcionament adequat dels SUDS, com de qualsevol altra infraestructura, és important dur a terme les següents accions, durant la fase de redacció de projecte i d'execució de l'obra:

- Identificar, des de la fase de disseny conceptual, les necessitats de manteniment per a cada dispositiu inclòs en el sistema de drenatge.
- Identificar quins seran els responsables del manteniment dels diferents elements que componen el sistema.
- Desenvolupar un pla de manteniment on s'incorporin detalladament els requeriments establerts per a cada dispositiu.
- Vetllar perquè l'execució de l'obra es realitzi seguint les especificacions definides en el projecte.
- Mantenir els sistemes adequadament des del moment de la construcció fins que, si escau, es lliurin als propietaris.

- Transferir formalment la responsabilitat sobre les tasques de manteniment i operació, si escau.
- Dotar econòmicament el manteniment específic per a la tipologia dels dispositius dissenyats.

13.2. Aspectes a considerar en la redacció del Pla de Manteniment

Cada tipologia de SUDS té associades unes tasques concretes de manteniment a realitzar, per tant el projecte haurà d'incloure un Pla de Manteniment específic associat a la tipologia de SUDS projectada. En aquest sentit, el disseny dels SUDS considerarà les tasques de manteniment associat i garantirà que aquestes es puguin realitzar correctament, en termes d'accessibilitat, seguretat i eficiència.

El pla de manteniment dels SUDS ha de ser breu i concís, adaptat als dispositius seleccionats i executats, i ha d'incloure els següents aspectes:

- Localització dels dispositius SUDS.
- Característiques principals del dispositiu (tipologia, dimensions, breu descripció dels elements que el composen, nombre i tipus de sobreeixidors, si escau).
- Anàlisi de riscos i vulnerabilitats del dispositiu.
- Definició d'indicadors visuals per a detectar les necessitats de manteniment.
- Definició de les tasques de manteniment associades al tipus de SUDS executat.
- Pla d'acció davant un esdeveniment d'abocament accidental de contaminants.
- Recomanacions per a terceres companyies que hagin de realitzar obres.
- Persones de contacte en cas de detectar fallades.
- Fulls de registre i d'inspecció de les activitats de manteniment.

13.3. Definició de les tasques de manteniment segons la tipologia.

En aquest apartat es classifiquen les tasques de manteniment a realitzar segons la tipologia del dispositiu. Els principals factors que influeixen a l'hora d'establir el tipus i la freqüència de manteniment necessaris per als diferents components dels SUDS són:

- Els components dels SUDS: gespa, materials granulars, estructures metàl·liques o de formigó, etc.
- La grandària de la conca de drenatge que vessa a cada dispositiu SUDS, que tindrà efectes sobre el potencial erosiu i la càrrega de sediments acumulats.
- Els usos del sòl a la conca de drenatge.
- El nivell d'activitat de construcció en la conca drenada.
- Els tipus de plantes emprades als SUDS, així com el disseny de plantació i les tipologies d'hàbitats creades.
- Els requeriments estètics i recreatius de l'àrea (la freqüència de les tasques de manteniment en els SUDS vegetats sol ser major per qüestions estètiques que per les pròpiament funcionals).
- Els objectius o les funcions dels SUDS: infiltració, laminació, emmagatzematge, etc.

Les diferents tasques de manteniment a realitzar es classifiquen en funció de la freqüència de realització d'aquestes, segons:

- Manteniment preventiu o periòdic: el que es du a terme regularment (normalment amb periodicitat mensual i anual), i per tant, de gestió programable.
- Manteniment ocasional o adaptatiu: conjunt d'accions que previsiblement seran necessàries al llarg del cicle de vida, però en menor freqüència i menys predictibles que les de manteniment periòdic (entre anual i cada 10 anys o més).
- Manteniment correctiu: el destinat a deixar un espai, un element o un servei determinat en l'estat en què es trobava abans del deteriorament, alteració o el cessament de la seva aptitud. En principi no és necessari, però s'haurà de realitzar aquest manteniment com a conseqüència de situacions inesperades com accions vandàliques, pluges excessivament fortes que deteriorin les estructures, etc. És a dir, en principi, s'aplica quan sigui necessari. Les necessitats de manteniment correctiu es detecten durant les operacions de manteniment preventiu o les inspeccions. Quasi inevitablement, algun tipus de rehabilitació serà necessària al llarg del cicle de vida dels sistemes.
- Inspeccions: en funció del seu nivell, es pot distingir entre:
    - *Revisió ordinària*: duta a terme per personal no necessàriament qualificat, que participa en el manteniment dels SUDS o de viaris i zones verdes en general. Es detecten anomalies degudes a accidents, vandalisme, etc. així com situacions deficients de neteja, i es registren en un comunicat de revisió ordinària. Normalment es fan al mateix temps que les tasques de manteniment periòdic o de manteniment de carrers i espais oberts. Tasques dins d'aquesta categoria serien les revisions ordinàries a la recerca de possibles obstruccions i la revisió ordinària en recerca d'àrees erosionades.
    - *Inspecció tècnica*: revisió periòdica detallada, duta a terme per personal qualificat especialitzat per a cada àmbit d'inspecció, els resultats de la qual es reflecteixen en fulls de servei o informes tècnics. Inclou el seguiment, el monitoratge i l'avaluació dels SUDS. Més concretament, es poden esmentar tasques com la inspecció tècnica de les superfícies de filtració buscant possibles zones compactades i entollaments i la inspecció tècnica de les estructures d'entrada i els sistemes de pretractament per analitzar l'acumulació de sediments.

A la Taula s'exposen les principals tasques de manteniment que cal realitzar per a cadascuna de les tipologies de SUDS aplicables a la ciutat de Barcelona.

TASQUES DE MANTENIMENT

Aljubs (R-ALJ)			
Tasques	**Components**	**Tipus**	**Freqüència**
Netejar de fulles i escombraries	Canaleta, baixant, filtre, sobreeixidor	Periòdic	Anualment
Reemplaçament del filtre	Filtres	Ocasional	Quan sigui necessari (triennalment)
Netejar el tanc quan els sediments ocupin > 5% del volum total	Tanc	Ocasional	Quan sigui necessari (triennalment)
Reparació de l'erosió produïda pel sobreeixidor	Zona de sobreiximent	Correctiu	Quan sigui necessari (biennalment)
Adreçar problemes per infestació de mosquits	Baixant, filtres, tanc	Correctiu	Quan sigui necessari (triennalment)
Tractar l'aparició d'algues	Tanc	Correctiu	Quan sigui necessari (triennalment)
Reparació de danys estructurals al tanc o de la bomba	Tanc, bomba	Correctiu	Quan sigui necessari (quinquennalment)
Reconstrucció a la fi del cicle de vida	Filtre, tanc, tubs d'entrada i d'abstracció, bomba, sobreeixidor	Correctiu	Quan sigui necessari (cada 25 anys)
Inspecció ordinària a la recerca d'acumulació de fulles, escombraries i sediments. També d'algues i mosquits.	Canaleta, baixant, filtre, tub d'entrada, tanc, tubs d'abstracció, sobreeixidor	Inspecció	Anualment
Inspecció tècnica per a comprobar el bon funcionament de la bomba	Bomba	Inspecció	Triennalment

Dipòsits de Detenció / Dipòsits d'Infiltració (I/D-DIP)			
Tasques	**Components**	**Tipus**	**Freqüència**
Eliminar fulles, escombraries	Pretactrament, zona d'entrada/eixida, base, sobreeixidor	Periòdic	Mensualment
Eliminar sediments (al menys quan es trobin plens al 50 %)	Pretactrament, zona d'entrada	Ocasional	Quan sigui necessari (semestralment)
Reparació de danys estructurals	Pretactrament, zona d'entrada/eixida, respirador, tub d'inspecció, sobreeixidor	Correctiu	Quan sigui necessari (quinquennalment)
Rehabilitar les superfícies de filtració reemplaçant l'arena o grava dels primers 20 cm i reemplaçant el geotèxtil superficial	Base	Correctiu	Quan sigui necessari (quinquennalment)
Eliminar llims de les cel·les estructurals, si és possible	Sub-base (cel·les estructurals)	Correctiu	Quan sigui necessari (decennalment)
Reconstrucció a la fi del cicle de vida	Pretractament, zona d'entrada/eixida, base, sub-base, respirador, tub d'inspecció, sobreeixidor	Correctiu	Quan sigui necessari (cada 30 anys)
Revisió ordinària a la recerca de possibles obstruccions	Pretractament, zona d'entrada/eixida, base, sobreeixidor	Inspecció	Mensualment el primer any, semestalment els restants.
Revisió ordinària en recerca de danys estructurals, àrees erosionades i entollaments; comprobar la integritat del geotèxtil i controlar possibles danys d'arrels d'arbres a la sub-base	Pretractament, zona d'entrada/eixida, base, sub-base, sobreeixidor	Inspecció	Mensualment el primer any, semestalment els restants.
Inspecció tècnica de les superfícies de filtració buscant possibles zones compactades i entollaments (comprovar que no queda aigua en la sub-base 48 hores després de l'última pluja).	Base, tub d'inspecció	Inspecció	Semestralment i després de fortes pluges
Inspecció tècnica per detectar acumulació de sediments a l'interior del dipòsit si és de cel·les estructurals registrables	Sub-base (cel·les estructurals)	Inspecció	Quan sigui necessari (cinquennalment)
Inspecció tècnica de les estructures d'entrada i els sistemes de pretractament per analitzar l'acumulació de sediments i establir la freqüència necessària per a la seva eliminació	Pretractament, zona d'entrada	Inspecció	Semestralment

Rases Drenants (F-RAS)			
Tasques	**Components**	**Tipus**	**Freqüència**
Eliminar fulles, escombraries	Pretractament, zona d'entrada/eixida, base, sobreeixidor	Periòdic	Mensualment
Eliminar sediments (al menys quan es trobin plens al 50 %)	Pretractament, zona d'entrada	Ocasional	Quan sigui necessari (semestralment)
Desbloquejar les conduccions de drenatge	Conducte de drenatge	Ocasional	Quan sigui necessari (decennalment)
Reparació de danys estructurals	Pretractament, zona d'entrada/eixida, sobreeixidor	Correctiu	Quan sigui necessari (quinquennalment)
Rehabilitar les superfícies de filtració reemplaçant l'arena o grava dels primers 20 cm i reemplaçant el geotèxtil superficial	Base	Correctiu	Quan sigui necessari (quinquennalment)
Reconstrucció a la fi del cicle de vida	Pretractament, zona d'entrada/eixida, base, sub-base, conducte de drenatge, sobreeixidor	Correctiu	Quan sigui necessari (cada 30 anys)
Revisió ordinària d'estructures d'entrada, eixida i sobreeixidors a la recerca de possibles obstruccions	Pretractament, zona d'entrada/eixida, base, sobreeixidor	Inspecció	Mensualment el primer any, semestalment els restants.
Revisió ordinària en recerca de danys estructurals, àrees erosionades i entollaments; comprobar la integritat del geotèxtil i controlar possibles danys d'arrels d'arbres a la sub-base	Pretractament, zona d'entrada/eixida, base, sub-base, sobreeixidor	Inspecció	Mensualment el primer any, semestalment els restants.
Inspecció tècnica de les superfícies de filtració buscant possibles zones compactades i entollaments (comprovar que no queda aigua en la sub-base 48 hores després de l'última pluja). Revisar conducte de drenatge per detectar acumulació de sediments	Base, conducte de drenatge	Inspecció	Semestralment i després de fortes pluges
Inspecció tècnica de les estructures d'entrada i els sistemes de pretractament per analitzar l'acumulació de sediments i establir la freqüència necessària per a la seva eliminació	Pretractament, zona d'entrada	Inspecció	Semestralment

Franges Vegetades (F-FRA)			
Tasques	**Components**	**Tipus**	**Freqüència**
Netejar de fulles i escombraries	Superfície franja vegetada	Periòdic	Mensualment
Tallar la gespa per mantenir l'altura de disseny	Vegetació	Periòdic	Mensualment durant la temporada de crescuda, després quan sigui necessari (semestralment)
Gestió de la vegetació i remoció de plantes no desitjades	Vegetació	Periòdic	Mensualment durant l'estabilització, després quan sigui necessari (semestralment)
Reg	Vegetació	Periòdic	Semanalment durant l'estabilització, després quan sigui necessari
Eliminar sediments de la part alta de la franja vegetada i/o del distribuidor de fluix (> 5 cm)	Zona d'entrada d'aigua	Ocasional	Quan sigui necessari (anualment)
Ressembrar àrees amb poca vegetació (quan hi hagi més del 10% de sòl desèrtic). Canviar el tipus de planta per a adaptar-se millor a les condicions, si fa falta	Vegetació	Ocasional	Quan sigui necessari (trimestralment el primer any, després triennalment)
Escarificar la capa superior de sòl i trencar els dipòsits de llims per millorar la capacitat d'infiltració	Superfície franja vegetada	Correctiu	Quan sigui necessari (quinquennalment)
Anivellar superfícies irregulars i restaurar la topografia de disseny; ressembrar	Superfície franja vegetada	Correctiu	Quan sigui necessari (decennalment)
Reconstrucció a la fi del cicle de vida	Distribuïdor de flux, superfície franja vegetada i vegetació	Correctiu	Quan sigui necessari (cada 25 anys)
Revisió ordinària per detectar evidència d'erosió,valorar l'establiment de la vegetació, compactació, entollaments i contaminació, trobar la causa	Distribuïdor de flux, superfície franja vegetada i vegetació	Inspecció	Mensualment el primer any, semestalment els restants.
Inspecció tècnica del distribuïdor de flux i de la superfície de la franja a la recerca d'obstruccions, per analitzar l'acumulació de sediments i establir la freqüència necessària per a la seva eliminació, i per decidir la necessitat de corregir el seu gradient	Distribuïdor de flux i superfície franja vegetada	Inspecció	Semestralment

Cobertes Verdes (F-COB)			
Tasques	**Components**	**Tipus**	**Freqüència**
Reg	Vegetació	Periòdic	Mensualment durant l'estabilització, després quan sigui necessari
Reemplaçar plantes mortes, canviant d'espècie per a adaptar-se millor a les condicions, si fa falta	Vegetació	Periòdic	Mensualment durant l'estabilització, després anualment
Remoció de fulles i escombraries per prevenir obstruccions de les baixants	Vegetació, drenatge	Periòdic	Semestralment
Remoció de plantes invasives i males herbes	Vegetació	Periòdic	Mensualment durant l'estabilització, després semestralment
Tallar la gespa, podar matolls; cobrir les necessitats de la vegetació	Vegetació	Periòdic	Trimestralment durant l'estabilització; després semestralment
Reparar el substrat en cas d'erosió, investigar la causa	Vegetació, substrat	Correctiu	Quan sigui necessari (triennalment)
Millorar el substrat (per a modificar pH, millorar permeabilitat, adaptar a les necessitats de la vegetació…).	Substrat	Correctiu	Quan sigui necessari (quinquennalment)
Reparació per danys estructurals, investigar la causa	Drenatge	Correctiu	Quan sigui necessari (decennalment)
Reconstrucció a la fi del cicle de vida	Vegetació, substrat, drenatge, membranes, impermeabilització	Correctiu	Quan sigui necessari (cada 35 anys)
Inspeccionar tots els components per assegurar una bona operació, impermeabilitat de la coberta i estabilitat estructural (buscar evidències d'erosió, obstruccions de les baixants, atollaments...)	Vegetació, substrat, drenatge, membranes, impermeabilització	Inspecció	Anualment
Inspeccionar la part de baix de la coberta a la recerca de goteres	Impermeabilització	Inspecció	Anualment
Inspecció tècnica per a realització d'assaig de permeabilitat (capaç de filtrar i evacuar l'aigua sobrant en menys de 24 hr) i verificació nivell pH	Vegetació, substrat, drenatge, membranes	Inspecció	Biennalment

Paviments Permeables (I-PAV)			
Tasques	**Components**	**Tipus**	**Freqüència**
Escombratge en sec i aspiració estàndard	Superfície del paviment	Periòdic	Semestralment (a la primavera i tardor)
Remoció de plantes no desitjades	Superfície del paviment	Ocasional	Quan sigui necessari (triennalment)
Correcció de nivells de terra vegetal de superfícies adjacents perquè es mantingui almenys 50 mm per sota del nivell del paviment	Superfície del paviment	Correctiu	Quan sigui necessari (quinqennalment)
Reparació d'esquerdes i depressions en paviments continus danyats que afectin a la funció estructural del ferm o suposin un risc per als ciutadans	Superfície del paviment	Correctiu	Quan sigui necessari (quinquennalment)
Sustitució de blocs trencats i farcit de juntes	Superfície del paviment	Correctiu	Quan sigui necessari (quinquennalment)
Rehabilitació de la superfície i la part superior de la sub-estructura mitjançant aspiració en profunditat si s'ha reduït la permeabilitat significantement per colmatació	Superfície i base del paviment	Correctiu	Quan sigui necessari (cada 15 anys)
Reconstrucció a la fi del cicle de vida	Superfície del paviment, base, sub-base, elements de drenatge si hi ha	Correctiu	Quan sigui necessari (cada 25 anys)
Inspecció inicial	Superfície del paviment	Inspecció	Mensual durant els 3 primers mesos després de la seva instal·lació
Revisió ordinària per detectar zones colmatades o creixement de plantes no desitjades	Superfície del paviment	Inspecció	Semestralment i després de fortes pluges
Inspecció tècnica de l'arqueta de monitorització i per determinar la freqüència d'acumulació de sediments amb la finalitat d'establir la freqüència d'escombrat-aspiració necessària	Superfície del paviment	Inspecció	Anualment

Parterres Inudables (I-PAR)			
Tasques	**Components**	**Tipus**	**Freqüència**
Eliminació de fulles, escombraries	Pretractament, zona d'entrada/eixida, base, vegetació, sobreeixidor	Periòdic	Mensualment
Gestió de la vegetació i remoció de plantes no desitjades	Vegetació	Periòdic	Mensualment a l'inici i després quan siga necessari
Tallar la gespa i disposició dels residus	Vegetació	Periòdic	Semestralment o quan siga necessari
Reg	Vegetació	Periòdic	Semanalment durant l'estabilització, després quan sigui necessari
Poda i disposició dels residus	Vegetació	Ocasional	Quan sigui necessari (anualment)
Eliminar sediments (al menys quan es trobin plens al 50 %)	Pretractament, zona d'entrada	Ocasional	Quan sigui necessari (semestralment)
Ressembrar àrees amb poc creixement vegetatiu	Vegetació	Ocasional	Quan sigui necessari (anualment)
Reparació de l'erosió (ressembrar o replantar)	Pretractament, zona d'entrada/eixida, base, talús, sobreeixidor	Correctiu	Quan sigui necessari (triennalment)
Reparació o rehabilitació de les estructures d'entrada i eixida	Pretractament, zona d'entrada/eixida, sobreeixidor	Correctiu	Quan sigui necessari (quinquennalment)
Anivellar superfícies irregulars i restaurar la topografia de disseny Ressembrar	Base, talús.	Correctiu	Quan sigui necessari (quinquennalment)
Rehabilitar les superfícies d'infiltració utilitzant tècniques d'escarificació si la capacitat d'infiltració disminueix	Base	Correctiu	Quan sigui necessari (quinquennalment)
Rehabilitar les superfícies d'infiltració netejant sorra o grava dels primers 20 cm i reemplaçant el geotèxtil superficial	Base	Correctiu	Quan sigui necessari (quinquennalment)
Reconstrucció a la fi del cicle de vida	Pretractament, zona d'entrada/eixida, base, vegetació, sobreeixidor	Correctiu	Quan sigui necessari (cada 30 anys)
Revisió ordinària a la recerca de possibles obstruccions	Pretractament, zona d'entrada/eixida, sobreeixidor	Inspecció	Mensualment el primer any, semestalment els restants.
Revisió ordinària de tots els elements a la recerca de possibles danys (estructurals, d'erosió, entollaments, etc.)	Pretractament, zona d'entrada/eixida, base, talús, sobreeixidor	Inspecció	Mensualment el primer any, semestalment els restants.
Inspecció tècnica de les superfícies de filtració buscant possibles zones compactades i entollaments. Comprovar que no queda aigua 48 hores després de l'última pluja	Base, pou d'observació si hi ha	Inspecció	Semestralment i després de fortes pluges
Inspecció tècnica de les estructures d'entrada i els sistemes de pretractament per analitzar l'acumulació de sediments i establir la freqüència necessària per a la seva eliminació	Pretractament, zona d'entrada	Inspecció	Semestralment

Escocells d'infiltració (I-ESC)			
Tasques	**Components**	**Tipus**	**Freqüència**
Escombratge i aspiració estàndard	Superfície del paviment permeable, escocell	Periòdic	Mensualment
Reg	Arbre	Ocasional	Com sigui requerit (períodes de sequera) (trimestralment el primer any i després biennalment)
Comprovar la salut de l'arbre i realitzar les cures necessàries	Arbre	Ocasional	Anualment
Remoció de plantes no desitjades	Supefície del paviment permeable, escocell	Ocasional	Quan sigui necessari (triennalment)
Netejar/Eliminar-reemplaçar graves o encoixinat (si sediment > 5 cm) o si no drena en 24h després de forta pluja	Graves/encoixinat en escocell	Correctiu	Quan sigui necessari (biennalment)
Reparació d'esquerdes i depressions en paviments continus danyats que afectin a la funció estructural del ferm o suposin un risc per als ciutadans	Superfície del paviment permeable	Correctiu	Quan sigui necessari (quinquennalment)
Sustitució de blocs trencats i farcit de juntes	Superfície del paviment permeable	Correctiu	Quan sigui necessari (quinquennalment)
Rehabilitació de la superfície i la part superior de la sub-estructura mitjançant aspiració en profunditat si s'ha reduït la permeabilitat significantement per colmatació	Superfície i base del paviment permeable	Correctiu	Quan sigui necessari (cada 15 anys)
Reconstrucció a la fi del cicle de vida	Paviment permeable, sòl estructural, escocell, arbre	Correctiu	Quan sigui necessari (cada 25 anys)
Revisió ordinaria per evaluar la capacitat de filtració després de forta pluja, zones colmatades, creixement de plantes no desitjades, escombraries	Escocell	Inspeccions	Semestralment i després de fortes pluges
Inspecció tècnica per determinar la freqüència d'acumulació de sediments amb la finalitat d'establir la freqüència de remoció necessària	Superfície paviment, escocell	Inspeccions	Semestralment
Inspecció tècnica de la salut de l'arbre (sequera)	Arbre	Inspeccions	Anualment
Inspecció tècnica per a realització d'assaig de permeabilitat (superior a 7 mm/h)	Superfície paviment, escocell	Inspeccions	Triennalment

Cunetes Vegetades (T-CUN)			
Tasques	**Components**	**Tipus**	**Freqüència**
Netejar de fulles i escombraries	Pretractament, zona d'entrada/eixida, base, talús, sobreeixidor	Periòdic	Mensualment
Gestió de la vegetació i remoció de plantes no desitjades. Mantenir lliures les zones d'entrada/eixida i sobreexidors.	Vegetació	Periòdic	Mensualment durant l'estabilització, després quan sigui necessari
Tallar la gespa per mantenir l'altura de disseny (10-15 cm)	Vegetació	Periòdic	Mensualment durant la temporada de crescuda, després quan sigui necessari
Reg	Vegetació	Periòdic	Semanalment durant l'estabilització, després quan sigui necessari
Ressembrar àrees amb poca vegetació (quan hi haja més del 10% de sòl desèrtic). Canviar el tipus de planta per a adaptar-se millor a les condicions, si fa falta.	Vegetació	Ocasional	Quan sigui necessari (trimestralment el primer any, després triennalment)
Reparació o rehabilitació de les estructures d'entrada i eixida	Pretractament, zona d'entrada/eixida, sobreeixidor	Correctiu	Quan sigui necessari (quinquennalment)
Restaurar zones erosionades (canals > 5 cm)	zona d'entrada/eixida, base	Correctiu	Quan sigui necessari (biennalment)
Eliminar sediments quan acumulació > 10 cm i disposició	zona d'entrada/eixida, base	Correctiu	Quan sigui necessari (biennalment)
Anivellar superfícies irregulars i restaurar la topografia de disseny Ressembrar	Base, talús	Correctiu	Quan sigui necessari (decennalment)
Reconstrucció a la fi del cicle de vida	Pretractament, zona d'entrada/eixida, base, talús, sobreeixidor	Correctiu	Quan sigui necessari (cada 30 anys)
Revisió ordinària a la recerca de possibles obstruccions	Pretractament, zona d'entrada/eixida, sobreeixidor	Inspecció	Mensualment el primer any, semestalment els restants.
Revisió ordinària en recerca d'àrees erosionades; valorar l'establiment de la vegetació	Pretractament, zona d'entrada/eixida, base, talús, sobreeixidor	Inspecció	Mensualment el primer any, semestalment els restants.
Inspecció tècnica de les estructures d'entrada i els sistemes de pretractament per analitzar l'acumulació de sediments i establir la freqüència necessària per a la seva eliminació	Pretractament, zona d'entrada/eixida	Inspecció	Semestralment

Estanys i Aiguamolls (T-EST)			
Tasques	**Components**	**Tipus**	**Freqüència**
Netejar de fulles i escombraries	Pretractament, zona d'entrada/eixida, vorera, superfície d'aigua	Periòdic	Quan sigui necessari (mensualment)
Tallar la gespa del voltant per mantenir l'altura de disseny	Vegetació	Periòdic	Quan sigui necessari (semestralment)
Tallar manualment plantes aquàtiques submergides i emergents	Vegetació	Periòdic	Anualment
Tallar el 25% de la vegetació de la riba del llac a un mínim d'1m damunt del nivell d'aigua	Vegetació	Periòdic	Anualment
Ordenar tot creixement mort (matolls) abans de l'inici de la temporada de crescuda	Vegetació	Periòdic	Anualment
Eliminació de sediments si hi ha zona de pretractament	Pretractament, zona d'entrada	Ocasional	Quan sigui necessari (triennalment)
Si no hi ha pretractament, eliminació de sediments i vegetació de tan sols el 25-30% de superfície de la bassa (per tal d'afectar la biodiversitat el menys possible)	Base	Ocasional	Quan sigui necessari (quinquennalment)
Eliminació de sediments de la bassa quan s'haja reduït el 20% la seva capacitat d'acumulació d'aigua	Base	Ocasional	Quan sigui necessari (cada 30 anys)
Reparació de qualsevol dany estructural i erosió	Pretractament, zona d'entrada/eixida, talús, riba	Correctiu	Quan sigui necessari (anualment)
Replantar	Vegetació	Correctiu	Quan sigui necessari (anualment)
Airejar si hi ha senyals d'eutrofització	Aigua	Correctiu	Quan sigui necessari (triennalment)
Reconstrucció a la fi del cicle de vida	Pretractament, zona d'entrada/eixida, bassa, vegetació	Correctiu	Quan sigui necessari (cada 50 anys)
Inspecció ordinària dels orificis entrada/eixida, talussos, estructures, tubs, en recerca de danys estructurals	Pretractament, zona d'entrada/eixida, talús	Inspecció	Semestralment i després de fortes pluges
Inspecció ordinària de l'aigua a la recerca de qualsevol índex de contaminació	Aigua	Inspecció	Mensualment en estiu
Inspecció ordinària de qualsevol estructura mecànica	Comportes	Inspecció	Semestralment i després de fortes pluges
Inspecció tècnica de les estructures d'entrada i els sistemes de pretractament per analitzar l'acumulació de sediments i establir la freqüència necessària per a la seva eliminació	Pretractament, zona d'entrada	Inspecció	Semestralment i després de fortes pluges

Franges de Biorretenció (T-BIO)			
Tasques	**Components**	**Tipus**	**Freqüència**
Eliminació de fulles, escombraries	Pretractament, zona d'entrada, base, sobreeixidor	Periòdic	Mensualment
Gestió de la vegetació i remoció de plantes no desitjades	Vegetació	Periòdic	Mensualment a l'inici i després semestralment
Reg	Vegetació	Periòdic	Semanalment durant l'estabilització, després quan sigui necessari
Poda i disposició dels residus	Vegetació	Ocasional	Quan sigui necessari (anualment)
Replantar àrees amb poca vegetació, per mantenir la densitat de plantació	Vegetació	Ocasional	Quan sigui necessari (anualment)
Emplenar petits forats i zones erosionades i millorar la protecció contra l'erosió, si és necessari	Pretractament, zona d'entrada, base	Ocasional	Quan sigui necessari (anualment)
Remoció de sediments i escombraries acumulats a l'entrada (>5 cm)	Pretractament, zona d'entrada	Ocasional	Quan sigui necessari (biennalment)
Reparar petites acumulacions de llim retirant l'encoixinat, escarificar la superfície i replenar amb substrat i encoixinat	Base	Ocasional	Quan sigui necessari (triennalment)
Reparació o rehabilitació de les estructures d'entrada i eixida	Pretractament, zona d'entrada, sobreeixidor	Correctiu	Quan sigui necessari (quinquennalment)
Reconstrucció a la fi del cicle de vida	Pretractament, zona d'entrada, base (medi filtrant), graves, tub dren, geotèxtil, vegetació, sobreeixidor	Correctiu	Quan sigui necessari (cada 30 anys)
Revisió ordinària per detectar acumulació de sediments (>5 cm), entollaments, danys en la vegetació, erosió…	Pretractament, zona d'entrada, base, sobreeixidor	Inspecció	Mensualment el primer any, semestalment els restants.
Inspecció tècnica de les estructures d'entrada i de la superfície d'infiltració, i avaluació del temps de buidatge a la base (dren si és el cas) per determinar necessitats de manteniment. Comprovar que no queda aigua 24 hores després de l'última pluja	Base, tub dren si hi ha	Inspecció	Semestralment i després de fortes pluges
Inspecció tècnica a la recerca d'evidència d'activitat animal i realització de tests al medi filtrant (pH, fòsfor, metalls i nitogen)	Base (medi filtrant)	Inspecció	Anualment

Taula 10. Tasques de manteniment associades a les diferents tipologies de SUDS.

13.4. Freqüència de les tasques de manteniment en funció del nivell d'ús.

Els plans de manteniment específics per als SUDS projectats d'una zona concreta hauran de definir també les freqüències de manteniment en funció del nivell d'ús establert per a l'àrea a urbanitzar.

A l'**ANNEX 4** d'aquesta guia s'inclou una descripció detallada de les tasques de manteniment requerides per a cada tipologia de SUDS. A més, s'indiquen les freqüències recomanades de realització de cada tasca. En qualsevol cas, caldrà adaptar la periodicitat de manteniment definida a les necessitats de cada projecte.

Ajuntament de Barcelona

ANNEX 1. HIDROGEOLOGIA, TOPOGRAFIA, GEOTÈCNIA

ÍNDEX DE CONTINGUT

1. GEOLOGIA I TOPOGRAFIA....3
1.1. Context general....3
1.2. Localització de SUDS....4
2. GEOTÈCNIA....6
3. HIDROGEOLOGIA....7
3.1. Context general....7
3.2. Piezometria....8

ÍNDEX DE FIGURES

Figura 1. Geologia de Barcelona (Font: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya).....3
Figura 2. Localització de SUDS (Font: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya – Elaboració pròpia).....5
Figura 3. Visualitzador geotècnic on es poden consultar sondejos representatius, la geologia de superfície i el traçat d'antigues rieres. (Font Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya).....6
Figura 4.Mapes de piezometria als aqüífers superior (esquerra), mitjà (dalt dreta) i profund (baix dreta) a l'any 2017. (Font IDAEA-CSIC).....8

1. GEOLOGIA I TOPOGRAFIA

1.1. Context general

La informació geològica (Figura 1. 1) se obté de la fulla “Barcelonès” del mapa geològic de Catalunya (escala 1:50.000, 2016), descarregada de la pàgina web del Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (www.icgc.cat).

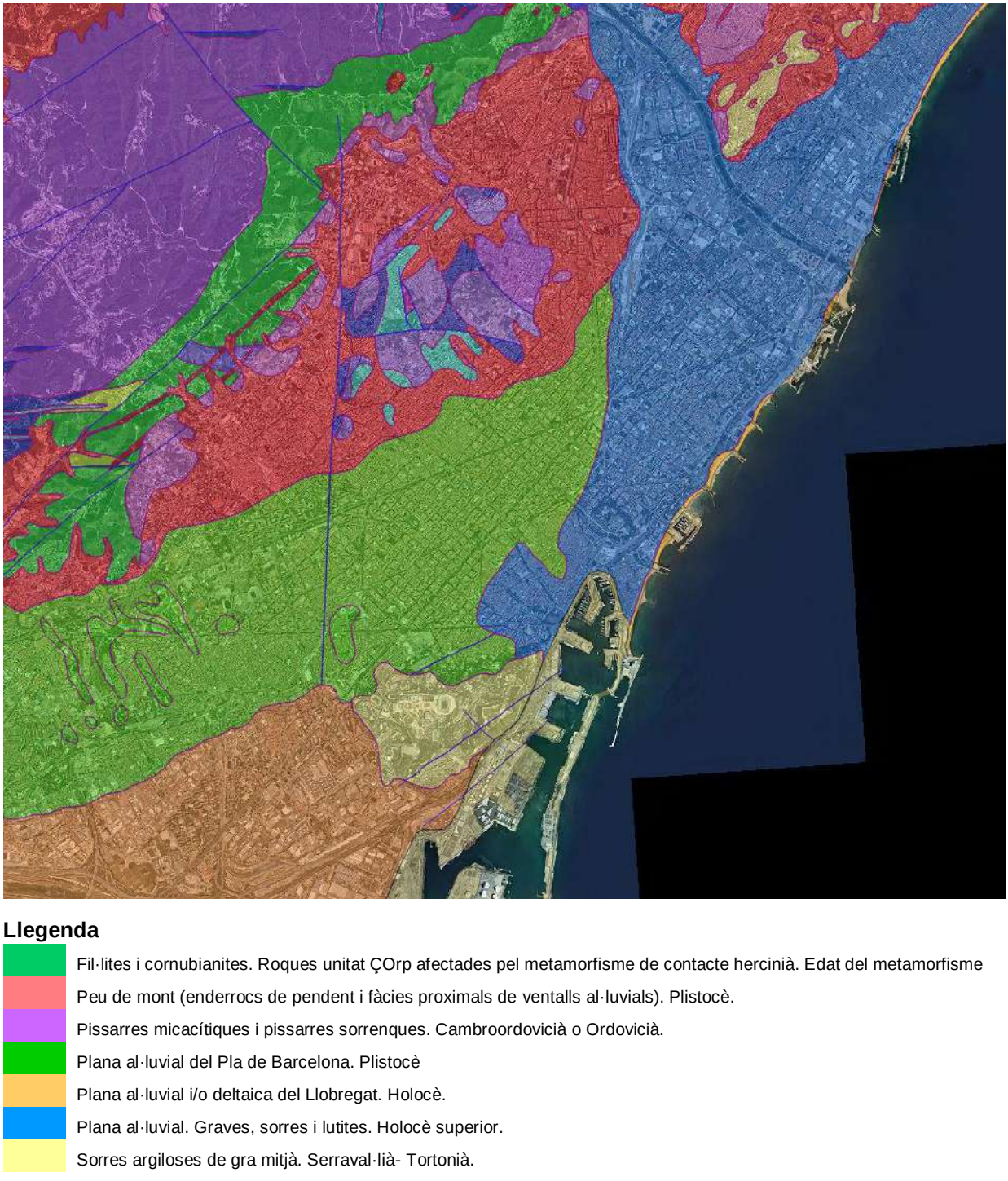


Figura 1. Geologia de Barcelona (Font: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya).

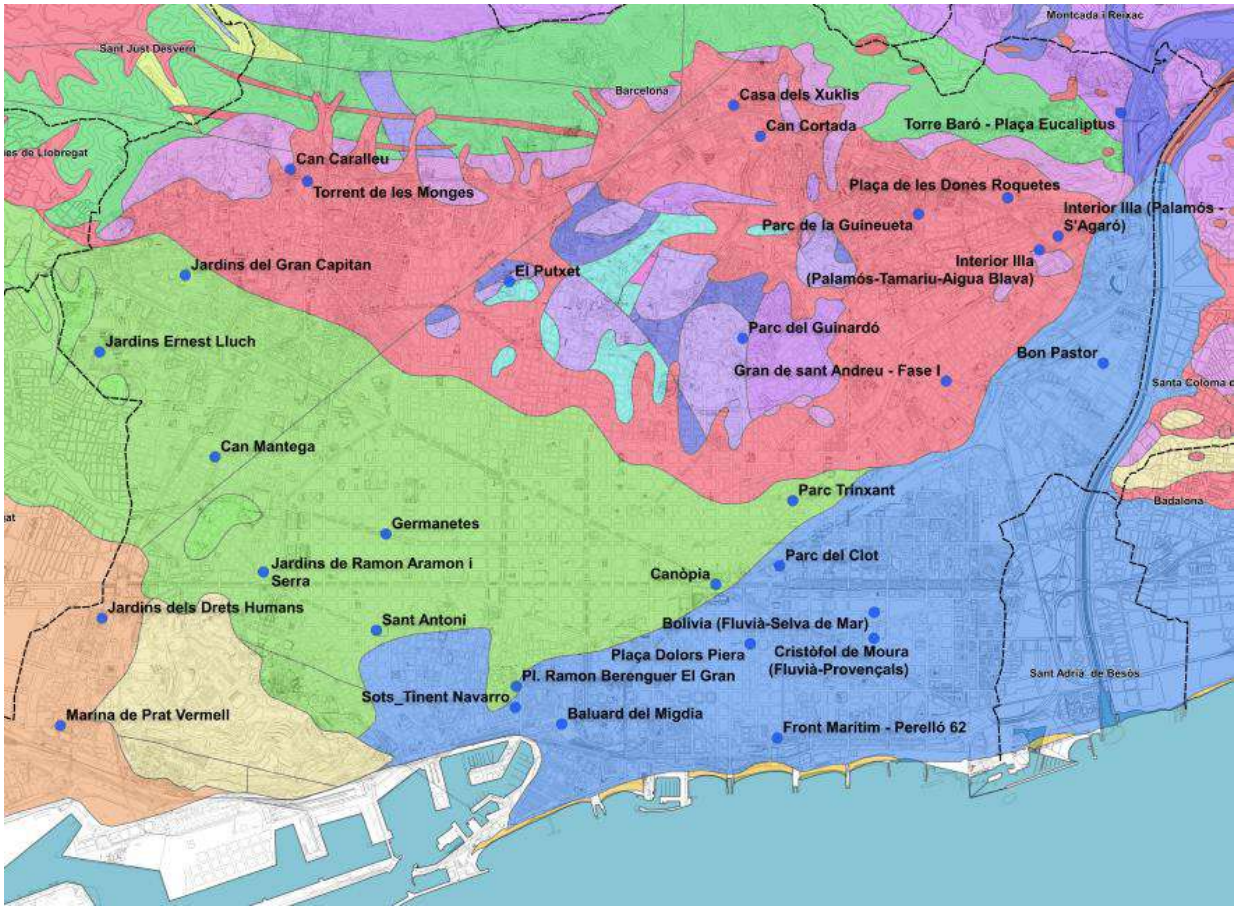
"El pla de Barcelona és una plataforma morfològica, suaument inclinada vers el mar, que enllaça progressivament cap al nord-oest amb el vessant marítim de la serra de Collserola, que té en el Tibidabo (512 m) el seu punt més alt. Aquest pla correspon a una plana de piemont, amb una superfície aproximada de 65 km2, i el seu pendent és més alt al peu de Collserola (10-20º), i disminueix gradualment en direcció al mar (2-4º).
La continuïtat de la plataforma, entre el Llobregat i el Besòs, es veu alterada en dues grans zones. D'una banda per la presència dels relleus coneguts per Serrats de la Rovira, que engloben una sèrie de turons situats entre Horta i Sarrià: turó de la Peira (138 m), turó de la Rovira (261 m), el Carmel (267 m), la Creueta (249 m), el Puget (181 m) i Monterols (121 m).
D'altra banda, al front marítim, al sud de la ciutat de Barcelona, s'alça el bloc de Montjuïc (189 m), acompanyat per una sèrie d'elevacions menors, com el Mont Tàber, on es va fundar l'antiga Bàrcino romana, i altres petits turons avui dia quasi desapareguts per la progressió urbanística de la ciutat. Entre aquests destacarem, per la seva implicació geològica, ja que en molts casos corresponen a afloraments del substrat pliocè: turó dels Ollers (C/ dels Escudellers i C/ Nou de Sant Francesc), puig de les Falzies (Llotja de Mar), la Vinyeta (plaça d'Espanya) i punta del Convent (Parc de la Ciutadella). A l'oest de Montjuïc, ja en el terme municipal de l'Hospitalet de Llobregat, es poden citar els turons de la Torrassa, les Planes, Can Serra i Sant Feliu, aquest darrer ja a Cornellà.
A l'est del Besòs, també hi ha una alineació muntanyosa: Llefià, turó d'en Carig, etc., que s'ajunten després amb els relleus de la Serralada Litoral a Montigalà i a la Conreria, i enllacen amb el turó de Montgat.
Les planes deltaiques del Llobregat i del Besòs, i també la franja litoral desenvolupada entre ambdós deltes, són sectors de morfologia molt suau, amb pendents molt inferiors a l'1%, situats generalment a menys de 10-15 m sobre el nivell del mar. El delta del Besòs té una superfície aproximada de 15 km2, mentre que el del Llobregat és força més gran, de l'ordre de 92 km2, si bé en aquesta cartografia només s'ha estudiat el seu marge esquerre.
Separant el pla de Barcelona de les zones deltaiques i litorals, hi ha un talús força inclinat, que es pot seguir en molts indrets, si bé el desenvolupament urbà ha tendit a fer-lo desaparèixer al centre de la ciutat. Aquest talús o graó geomorfològic és encara perfectament observable entre Cornellà i l'Hospitalet. En aquest sector té una alçada de l'ordre de 20 m, i al seu marge discorre la línia del ferrocarril i al seu peu el canal de la Infanta.
El talús queda desdibuixat al barri de la Bordeta per la trama urbana, però encara es pot reconèixer en llocs molt cèntrics, com al carrer de Gravina, en el tram alt de la Rambla, o en el desnivell que fa la Via Laietana o el carrer de Jonqueres, al peu de la plaça d'Urquinaona.
El talús voreja per l'oest la plaça de les Glòries Catalanes, i des d'aquest punt es dirigeix cap al nord travessant Sant Andreu, on la seva alçada torna a ser important, de l'ordre de 15 m. També en aquest cas la línia del ferrocarril en segueix la seva alineació."

(Font: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya).

1.2. Localització de SUDS

Amb l'objectiu d'avaluar la capacitat d'infiltració dels sòls en els que es proposa la construcció de sistemes de drenatge sostenible, es superposa al plànol geològic la localització dels SUDS existents (Figura 2). A l'annex 3 es mostren per les diferents formacions geològiques el

valor de la permeabilitat o conductivitat hidràulica calculada a partir d'assaigs de permeabilitat en rasa realitzats abans de la construcció d'alguns dels SUDS.



Llegenda

- Fil·lites i cornubianites. Roques unitat ÇOrp afectades pel metamorfisme de contacte hercinià. Edat del metamorfisme
- Peu de mont (enderrocs de pendent i fàcies proximals de ventalls al·luvials). Plistocè.
- Pissarres micacítiques i pissarres sorrenques. Cambroordovicià o Ordovicià.
- Plana al·luvial del Pla de Barcelona. Plistocè
- Plana al·luvial i/o deltaica del Llobregat. Holocè.
- Plana al·luvial. Graves, sorres i lutites. Holocè superior.
- Sorres argiloses de gra mitjà. Serraval·lià- Tortonià.

Figura 2. Localització de SUDS (Font: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya – Elaboració pròpia).

2. GEOTÈCNIA

És molt important conèixer la composició del terreny sobre el que es vol dissenyar i desenvolupar un SUD i els estudis geotècnics són una bona font d'informació. Concretament a la zona de Barcelona s'han realitzat moltes obres a les darreres dècades i per aquest motiu l'any 2000 l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC) van publicar el Mapa geotècnic de Barcelona, que inclou mapes, memòria i columnes dels sondatges més representatius del subsòl de Barcelona a escala 1:25.000 de la zona compresa entre la desembocadura del riu Llobregat, la plana litoral del nord est del Besòs i la Serra de Collserola. La informació recollida en aquest mapa pot ser molt útil en fases d'avant projecte o estudis preliminars en zones susceptibles d'instal·lar SUDS. També es pot utilitzar per a establir les bases de partida per a projectar la campanya de reconeixements prèvia a la redacció del projecte constructiu, no obstant cal remarcar que el Mapa geotècnic de Barcelona no pot substituir el reconeixement concret que cal fer en cada un dels projectes.

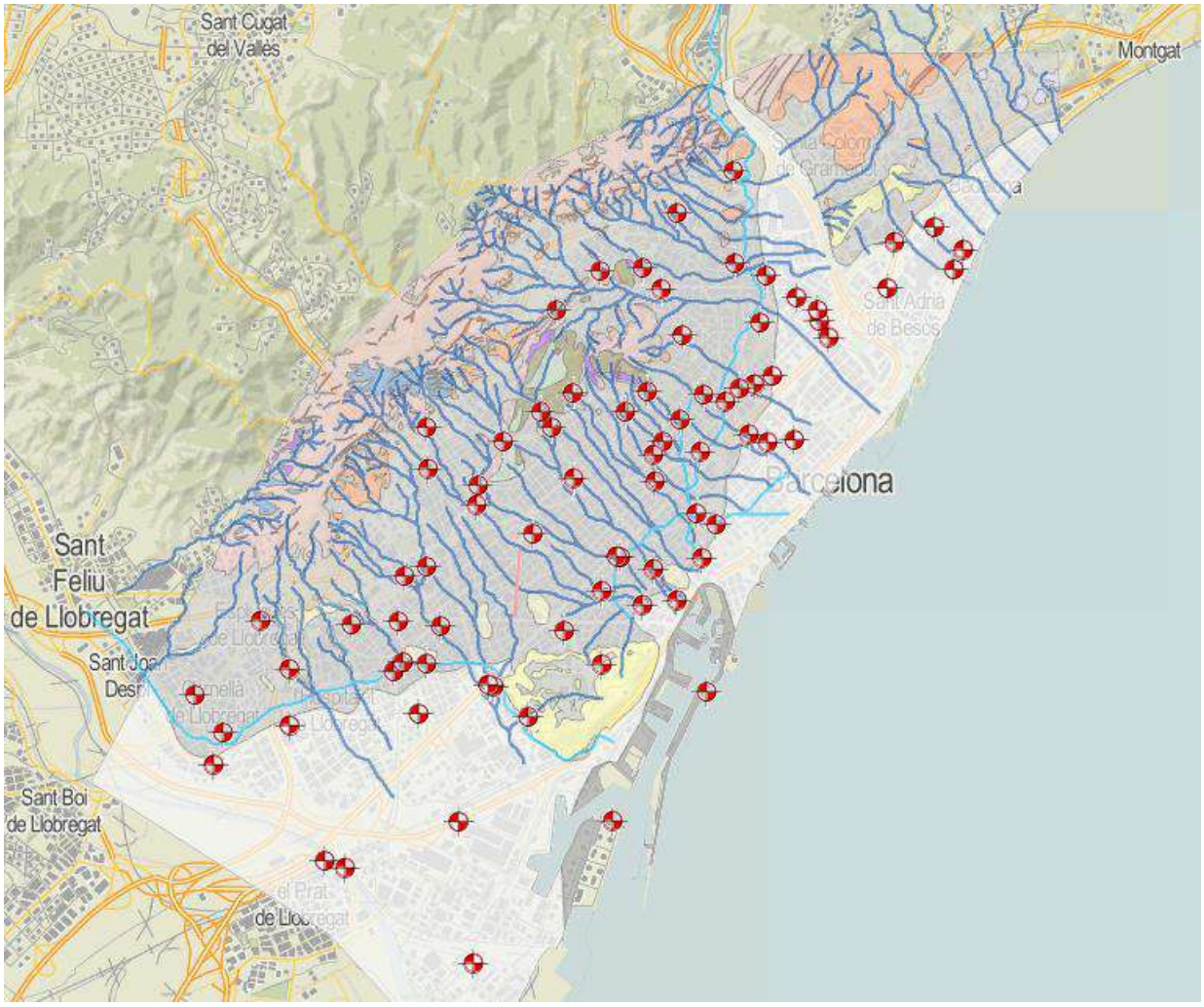


Figura 3. Visualitzador geotècnic on es poden consultar sondejos representatius, la geologia de superfície i el traçat d'antigues rieres. (Font Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya).

3. HIDROGEOLOGIA

3.1. Context general

"Barcelona i la seva àrea d'influència inclou la ciutat i alguns municipis de la zona metropolitana, la zona està delimitada per la serra de Collserola, el mar Mediterrani i els deltes del Besòs (al nord-est) i del Llobregat (sud-oest). El clima és mediterrani amb una precipitació mitjana d'uns 600 mm/any.

En els últims 40-50 anys s'ha pogut veure com els aqüífers del Baix Besòs i el Pla de Barcelona han patit importants modificacions tant en el seu règim hidràulic com en la seva qualitat. Les oscil·lacions dels nivells piezomètrics han estat i encara estan fortament condicionades per les extraccions d'aigua subterrània, motivades per l'explosió demogràfica i el desenvolupament post-industrial de la ciutat. Des dels anys 90, a la ciutat de Barcelona i les seves rodalies s'ha pogut observar una pujada progressiva dels nivells d'aigua subterrània. Aquest augment de nivells piezomètrics ha estat provocat pels canvis en el cicle hidrològic, produïts per les variacions en el grau d'urbanització i en els usos del sòl, i principalment, per l'ús de les aigües (canvis en els sistemes i volums d'abastament, i explotació de les aigües subterrànies).

El coneixement de les formacions geològiques presents en el subsòl de l'entorn del Barcelonès no es gens fàcil. Aquesta dificultat és deguda a factors d'índole diversa: d'una banda, la pròpia complexitat de l'estructura geològica del subsòl barceloní, enclaustrat entre la serralada de Collserola, el mar i els terrenys més recents (al·luvials del Besòs), i que a més està, o havia estat, solcat per innumerables rierols o rieres; i d'altra banda, la progressiva urbanització de les zones urbanes, accelerada durant els anys 60 i 70, que ha anat cobrint d'edificacions, vies de comunicació i altres infraestructures el Pla de Barcelona, Esplugues, Cornellà, Sant Joan Despí, el delta del Besòs, Badalona i part de les serralades de Collserola i Marina. Aquesta activitat constructiva ha fet desaparèixer per sempre dels ulls dels observadors els afloraments rocosos existents. Això dificulta enormement una posterior tasca d'interpretació geològica i hidrogeològica.

Tot i així, s'ha identificat un seguit d'aqüífers de diverses litologies i edats que es troben sota la ciutat. L'aqüífer paleozoic està compost per esquistos i granits. Els aqüífers quaternaris corresponen als sediments al·luvials i deltaics associats als rius Besòs i Llobregat; a les zones intermèdies (Pla de Barcelona) hi ha un recobriment de sediments associats a piemonts provinents de la serra, dipositats sobre els materials paleozoics o terciaris (majoritàriament Pliocè). Aquests aqüífers tenen diferents entrades d'aigua o recàrregues identificades (Vázquez-Suñé et al., 2010) procedents de:

- *El riu Besòs, que conté gran part d'aigües secundàries efluents d'EDARs (Estacions Depuradores d'Aigües Residuals), especialment durant l'estiu*
- *La infiltració de les precipitacions a les zones altes de la ciutat que no es troben urbanitzades (considerada com aigua de recàrrega natural "neta")*
- *Les pèrdues de la xarxa de subministrament d'aigua a la zona NE, procedent del riu Ter*
- *Les pèrdues de la xarxa de subministrament d'aigua a la zona SO, procedent del riu Llobregat*
- *Les aigües residuals generades en el sector NE (procedents del riu Ter)*
- *Aigües residuals en el sector SO (procedents del riu Llobregat)*

- *Aigües d'escolament urbà: l'aigua de pluja lixivia gran part de la deposició atmosfèrica urbana en superfície (diversos tipus de "pols urbana", emissions de vehicles i indústries, etc.) i recarrega els aqüífers a través de la infiltració directa o pèrdues del clavegueram*
- *La intrusió d'aigua de mar"*

(Font IDAEA-CSIC)

3.2. Piezometria

En el moment de seleccionar la tipologia de SUD a proposar, una dada a considerar és l'alçada sobre el nivell del mar del nivell freàtic de la zona d'estudi. A la Figura 4 es representen els nivells piezomètrics de la zona de Barcelona en l'actualitat.

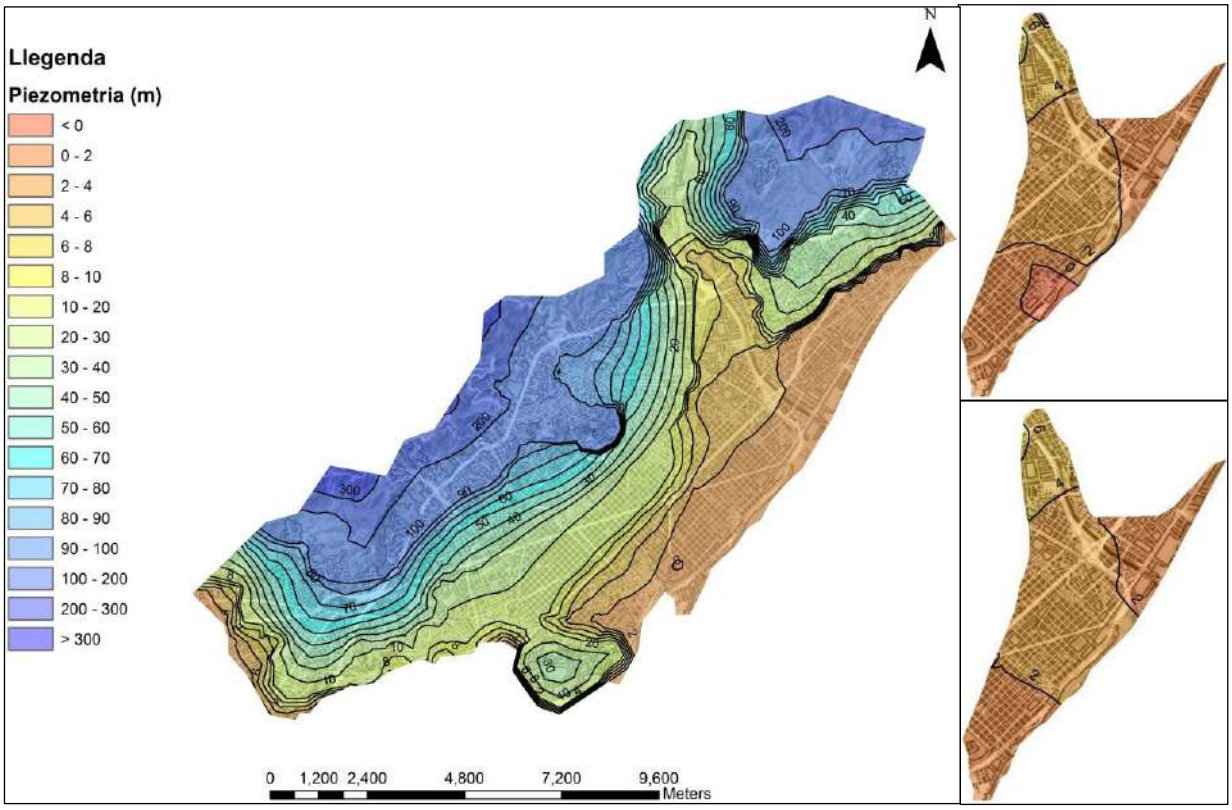


Figura 4.Mapes de piezometria als aqüífers superior (esquerra), mitjà (dalt dreta) i profund (baix dreta) a l'any 2017. (Font IDAEA-CSIC)

Ajuntament de Barcelona

ANNEX 2.

EL MARC LEGAL.

DOCUMENTACIÓ DE REFERÈNCIA.

ÍNDEX DE CONTINGUT

1. LEGISLACIÓ VIGENT 3
1.1. Legislació Europea 3
1.2. Legislació Estatal 3
1.3. Legislació Autonòmica 5
1.4. Legislació Metropolitana 5
1.5. Legislació Municipal 5
2. DOCUMENTS DE REFERÈNCIA 6

1. LEGISLACIÓ VIGENT

La legislació existent, tant a nivell estatal, autonòmic i metropolità, no desenvolupa específicament un articulat per als SUDS, però si que regula aspectes que cal tenir presents en el disseny, l'execució i la posterior gestió dels SUDS.

A nivell municipal, els grans plans de ciutat: Pla Clima, Pla Director de Clavegueram i Pla per a l'aprofitament dels Recursos Hídrics Alternatius, inclouen els SUDS com a possibles solucions per a la millora de la gestió del cicle de l'aigua i de la qualitat de vida a la ciutat.

En relació als processos d'infiltració de les aigües al terreny, des del punt de vista ambiental cal tenir present la necessitat de respectar la qualitat de les aigües subterrànies i també la qualitat del terreny. La infiltració d'aigua d'escorrentiu al terreny és equiparable a una acció de recàrrega d'aqüífers, per tant és aplicable la normativa existent al respecte.

Actualment no existeix una legislació a nivell europeu específica per a regular les tècniques de recàrrega dels aqüífers. No obstant, existeixen recomanacions sobre com realitzar la recàrrega, i des dels òrgans europeus s'impulsa que els projectes relatius a recàrrega d'aqüífers contemplin:

- Qualitat de l'aigua a infiltrar.
- Qualitat de l'aigua existent al subsòl (a l'aqüífer i a la zona no saturada).
- Ús de l'aigua injectada.
- Impacte ambiental que produirà la recàrrega a l'ecosistema.

En alguns països europeus, inclòs Espanya, existeix una legislació referent a la recàrrega d'aqüífers.

1.1. Legislació Europea

La D 2000/60/CE Marc comunitari d'actuació en l'àmbit de la política d'aigües (WFD), i la D. 2006/118/Ce relativa a la protecció de les aigües subterrànies contra la contaminació i el deteriorament (GWD), recullen recomanacions per a la protecció de les masses d'aigua.

La WFD vetlla per a garantir la bona qualitat i quantitat de les masses d'aigua. En aquest sentit, a l'article 11 (3f) requereix que els projectes que prevegin una recàrrega incloguin controls periòdics i disposin d'autorització prèvia a la seva execució, de manera que es comprovi que l'aigua injectada tingui una qualitat que no comprometi la de l'aigua subterrània.

Igualment, l'objecte de la GWD és el de protegir l'aigua subterrània de la contaminació, pel que el coneixement de la qualitat de l'aigua injectada és necessari.

1.2. Legislació Estatal

En l'àmbit estatal destaquem:

- *El Reial Decret 638/2016, de 9 de desembre, pel qual es modifica el Reglament del Domini Públic Hidràulic i altres Reglaments en matèria de gestió de riscos per inundació, cabals ecològics, reserves hidrològiques i abocaments d'aigües residuals.* Concretament, *en l'article 126 ter, Criterios de diseño y conservación para obras de protección, modificacions en los cauces y obras de paso,* estableix que*:*

- *Las nuevas urbanizaciones, polígonos industriales y desarrollos urbanísticos en general, deberán introducir sistemas de drenaje sostenible, tales como superficies y acabados permeables, de forma que el eventual incremento del riesgo de inundación se mitigue. A tal efecto, el expediente del desarrollo urbanístico deberá incluir un estudio hidrológico-hidráulico que lo justifique.»*

- *Reial Decret 1290/2012, de 7 de setembre, pel qual es modifica Reglament del Domini Públic Hidràulic, aprovat pel Real Decret 849/1986, d'11 d'abril, i el Reial Decret 509/1996, de 15 de març, de desenvolupament del Real Decret-Llei 11/1995, de 28 de desembre, pel qual s'estableixen les normes aplicables al tractament de les aigües residuals urbanes.*

Referent a la qualitat de les aigües d'infiltració, el R.D.1620/2007 de 7 de desembre, pel que s'estableix el règim jurídic de la reutilització de les aigües depurades («BOE» 294, de 8-12-2007), defineix condicions més concretes en que es pot realitzar reutilització d'aigua. En el cas d'usos ambientals, equiparable al cas que ens ocupa, el decreto marca valors llindar admissibles per a certs paràmetres químics, tant per a la recàrrega directa a l'aqüífer com per les accions de recàrrega indirecta (extret del projecte d'investigació europeu DEMEAU). En el cas que ens ocupa es tracta de recàrrega indirecta, pel que els paràmetres de l'aigua a controlar són: Escherichia coli, Sòlids en suspensió, Nitrogen total i Nitrats.

La Llei d'Aigües R.D. 1/2001, de 20 de juliol, pel qual s'aprova el text refós de la Llei d'aigües. («BOE» 176, de 24-7-2001.), estableix que les aigües de pluja pertanyen al titular de la finca, sigui públic o privat, que les recull, amb les següents condicions establertes als articles 5 i 54:

> *Article 5. Lleres de domini privat.*
> *1. Són de domini privat les lleres per les quals ocasionalment discorren aigües pluvials si des de l'origen només travessen finques de domini particular.*
> *2. El domini privat d'aquestes lleres no autoritza per fer-hi tasques ni construir-hi obres que puguin fer variar el curs natural de les aigües o alterar-ne la qualitat en perjudici de l'interès públic o d'un tercer, o la destrucció de les quals per la força de les avingudes pugui ocasionar danys a persones o a coses.*
>
> *Article 54. Usos privatius per disposició legal.*
> *1. El propietari d'una finca pot aprofitar les aigües pluvials que hi discorrin i les estancades, dins dels seus límits, sense més limitacions que les que estableix aquesta Llei i les que derivin del respecte als drets de tercers i de la prohibició de l'abús del dret.*
> *2. Amb les condicions que s'estableixin reglamentàriament, en un predi es poden fer servir aigües procedents de deus quan el volum anual total no ultrapassi els 7.000 metres cúbics. Als aqüífers que hagin estat declarats sobreexplotats, o en risc d'estar-ho, no es poden dur a terme obres noves de les que empara aquest apartat sense l'autorització corresponent.*

1.3. Legislació Autonòmica

El Decret 3/2003, de 4 de novembre, pel qual s'aprova el Text refós de la legislació en matèria d'aigües de Catalunya (DOGC núm. 4015, 21/11/2003), indica que en determinats usos, les aigües pluvials estaran subjectes al cànon de l'aigua.

> *Article 62. Ingrés específic*
> *62.3 L'aplicació del cànon de l'aigua afecta l'ús de l'aigua facilitada per les entitats subministradores i la procedent de captacions d'aigües superficials o subterrànies, incloses les instal·lacions de recollida d'aigües pluvials que efectuïn directament els usuaris mateixos.*
>
> *Article 64, Fet imposable*
> *64.2 Resten exempts de pagament del cànon de l'aigua els usos d'aigua següents:*
> *g) La utilització d'aigües pluvials per a usos domèstics i la utilització d'aigües freàtiques sense cap més utilitat que la d'impedir la inundació o el deteriorament de les instal·lacions en què es fa una activitat, llevat que aquestes aigües s'aboquin a un sistema de sanejament públic o incorporin càrrega contaminant.*

1.4. Legislació Metropolitana

A nivell metropolità, existeix el Pla Director d'Aigües Pluvials de l'Àrea Metropolitana de Barcelona de l'any 2005. El PDAP, que es realitza conjuntament amb l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA), és un document de planificació sectorial que analitza les interrelacions entre els diferents components territorials i la xarxa de drenatge. Per fer-ho, el PDAP utilitza metodologies avançades de càlcul.

El Pla ofereix una visió actualitzada i de conjunt de l'estat de les xarxes de col·lectors, clavegueres i rieres que han d'evacuar l'aigua en cas de grans pluges.

Per a cadascuna de les conques i municipis de l'àrea metropolitana, el Pla Director ofereix una descripció molt detallada de les zones inundables i del grau de perill de cada zona afectada.

Actualment està en redacció el Pla director urbanístic metropolità (PDU), que abordarà també aspectes relatius a les aigües pluvials, i tot el cicle de l'aigua en general.

1.5. Legislació Municipal

L'Ordenança del medi ambient de Barcelona, de 25 de Febrer de 2011 (BOP 2/05/2011), descriu al Capítol 2. Ús del sistema de sanejament d'aigües residuals i pluvials, tots els aspectes vinculats a la utilització de la xarxa de clavegueram al terme municipal de Barcelona, tant municipal com privada, fixant les prescripcions a les quals s'hauran de sotmetre en matèria d'abocaments, en la part que sigui competència municipal, els usuaris actuals i futurs de les instal·lacions de sanejament.

Els grans plans de la ciutat de Barcelona: Pla Clima, Pla Director de Clavegueram, Pla de Recursos Hídrics Alternatius, contemplen estratègies per al desenvolupament de les solucions que proveeixen les SUDS per a la millora de la gestió del cicle de l'aigua i la millora de la qualitat ambiental que proporcionen aquests sistemes de drenatge en comparació a les solucions convencionals.

2. DOCUMENTS DE REFERÈNCIA

L'Ajuntament de Barcelona ha impulsat en els darrers anys la redacció de diferents estudis referents a la planificació, anàlisi i manteniment de SUDS a la ciutat, entre els quals destaquen:

- *Estudi de recopilació i anàlisi de les experiències amb sistemes i dispositius de drenatge urbà sostenible a la ciutat de Barcelona*, *febrer de 2017*. Aquest estudi fa un recull de les experiències en SUDS a la ciutat de Barcelona i en d'altres ciutats, exposa les principals característiques i beneficis dels SUDS, i defineix les diferents tipologies de SUDS aplicables a la ciutat de Barcelona. L'objecte d'aquest estudi és desenvolupar els criteris de disseny, execució i conservació dels SUDS i proposar la implantació de diferents tipologies de SUDS en funció dels carrers tipus seleccionats.
- *Estudi d'Aprofitament de les aigües pluvials mitjançant Sistemes urbans de Drenatge Sostenible a la ciutat de Barcelona, abril 2018.* Aquest estudi es realitza en el marc de la redacció del Pla per a l'Aprofitament de Recursos Hídrics Alternatius (PLARHAB 2018), amb l'objectiu d'estimar la capacitat de gestió de les aigües pluvials mitjançant SUDS amb la seva implantació a nivell de ciutat, tan des del punt de vista quantitatiu (volum gestionat) com qualitatiu (retenció de contaminants).
- *Manual de manteniment dels SUDS a Barcelona, juliol 2018.* L'objecte d'aquest document és definir els aspectes a considerar a l'hora de redactar els plans de manteniment per als SUDS existents i futurs de la ciutat. En dit manual es defineix el concepte de manteniment aplicat als SUDS, i es descriuen les tasques de manteniment a realitzar per a diferents tipologies de SUDS.

A continuació es llisten altres documents de referència a nivell local, nacional i internacional que s'han consultat per a l'elaboració d'aquesta guia:

- *Guías de adaptación al riesgo de inundación: sistemas urbanos de drenaje sostenible.* Ministerio para la transición ecològica, octubre 2019.
- *Guía bàsica de diseño de sistemas de gestión sostenible de aguas pluvials en zones verdes y otros espacios libres.* Ayuntamiento de Madrid, 2018.
- *Recomanacions de projecte de drenatge: dispositius d'infiltració.* Fundació de la jardineria i el paisatge, 2014.
- *Firmes permeables.* Plataforma Tecnológica Española de la Carretera.
- *Norma UNE-EN 16941-1_2019 Sistemes "in situ" d'aigua no potable. Part I. Sistemes per a la utilització de l'aigua de pluja;* aporta solucions tècniques en els casos en els que es produeixi un ús consumptiu de l'aigua de pluja.
- *The SUDS Manual*, CIRIA, 2015.
- *Estudio, anàlisis y diseño de secciones permeables de firmes para vías urbanas.* Jorge Rodríguez Hernández, Universidad de Cantabria.
- *The Operation and Maintenance of Sustainable Drainage Systems.* HR Wallingford, 2004.

Ajuntament de Barcelona

ANNEX 3.

ASSAJOS DE PERMEABILITAT EN RASA

ANÀLISI DE RETENCIÓ DE CONTAMINANTS

ÍNDEX DE CONTINGUT

1. ASSAIG DE PERMEABILITAT EN RASA 3
1.1. Condicions d'execució 3
1.2. Metodologia i càlcul 3
1.3. Mètode de Haefeli 5
1.4. Resultats 6
2. INSPECCIÓ PER DETERMINAR L'EFICÀCIA EN LA RETENCIÓ DE CONTAMINANTS DE LES FRANGES DE BIORETENCIÓ....8

ÍNDEX DE FIGURES

Figura 1 Esquema del mètode Haefeli 5
Figura 2 Assaig de permeabilitat en rasa segons el mètode de Haefeli (Font: Basalto Informes Técnicos, S.L.) 6
Figura 3 Mètodes de mostreig 8
Figura 4 Secció d'una T-BIO 9
Figura 5 Tipus de barrines més comuns per al mostreig d'un sòl (DAAM, 2013) 9

ÍNDEX DE TAULES

Taula 1 Valors típics dels coeficients d'infiltració/ Permeabilitat per les diferents composicions del sòl (Fuente: Woods-Ballard et al., 2015). 7
Taula 2 Factors de seguretat (Font: Woods-Ballard et al., 2015) 7
Taula 3 Determinació punts mostreig 8
Taula 4 Tipus de sòls i barrines a utilitzar 9
Taula 5 Valors llindars per metalls pesants 10

1. ASSAIG DE PERMEABILITAT EN RASA

1.1. Condicions d'execució

En el disseny d'estructures d'infiltració cal aplicar un coeficient de permeabilitat que s'obté a partir de l'assaig de permeabilitat en rasa, que es basa en l'estàndard britànic **BRE Digest 365, "Soakaway Design"** revisat el 2016.

Aquest assaig es realitza in situ en aquells llocs on es vol projectar una estructura d'infiltració, concretament a l'interior d'excavacions 3en sòls secs i semisaturats. El nombre d'excavacions per a la realització dels assaigs varia en funció de la longitud de l'estructura filtrant projectada i la consistència del sòl:

- Si la longitud de l'estructura filtrant es preveu superior a 25 metres es realitzarà una segona excavació.
- Per estructures de mida superior es realitzarà una excavació cada 25 metres.
- Si el sòl està fissurat o hi ha raons per pensar que les característiques poden variar al llarg de la traça, es realitzaran assaigs cada 10 metres.
- Si el sòl és consistent es realitzaran com a mínim entre 2 i 3 excavacions.

Les parets de les excavacions hauran de ser verticals en la mesura del que sigui possible i formar una rasa rectangular. Abans de l'ompliment de l'excavació s'hauran de prendre mesures exactes de les seves dimensions, sempre des de l'exterior de l'excavació per raons de seguretat.

Les dimensions de l'excavació variaran en funció de:

- l'estructura filtrant projectada per tal de reproduir adequadament les mateixes condicions, on:
    - La base de l'excavació hauria de situar-se a la mateixa profunditat a la que es preveu que tingui l'estructura de filtració (valor habitual de 1,5 m i l'ompliment de la rasa fins a 1 m per a la realització de l'assaig).
    - L'amplada hauria de ser de 0,3 a 1 m (valor habitual: 0,6 m).
    - El llarg hauria de ser de 1 a 3 m (valor habitual: 1,5 m).

- L'àrea que drenarà l'estructura filtrant:
    - Per una àrea <100 m^2 la capacitat de l'excavació per a la realització de l'assaig serà com a mínim de 0,5 m^3.
    - Per una àrea ≥100 m^2 la capacitat serà com a mínim de 1 m^3.

1.2. Metodologia i càlcul

Un cop realitzada l'excavació es procedirà a realitzar l'assaig, que consistirà en el seu ompliment amb aigua i la mesura dels temps d'infiltració fins al seu buidat. L'aportació de l'aigua a l'excavació haurà de ser ràpida però amb cura de no provocar el col·lapse de les parets de

l'excavació. Els temps es comptabilitzaran a partir del moment de l'ompliment, en intervals espaiats de manera que sigui possible definir la corba de nivells d'aigua enfront al temps.

L'assaig es realitzarà tres vegades per a cadascuna de les excavacions, preferentment el mateix dia. Si no fos possible en un dia s'haurà de fer en dies consecutius. Com a resultat de l'assaig es prendrà el valor inferior d'entre les tres proves realitzades a les diferents excavacions.

Si és possible, a més de les mesures preses en els intervals de temps establerts, es prendran els temps corresponents a les cotes d'aigua del 75 % i 25% de l'alçada d'aigua inicial (h_o).

En cas de pluja durant l'execució de l'assaig ha de quedar registrat a l'informe de l'assaig, ja es pot produir un augment del nivell de l'aigua. Un cop finalitzi l'episodi de pluja i passades 48 hores s'ha de comprovar si la rasa està buida i registrar-ho.

A l'informe de camp també ha de quedar constància de qualsevol anomalia en el terreny adjacent que es pugui produir durant la realització de l'assaig.

El valor del coeficient d'infiltració a utilitzar en el càlcul de l'estructura drenant serà una mitjana ponderada dels resultats obtinguts en cadascuna de les excavacions, afectat per un factor de seguretat que dependrà de les condicions en que es realitzin els assaigs in situ i de les conseqüències que pogués tenir si l'estructura d'infiltració proposada fallés.

El valor del **coeficient d'infiltració** s'obté a partir de la següent fórmula:

$$K = \frac{V_{p75-25}}{a_{p50} \cdot t_{p75-25}}$$

On:

K = coeficient d'infiltració (m/s).

V_{p75-25} = volum d'emmagatzematge entre 75 % i el 25% de la profunditat de l'excavació que s'omple d'aigua, sent el 100 % el volum d'aigua inicial (m^3).

a_{p50} = Superfície mullada al 50% de la profunditat de l'excavació que s'omple d'aigua, incloent l'àrea de la base (m^2).

t_{p75-25} = temps de buidat entre el 75% i el 25% de la profunditat de l'excavació que s'omple d'aigua (s).

1.3. Mètode de Haefeli

Una variant d'aquest tipus d'assaig és el mètode de Haefeli o mètode de l'artesa, que es realitza dins de rases excavades en forma d'artesa o tronc de piràmide quadrada on:

- La cara inferior mesura 0,5 metres de costat.
- La cara superior mesura 1,5 metres de costat.
- L'alçada de la piràmide mesura 0,5 metres.

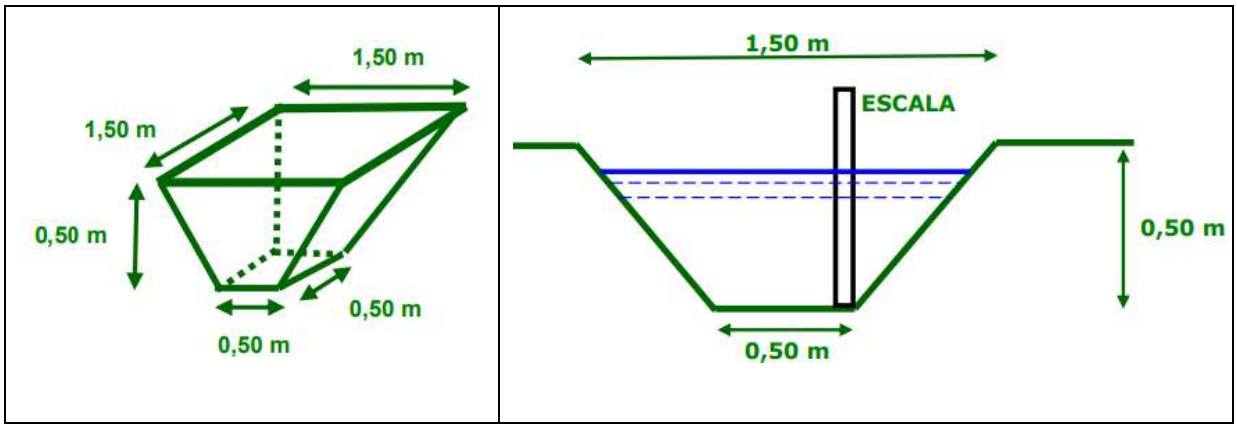


Figura 1 Esquema del mètode Haefeli

Aquest assaig es basa en omplir l'excavació amb aigua fins a una alçada qualsevol i pot realitzar-se de dues maneres:

- Nivell constant: Mantenint el nivell constant i mesurant el cabal necessari d'aigua per fer-ho

$$K = \frac{Q}{b^{2}.} \times \frac{1}{(27\frac{h}{b}+\alpha)}$$

On:

K = Permeabilitat (cm/s) *Q* = Cabal afegit (cm^3/s)

b = Costat de la base inferior (cm) h = Alçada d'aigua sobre la base en cm

α = Coeficient de capil·laritat de valor 3

- Nivell variable: Mantenint la velocitat de descens del nivell de l'aigua:

$$K = \frac{1+8h_{m(1+2h_m)}}{54h_m+3} \times \upsilon = 0{,}25 \times \upsilon$$

On:

K = Permeabilitat (cm/s) h_m = Alçada mitja d'aigua en període mesurat (cm)

υ = Velocitat de descens (cm/s)



Figura 2 Assaig de permeabilitat en rasa segons el mètode de Haefeli (Font: Basalto Informes Técnicos, S.L.)

1.4. Resultats

A continuació es presenten valors de permeabilitats obtinguts a partir d'assajos realitzats seguint el mètode britànic BRE Digest 365, 'Soakaway Design', en algunes zones susceptibles d'instal·lar SUDS dins de l'àrea de Barcelona:

- PAU1 del barri de Roquetes. Districte de Nou Barris:

  Ke = 1,48x10-3 cm/s = 0,05328 m/h

- Barrio de Bon Pastor. Fases E, F i G de l'Habitatge. Districte de Sant Andreu:

  Ke = 1,73x10-3 cm/s = 0,0625 m/h

- La Marina de la Zona Franca. Districte de Sants - Montjuïc:

  Ke = 2,00x10-3 cm/s = 0,0720 m/h

La taula 1 mostra els valors típics dels coeficients d'infiltració/permeabilitat per les diferents composicions del sòl. Es pot observar que els valors obtinguts es troben dins del rang de sòls amb bons ratis d'infiltració.

TABLE 25.1 Typical infiltration coefficients based on soil texture (after Bettess, 1996)

Soil type/texture	ISO 14688-1 description (after Blake, 2010)	Typical infiltration coefficients (m/s)
Good infiltration media		
• gravel	Sandy GRAVEL	$3 \times 10^{-4} - 3 \times 10^{-2}$
• sand	Slightly silty slightly clayey SAND	$1 \times 10^{-5} - 5 \times 10^{-5}$
• loamy sand	Silty slightly clayey SAND	$1 \times 10^{-4} - 3 \times 10^{-5}$
• sandy loam	Silty clayey SAND	$1 \times 10^{-7} - 1 \times 10^{-5}$
Poor infiltration media		
• loam	Very silty clayey SAND	$1 \times 10^{-7} - 5 \times 10^{-6}$
• silt loam	Very sandy clayey SILT	$1 \times 10^{-7} - 1 \times 10^{-5}$
• chalk (structureless)	N/A	$3 \times 10^{-8} - 3 \times 10^{-6}$
• sandy clay loam	Very clayey silty SAND	$3 \times 10^{-10} - 3 \times 10^{-7}$
Very poor infiltration media	–	
• silty clay loam	–	$1 \times 10^{-8} - 1 \times 10^{-6}$
• clay	Can be any texture of soil	$< 3 \times 10^{-6}$
• till	described above	$3 \times 10^{-9} - 3 \times 10^{-6}$
Other		
• rock* (note mass infiltration capacity will depend on the type of rock and the extent and nature of discontinuities and any infill)	N/A	$3 \times 10^{-9} - 3 \times 10^{-5}$

Taula 1 Valors típics dels coeficients d'infiltració/ Permeabilitat per les diferents composicions del sòl (Fuente: Woods-Ballard et al., 2015).

TABLE 25.2 Suggested factors of safety, F, for use in hydraulic design of infiltration systems (designed using Bettess (1996). Note: not relevant for BRE method)

Size of area to be drained	Consequences of failure		
	No damage or inconvenience	Minor damage to external areas or inconvenience (eg surface water on car parking)	Damage to buildings or structures, or major inconvenience (eg flooding of roads)
< 100 m²	1.5	2	10
100–1000 m²	1.5	3	10
> 1000 m²	1.5	5	10

Taula 2 Factors de seguretat (Font: Woods-Ballard et al., 2015).

Pels càlculs, al valor obtingut als assaigs de camp (Ke), se li acostuma aplicar un factor de seguretat (F) que depèn de varis factors. En base als valors suggerits a la taula 25.2 de Woods-Ballard et al. (2015), per aquest estudi es pren F = 1,5. D'aquesta manera, aplicant el factor de seguretat al valor més baix de permeabilitat dels obtinguts a les tres zones de Barcelona anteriorment indicats, el valor que s'utilitza en la modelització del comportament hidràulic de les estructures d'infiltració proposades és:

Kc = Ke / F = 1,48 * 10-3 / 1,5 cm/s = 9,87 * 10-4 cm/s = 0,03552 m/h

2. INSPECCIÓ PER DETERMINAR L'EFICÀCIA EN LA RETENCIÓ DE CONTAMINANTS DE LES FRANGES DE BIORETENCIÓ

El pla de manteniment de SUDS defineix les tasques i la freqüència necessàries per a cada tipologia. Es considera que les franges de bioretenció tenen un període de vida útil de 10 anys.

Dins de les principals tasques de manteniment de les franges de bioretenció (T-BIO), una tipologia de SUD que afavoreix la laminació, tractament i posterior infiltració d'aigua al terreny, es defineix una inspecció tècnica anual a la recerca d'evidència d'activitat animal i realització de tests al medi filtrant on es mesurin els paràmetres pH, fòsfor, metalls i nitrogen.

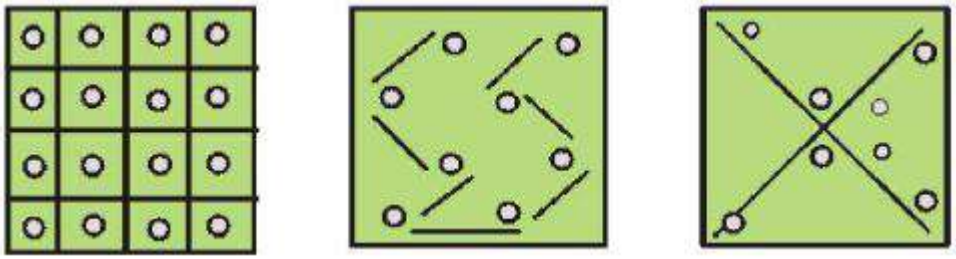
En funció de la superfície de la T-BIO es requerirà un número de punts de mostreig:

Superfície	Punts de mostreig
< 15m^2	2
>15 m^2 i < 30 m^2	3
>30 m^2	>3

Taula 3 Determinació punts mostreig

El mostreig s'haurà de realitzar a l'atzar i seguint els següents models:

- Sistemàtics:



Quadrícula *Zig- zag* *Diagonals*

Figura 3 Mètodes de mostreig

- Asistemàtics: quan es té un disseny especial

La profunditat del mostreig variarà segons el paràmetre o nutrient que es vulgui analitzar:

- Una mostra d'uns 30 cm de profunditat és suficient per a conèixer les principals característiques de la parcel·la
- Pot ser necessari agafar una mostra de fins a uns 60 cm de profunditat o superior per a conèixer el contingut de nutrients, sobretot d'aquells més mòbils, com el nitrogen.

La mostra s'ha de realitzar en el medi filtrant de la franja de bioretenció (*veure esquema de la secció de la T-BIO*). El gruix màxim acostuma a ser de 1,5 metres.



Figura 4 Secció d'una T-BIO

L'eina recomanada per agafar una mostra de sòl és la barrina, que és molt precisa i permet mostrejar en profunditat amb certa comoditat. Existeixen diferents tipus de barrines segons la classe de sòl.

Tipus de barrina	Tipus de sòl
(1) Barrina Edelman	Sòls argilosos i/o arenosos, graves i combinats i sòls humits
(2) Barrina Riverside	Sòls durs i rígids amb grava fina i sòls secs
(3) Barrina pedregosa	Sòls pedregosos
(4) Barrina de mitja canya	Sòls tous i humits

Taula 4 Tipus de sòls i barrines a utilitzar

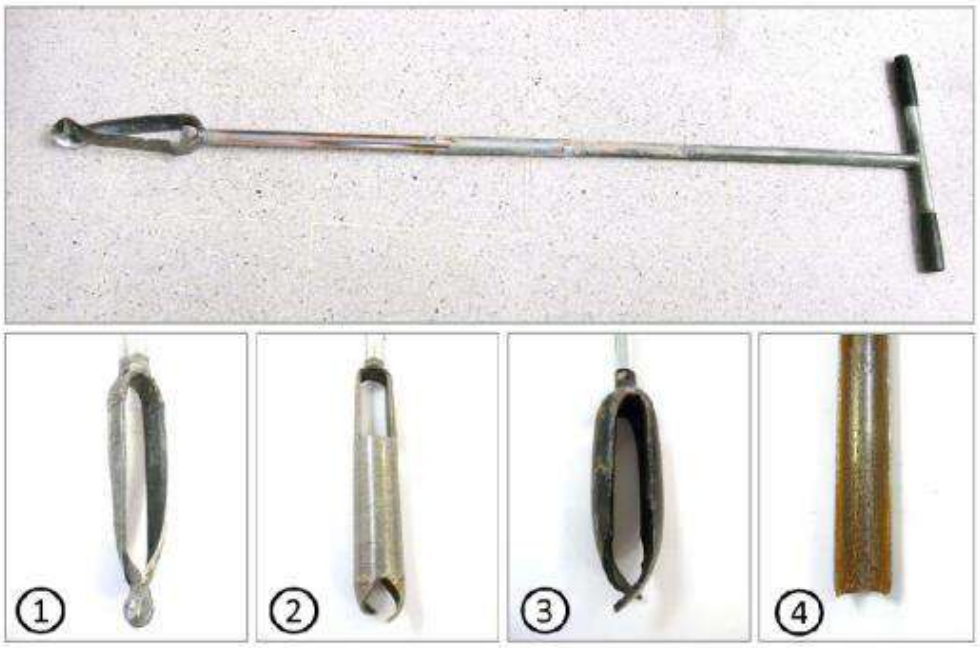


Figura 5 Tipus de barrines més comuns per al mostreig d'un sòl (DAAM, 2013)

Els paràmetres a analitzar en la inspecció tècnica d'una franja de bioretenció en zones sense trànsit rodat són:

- pH
- Fòsfor
- Metalls pesants (Cd, Cu, Pb, Zn)
- Nitrogen

Pel que fa als metalls pesants es prendran com a valors llindars els establerts a l'annex II del Decret Legislatiu 1/2009, de 21 de juliol, pel qual s'aprova el Text refós de la Llei reguladora de residus.

Elements	**Valor llindar per ús urbà Mg/kg (matèria seca)**
Cadmi (Cd)	5,5
Coure (Cu)	310
Plom (Pb)	60
Zinc (Zn)	650

Taula 5 Valors llindars per metalls pesants

Si la franja de bioretenció pot rebre aigües de superfícies asfaltades d'ús viari el paquet analític haurà d'incloure també hidrocarburs aromàtics policíclics, hidrocarburs halogenats volàtils i TPH. Si s'obtenen concentracions superiors als Nivells Genèrics de Referència (NGR) per a ús urbà recollits a l'Annex V del Real Decreto 9/2005, s'haurà de realitzar un càlcul del risc per a la salut humana que inclogui els usos futurs d'aquestes parcel·les i l'entorn. Aquest càlcul haurà d'incloure un anàlisi de sensibilitat segons Annex VIII del Real Decreto 9/2005.

Es requereix una gestió de residus d'acord amb la informació i requeriments legals. Hi ha generalment quatre tipus de residus que es generen habitualment com a conseqüència de la gestió dels SUDS: escombraries, residus verds (de vegetació), residus inerts i sediments.

En relació amb els sediments, aquests necessiten atenció especial per poder portar petites quantitats de metalls, hidrocarburs i altres contaminants. Normalment en zones urbanes, els sediments no porten residus perillosos i es poden abocar pel procediment habitual. No obstant això, caldrà fer un test de toxicitat si es preveu que poden haver-hi substàncies perilloses (com podria ser el cas de les franges de bioretenció que reben l'aigua de superfícies asfaltades d'ús viari) i determinar el procés de tractament i abocament adient.

Ajuntament de Barcelona

ANNEX 4. PROGRAMA DE MANTENIMENT I REPOSICIÓ

ÍNDEX DE CONTINGUT

1. INTRODUCCIÓ. 3
2. TASQUES DE MANTENIMENT PERIÒDIC 3
2.1. Escombratge i aspiració estàndard 3
2.2. Gestió de la vegetació i remoció de plantes no desitjades 3
2.3. Sega 4
2.4. Reg 4
2.5. Poda 4
3. TASQUES DE MANTENIMENT OCASIONAL 4
3.1. Ressembrar àrees amb poc creixement vegetatiu 4
3.2. Eliminació de sediments 5
3.3. Desbloquejar les conduccions de drenatge 6
4. TASQUES DE MANTENIMENT CORRECTIU 6
4.1. Reparació o rehabilitació de components estructurals 6
4.2. Restaurar zones erosionades 6
4.3. Rehabilitar les superfícies d'infiltració i filtració 7
4.4. Eliminació i disposició de sediments 8
4.5. Anivellar superfícies irregulars i restaurar la topografia de disseny 8
4.6. Reconstrucció a la fi del cicle vida 8
5. INSPECCIONS 8
6. FORMACIÓ D'INSPECTORS I DE PERSONAL DE MANTENIMENT 9
7. CONSERVACIÓ I MANTENIMENT DURANT L'ANY DE GARANTIA 10
8. REPOSICIÓ DE MATERIAL VEGETAL 11

ÍNDEX DE TAULES

Taula 1. Treballs de manteniment durant el període de garantia 15

1. INTRODUCCIÓ.

En aquest apartat es descriuen les principals tasques que són necessàries per al manteniment dels SUDS. Es presenten agrupades segons la classificació basada en la freqüència que s'ha indicat a l'apartat anterior.

2. TASQUES DE MANTENIMENT PERIÒDIC

2.1. Escombratge i aspiració estàndard

Inclou l'escombratge, manual o mecànic, per eliminar i netejar de fulles i escombraries. Es tracta d'una funció integral del manteniment dels SUDS en estructures superficials. Serveix per evitar els riscos de bloqueig de les entrades i eixides d'aigua en el sistema, els sobreeixidors, les zones de pretractament i les superfícies d'infiltració, per mantenir els valors estètics, per minimitzar els riscos de contaminació i per reduir la possibilitat de formació d'aigües estancades amb la consegüent aparició d'algues i mosquits. Als llocs on els valors estètics siguin una prioritat, aquesta tasca s'haurà de realitzar amb major freqüència. En molts casos forma part de les tasques de neteja habitual de viaris o espais verds.
Les superfícies permeables, com paviments de formigó o amb llambordins, necessiten ser netejades regularment d'escombraries i, principalment, sediments que puguin reduir la seva capacitat d'infiltració. A més a més, cal fer una aspiració per succió sense aigua, que normalment no serà necessària més d'una vegada a l'any (pot ser menys encara si així ho determinen les inspeccions).

2.2. Gestió de la vegetació i remoció de plantes no desitjades

Aquesta tasca inclou l'eliminació de la vegetació morta per evitar bloquejos i la remoció d'herbes espontànies. En general, cal mantenir lliures les zones d'entrada, eixida i els sobreeixidors.
Les plantes mortes o danyades han de ser llevades i substituïdes. Pot requerir-se canviar el tipus de planta per adaptar-se millor a les condicions. En general, és preferible utilitzar plantes perennes i plantes llenyoses que puguin suportar les condicions dels SUDS.
Les plantes adventícies poden destruir l'aspecte visual de les estructures i limitar el seu bon funcionament, a més d'entrar en competència amb les plantes de disseny dels SUDS. Les herbes espontànies i les plantes invasores causen competència radicular. Per això, un control des de l'inici d'aquestes herbes fa la seva gestió més ràpida i més fàcil al llarg del temps.
Pel que fa a la remoció d'herbes espontànies, aquesta tasca hauria de tenir lloc sempre que sigui necessari, molt regularment. Les herbes espontànies i les plantes invasores es poden llevar estirant-les o dessoterrant les arrels. És més fàcil llevar les herbes quan són petites i el sòl està humit; a més de ser més fàcil, si són menudes, es redueix la probabilitat que hagin produït llavors i, per tant, les seves possibilitats de reproducció. Cal prendre la precaució d'assegurar-se que es pren tota l'herba, fins a l'arrel, i no només la part superior. A Barcelona no es tracten les herbes espontànies ni les plantes invasores amb productes fitosanitaris.

2.3. Sega

Segar implica trobar un equilibri entre la qualitat estètica del lloc i les funcions hídriques i biològiques del sistema. Per tant, aquesta tasca no es por dur a terme com a les zones verdes convencionals. En general, una coberta de gramínies ben mantinguda millora el funcionament del SUDS pel que fa a la qualitat de l'aigua.
Depenent de la tipologia dels SUDS, i de les seves característiques i objectius concrets, s'establirà una altura de disseny que caldrà mantenir i que determinarà la freqüència per tallar la gespa. La gespa llarga és recomanable en zones on es pretén donar un aspecte més natural al sistema, però es recomana no tallar molt la gespa prop d'un SUDS amb aigua permanent per evitar, entre altres coses, la incorporació de matèria orgànica que aporti contaminants i nutrients a l'aigua. Contràriament, la gespa situada prop de les entrades i eixides d'aigua al sistema s'haurà de mantenir el més curt possible.
Quan es talla la gespa en zones empinades s'ha d'evitar segar el marge superior tot el possible, mai sovint o molt curt, perquè pot augmentar el risc d'erosió. A més a més, s'ha de considerar que en pendents superiors al 20% no es pot fer servir la màquina segadora, que implica fer servir desbrossadora de fil. A l'hora de determinar la freqüència i maquinària a utilitzar per fer els talls, s'ha de considerar també la possibilitat de compactació del sòl per l'ús de maquinari pesant.

2.4. Reg

El reg es necessari per la implantació, manteniment i reposició de les espècies vegetals en entorns urbans, independentment del seu origen. Les plantes mediterrànies toleren millor la sequera, en general, però no significa que puguin sobreviure las parcs i jardins sense reg. No es el seu entorn natural. És una tasca regular la periodicitat de la qual dependrà principalment dels tipus de plantes i de l'època de l'any.

2.5. Poda

En relació amb la poda, cal podar les tiges i les branques mortes per mantenir la salut i l'aparença d'arbres i arbustos.

3. TASQUES DE MANTENIMENT OCASIONAL

3.1. Ressembrar àrees amb poc creixement vegetatiu

La vegetació no sempre es desenvolupa amb normalitat i en el grau desitjat. L'existència de plantes amb símptomes d'estrès, plantes mortes o espais sense vegetació poden ser indicadors clars de què el sistema no funciona correctament. A més, en el procés d'implantació de noves plantes (normalment els primers 12 mesos) hi ha un percentatge d'aquestes que no tenen èxit, que es quantifiquen al voltant del 5%. Cal plantar o ressembrar aquestes àrees i si cal, canviar el tipus de planta per adaptar-se millor a les condicions.
Com ja s'ha indicat, des de l'any 2017, a Barcelona no s'utilitzen fitosanitaris en la gestió de la vegetació, i per la gestió de les plantes adventícies es proposa fer servir mantes orgàniques o encoixinats.
En general, per als SUDS, no és acceptable l'ús d'encoixinats que puguin ser arrosegats o flotar lliurement amb facilitat (tal com escorça o triturat) pel risc de bloquejar canonades i el

cost de reposició. L'alternativa es l'ús de mantes orgàniques, que també ajuda a atrapar els sediments i els contaminants de l'aigua de pluja. Haurien de ser revisats regularment per si cal fer petites reparacions..

3.2. Eliminació de sediments

Els sediments, fangs i llims de les superfícies impermeables poden arribar als SUDS, especialment per les entrades d'aigua, i s'acumulen en les àrees de pretractament, la base dels SUDS, i també a les eixides d'aigua. Cal llevar-los regularment. La freqüència de retirada dels sediments i el tipus d'actuació per a dur a terme aquesta tasca depenen de diversos factors, entre altres:

- El disseny del drenatge aigües amunt dels SUDS.
- El tipus de dispositiu.
- El volum de disseny per a emmagatzemament de sediments.
- La grandària de la conca de vessament en relació amb la superfície del SUDS en qüestió.
- Les característiques de la conca de vessament: usos del sòl, impermeabilitat...
- Les dimensions dels SUDS.
- L'accessibilitat.
- Si els sediments es troben submergits o en superfície damunt de terra seca.
- Les propietats dels sediments.
- La profunditat dels sediments.

La freqüència d'eliminació de sediments es basa, en part, en la ràtio d'acumulació de sediments versus la capacitat d'emmagatzemament de sediments que té el SUDS sense comprometre la seva funció. L'acumulació de sediments normalment és ràpida durant el període de construcció (la qual cosa inclou el període de construcció de tots els desenvolupaments en la conca de vessament). Una vegada totes les construccions a la conca de vessament estan acabades i la vegetació s'ha establert, normalment l'erosió i la sedimentació es redueixen.

S'ha de netejar qualsevol element que capturi sediments; algunes plantes estan dissenyades per captar sediments o restes i se situen prop de les entrades d'aigua. És necessari llevar els sediments prop de la base d'aquestes plantes, les quals poden haver de ser reemplaçades ocasionalment perquè són part del sistema de captura de sediments i poden resultar danyades o morir.

Als components petits del SUDS, els sediments es poden llevar manualment o amb excavadores menudes. Per a components subterranis cal utilitzar sistemes de succió. Normalment s'emprarà maquinària amb components SUDS grans o quan els sediments s'acumulin en un aiguamoll amb presència permanent d'aigua.

Els sediments humits són més difícils i costosos de llevar que els sediments secs. De manera ideal, tot el sistema pot ser drenat i els components suficientment assecats perquè pugui operar maquinària pesant a la part baixa. Hi ha diverses estructures de disseny dels SUDS que permeten que l'aigua no hi entri quan s'estan duent a terme operacions de manteniment. No obstant això, no sempre és possible; en aquests casos s'haurà de treballar des dels marges amb retroexcavadores i altres equipaments similars.

Les següents són algunes recomanacions generals per a la retirada de sediments humits (en estanys i aiguamolls):

- Realitzar els treballs entre setembre i març per minimitzar els impactes en les aigües receptores (alguns components dels sediments poder reduir la qualitat de l'aigua amb altes temperatures). On sigui precís, els treballs es restringiran a setembre i octubre, per protegir els éssers vius que hibernen.
- Quan s'utilitzi maquinària o sistemes de bombeig, és aconsellable fer els treballs amb temps sec perquè els terrenys adjacents estiguin ferms; idealment es recomana treballar des d'una superfície dura.
- Usar maquinària amb un braç extensible per evitar el contacte amb els marges, els talussos i qualsevol altra estructura localitzada a menys d'un metre dels marges, per evitar problemes d'inestabilitat i erosió.
- Les culleres de la maquinària per traure els sediments han d'anar sense dents per evitar danys a capes impermeables inferiors, com ara argiles o membranes resistents a l'aigua.

3.3. Desbloquejar les conduccions de drenatge

Es tracta d'un cas particular de l'eliminació de sediments i escombraries a l'interior de canonades: entrades i eixides d'aigua, sobreeixidors. Pot ser necessari l'ús de maquinària específica com diferents tipus de robots i màquines fresadores i per tallar arrels, així com hidronetejadores.

4. TASQUES DE MANTENIMENT CORRECTIU

4.1. Reparació o rehabilitació de components estructurals

Per components estructural i la seva reparació s'entén, entre altres, els següents: filtres, graves, geotèxtils, estructures d'entrada i eixida d'aigua, sobreeixidors, cartells informatius, etc. També pot ser necessari la reposició o recol·locació de llambordes trencades o descol·locades, així com el farcit de juntes i esquerdes en paviments continus de formigó o asfalt, que afectin la funció estructural del ferm o suposin un risc per als ciutadans.
La necessitat de substituir o rehabilitar aquests i altres components no és previsible, però poden ser necessàries com a conseqüència de situacions inesperades com accions vandàliques, pluges excessivament fortes que deteriorin les estructures, etc. Així, es deurà considerar la possibilitat d'ocurrència d'algun tipus de dany estructural als plans de manteniment, amb una periodicitat concreta, per eixample, de cinc anys.

4.2. Restaurar zones erosionades

La millor manera de prevenir l'erosió i preservar l'estabilitat del sòl és mantenir una coberta del terreny sana i estable, tant dins com al voltant dels SUDS. Les àrees just amunt i avall dels espais amb vegetació dels SUDS són més propenses a experimentar erosió. Aquest problema es pot evitar o reduir amb el disseny d'àrees o instal·lacions de transició entre els espais vegetats i els no vegetats. Els marges/vores amb canvis de pendent o entre zona vegetada i no vegetada s'han de mantenir en bon estat i reparar-lo quan sigui convenient. Les arrels llenyoses d'arbres poden accelerar el procés de desestabilització. No obstant això, la vegetació llenyosa allunyada de talussos no posa en perill l'estabilitat del sistema i pot aportar

millores a la filtració i infiltració de l'escorrentia en les estructures SUDS. Per la qual cosa, pot ser recomanable plantar arbres fora de zones amb pendent.
Les zones amb sòl nu s'erosionen amb facilitat, la qual cosa sol obturar el sistema i posa en perill la seva integritat. Així, l'estabilitat de les àrees nues ha de ser rehabilitada com més aviat millor i ressembrar o replantar (i, si és necessari, anivellar superfícies irregulars i restaurar la topografia de disseny). Les zones ressembrades o replantades deuen ser protegides amb encoixinat o amb mantes orgàniques per afavorir la instal·lació de la vegetació i evitar l'erosió; les mantes deuen estar fixades a terra amb estaques.
Altres zones sensibles són les canonades d'entrada i eixida al sistema on es deu prevenir i corregir l'erosió com més prompte millor. L'aparició de reguerons en general, i en aquestes zones en particular, sols ser un indicador d'erosió i de necessitat d'actuació. Pot ser necessari ressembrar o replantar, o bé aportar terra o graves i anivellar el terreny.

4.3. Rehabilitar les superfícies d'infiltració i filtració

Les superfícies d'infiltració i filtració són les àrees on percola l'aigua d'escorrentia captada pel SUDS, podent estar conformades per graves, sorra o vegetació principalment, però també per paviments permeables. Es deuen buscar signes que les superfícies d'infiltració i filtració s'estan obturant, com per exemple que l'aigua romangui durant períodes llargs a la superfície o si aquesta se'n va pels sobreeixidors sense infiltrar-se o sense passar per la concavitat principal.
Pel que fa a les superfícies amb graves i sorra, és recomanable reduir el volum de material a mantenir mitjançant la col·locació, en fase de disseny, d'un geotèxtil de filtre a pocs centímetres de la superfície (generalment 20 cm), independent del que envolta la resta del material granular. Així, quan es detecten signes de saturació, caldrà llevar la grava o la sorra, netejar-la fora dels SUDS, en un lloc sec i sense risc de contaminació dels sistemes, i tronar-la a posar on estava, havent canviat prèviament el geotèxtil superficial. L'aigua residual s'ha d'arreplegar i disposar a banda; si les graves o la sorra presenten molta brutícia hauran de ser substituïdes. Si no es compta amb aquest geotèxtil superficial, l'operació tindrà lloc de manera similar, però restituint el geotèxtil del fons de la superfície amb contacte amb el terreny natural.
En relació amb les superfícies de gespa, l'estat del sòl també s'ha de comprovar de manera recomanable cada any i ajustar les seves característiques i propietats per tal que sigui productiu i un bon suport per a la vegetació. Es recomana que els porus del sòl tinguin una proporció adequada d'aire i aigua, especialment a les estructures on l'acumulació de sediments sol ser elevada (ventilació dels sòls). També s'hauria d'evitar o prohibir trepitjar la gespa, especialment durant el període d'implantació, per evitar la compactació del sòl i per afavorir el creixement de la gespa i les plantes. Als casos on la permeabilitat de les superfícies amb herba s'ha reduït de forma inacceptable, hi ha un grapat de tècniques paisatgístiques que es poden utilitzar per obrir la superfície i afavorir la infiltració.
Als SUDS de certa envergadura, una bona tècnica per millorar la infiltració és l'escarificació. A les zones vegetades es crea una capa de matèria orgànica entre la zona de vegetació verda i la superfície del sòl. Aquesta capa està composta per arrels, tiges i brots, tant vius com morts. L'escarificació amb tractors dotats d'equipaments autopropulsats fins a una profunditat determinada (normalment 50 mm o més) trenca els dipòsits de llim, es lleva l'herba morta i altra matèria orgànica i alleuja la compactació de la superfície del sòl. També es pot recórrer a màquines amb equipaments dentats o altres tècniques que "punxen" el terreny. Aquesta tasca

és especialment efectiva en els sòls amb arena i el millor moment per dur-la a terme és quan el sòl està humit. Aquestes tècniques penetren i perforen les capes del sòl fins a una profunditat determinada (normalment 100 mm o més) i permeten l'entrada d'aire, aigua o nutrients.
Un altre procediment són els tractaments amb aire a pressió. S'utilitzen principalment quan la capacitat d'infiltració es redueix per causa de la compactació. Aquest procés trenca les capes del subsòl per mitjà de sondejos que s'introdueixin al terreny. Les sondes es troben connectades a fonts de gas a alta pressió (normalment botelles de nitrogen) i un corrent de gas a alta pressió s'insereix ràpidament al sòl.

4.4. Eliminació i disposició de sediments

Encara que ja s'ha citat i descrit aquesta tasca com una de manteniment ocasional, en determinats casos l'acumulació de sediments és tan elevada que es transforma en una de tipus correctiu. Aquestes situacions poden ocórrer després de tempestes inusualment fortes. També té lloc aquesta tasca quan cal llevar llims, o sediments en general, d'estructures subterrànies o amb més dificultats d'accés, com cel·les estructurals. Per la seva condició de subterrani es durà a terme amb menys freqüència que en altres components dels SUDS i, per tant, l'acumulació de sediments serà major, la qual cosa li dóna el caràcter de correctiu a aquesta tasca.

4.5. Anivellar superfícies irregulars i restaurar la topografia de disseny

Les fortes tempestes o, simplement, el deteriorament progressiu dels SUDS alteren la seva topografia original. Aquest problema es dóna principalment en zones amb pendent on es formen regueres o bé una part del sòl ha quedat nua de vegetació (per problemes d'implantació d'aquesta o mort per altres causes); també es dóna en les superfícies que, pel seu disseny, no porten vegetació (superfícies amb sorra o grava).
Normalment l'anivellament i la restauració del terreny implica l'ús de maquinària específica per a moviments de terra. També inclou ressembrar o replantar, amb la possibilitat d'incorporació de terra vegetal i tot el necessari per a la implantació i creixement de les espècies vegetals.

4.6. Reconstrucció a la fi del cicle vida

Com el seu nom indica, aquesta tasca consisteix a substituir tots els components dels SUDS quan el sistema ha arribat a la seva obsolescència. Un mal manteniment o unes condicions externes anormalment negatives (vandalisme, condicions climàtiques adverses) poden accelerar el procés de deteriorament.

5. INSPECCIONS

S'han de dur a terme revisions ordinàries i inspeccions tècniques amb periodicitat. Ambdues són molt importants per identificar els problemes reals i potencials abans que siguin problemes majors. Concretament, les inspeccions i revisions permeten identificar fallades als sistemes, com ara bloquejos o infiltració reduïda, entre altres. A més de detectar problemes d'operativitat i funcionament, aquestes inspeccions ajuden a determinar les necessitats de manteniment immediates i per futures anualitats.

Com ja s'ha indicat, hi ha dos tipus d'inspeccions. Per un costat, es troben les revisions ordinàries que poden ser dutes a terme pels encarregats del manteniment de zones verdes o de viaris, és a dir, no cal una eixida específica per a aquestes tasques, ni tampoc el personal requereix una qualificació determinada. D'un altre costat, es troben les inspeccions tècniques, les quals es duen a terme normalment per personal més qualificat. El programa de revisions es pot variar si s'identifiquen canvis en les condicions del lloc, com respecte de la quantitat de contaminants o altres característiques. A més, tant les revisions com les inspeccions poden determinar la necessitat de variar els tipus i la freqüència de les tasques de manteniment respecte d'allò que estava programat. La seva realització requereix l'emplenament de formularis (fitxes d'inspecció) on es demana informació concreta i precisa. A l'hora de fer les revisions i, sobretot, les inspeccions, es recomana prendre fotografies per documentar gràficament el que es posa a les fitxes i poder visualitzar l'estat dels sistemes.
El següent és un llistat prou exhaustiu dels aspectes a comprovar durant les revisions i inspeccions rutinàries, encara que poden haver-hi més:

- Ruptura o mal estat de les entrades o eixides d'aigua, pous d'observació, cel·les estructurals (si es poden registrar) i de canonades en general.
- Bloquejos provocats per sediments, restes vegetals o animals i escombraries.
- Zones compactades i entollaments a les superfícies de filtració, d'infiltració i els sistemes de pretractament (avaluar la capacitat d'infiltració després de forta pluja; revisar conducte de drenatge per detectar acumulació de sediments).
- Inestabilitat de talussos.
- Estancaments excessius d'aigua.
- Vegetació en mal estat: plantes mortes o moribundes o presència d'herbes espontànies.
- Signes d'erosió.
- Acumulacions de sediments tant a les estructures superficials (canals, superfícies d'infiltració...) com subterrànies (pous d'observació, cel·les estructurals...), per analitzar l'acumulació de sediments i establir la freqüència necessària per a la seva eliminació (escombratge/aspiració i altres tècniques).
- Comprovar la integritat del geotèxtil i controlar possibles danys d'arrels d'arbres a la sub-base.
- Components mecànics com vàlvules, comportes, portes de tanques, panys, escotilles, dispositius amb una funció sobre la seguretat i l'estètica dels sistemes (tanques, accessos rodats o per a vianants, la il·luminació, senyals i panells informatius, sistemes de reg, etc.).

6. FORMACIÓ D'INSPECTORS I DE PERSONAL DE MANTENIMENT

Un aspecte al qual normalment no se li presta l'atenció deguda és a la qualificació dels inspectors i del personal de manteniment en general, la qual cosa inclou la formació i, si cal, la certificació. Aquesta qüestió és essencial per a l'efectivitat del pla de manteniment, ja que si el personal ha rebut la formació requerida, és conscient d'allò que està fent, entén el que se li demana i realitza el seu treball amb més rapidesa.
Els gestors deuen estar formats sistemes de sanejament i drenatge, així com en medi ambient i pràctiques sostenibles. El personal de manteniment i els inspectors deuen estar ben informats respecte del funcionament dels sistemes, dels seus objectius, dels objectius i

components del pla de manteniments, de l'ús de les fitxes d'inspecció i la forma d'omplir-les i transferir les dades. Entre altres objectius, s'espera que els treballadors facin comentaris apropiats respecte de l'estat i les anomalies dels SUDS i informin respecte de les activitats de manteniment als gestors i planificadors de les tasques.
En relació amb els continguts de la formació, hi ha tres línies generals:

a) D'una banda està la formació bàsica obligatòria de gestió de les aigües pluvials i formació per als treballs de camp per a les quadrilles de manteniment. La formació en relació al manteniment comença amb una descripció bàsica dels objectius i el funcionament global de les estructures de gestió de les aigües de pluja i els seus principals components; els continguts són: objectius i funcions dels SUDS, gestió de la vegetació, formació per a l'ús dels manuals de camp i per als treballs de camp en general, operacions amb equipament i ferramentes. Aquesta comprensió permetrà al personal de manteniment proporcionar un manteniment més efectiu dels components del sistema i detectar amb major eficiència els problemes relacionats amb el manteniment i el funcionament de les estructures.
b) D'altra banda, depenent de la grandària, el caràcter, la localització i els constituents de cada estructura de gestió de l'aigua de pluja, el personal pot requerir formació en inspecció i tasques de manteniment especialitzades, així com en l'operació i cuidat d'equipaments de manteniment específics.
c) Finalment, la formació s'hauria de proveir també per al coneixement i ús de qualsevol equipament i procés de seguretat requerit (formació en seguretat laboral).

Hi ha diversos formats per a la formació que poden ajudar a estandarditzar el procés d'inspecció i les tasques de manteniment mitjançant la revisió d'objectius, processos i accions de seguiment. Els tallers es mostren eficaços perquè la formació entre col·legues incrementa la comunicació, la confiança i l'interaprenentatge, perquè es comparteixen experiències, reptes i mecanismes per solucionar problemes relacionats amb situacions reals en camp.
L'obtenció d'un certificat pot incloure certificacions i potser necessària per mantenir una llista d'inspectors certificats per a futurs treballs de camp. S'ha de tenir i omplir un registre de les activitats de formació dutes a terme i dels treballadors assistents o participants, tot per saber amb qui es pot comptar per a la programació de les accions de manteniment.

7. CONSERVACIÓ I MANTENIMENT DURANT L'ANY DE GARANTIA

La vegetació dels nous espais de plantació estarà subjecte als mateixos que criteris de PiJBIM que qualsevol altre espai verd de la ciutat de Barcelona. El promotor, ja sigui públic o privat, és el responsable de la bona conservació i el manteniment de l'espai verd durant el període de garantia, a comptar des de la recepció i acceptació de l'obra. Les tasques de manteniment s'han d'executar durant tot l'any de garantia, de forma regular, abans de la recepció i traspàs, per tal de mantenir l'espai enjardinat en bon estat de conservació.
El promotor, ja sigui públic o privat, haurà de resoldre i esmenar a càrrec seu qualsevol incidència que pugui produir-se durant aquest termini, a excepció dels actes vandàlics (Ordenança del medi ambient de Barcelona, títol 7, article 75-9). Aquest període de garantia i manteniment te l'objecte de garantir el correcte establiment de la vegetació, raó per la qual no s'acceptaran espais verds replantats només amb l'objecte d'obtenir la recepció final o traspàs a PiJBIM, que la podrà rebutjar fins que no es comprovi la bona implantació de la vegetació.

Els treballs de manteniment i conservació de l'espai estaran subjectes a la supervisió de PiJBIM, que haurà de rebre els informes corresponents per part del Contractista. L'informe s'enviarà per correu electrònic al REP, dintre del període i condicions establertes el dia de la recepció, per poder fer un seguiment correcte del manteniment de l'espai. Sense aquest informe i les respostes favorables, no es podrà realitzar el traspàs definitiu a PiJBIM.

8. REPOSICIÓ DE MATERIAL VEGETAL

Dins de l'àmbit de l'execució de l'obra, cal reposar totes les baixes que es produeixin amb vegetals de les mateixes característiques.
A continuació es detallen en una taula les tasques mínimes de manteniment que s'han d'executar durant tot l'any de garantia, de forma regular, abans de la recepció i traspàs, per tal de mantenir l'espai enjardinat en bon estat de conservació.

ELEMENT VEGETAL	TASCA	ÈPOQUES IDÒNIES DE REALITZACIÓ DE TASQUES I FREQÜÈNCIA												FREQ. ANY
		OCT	NOV	DES	GEN	FEB	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	
GRUP DE FLOR	Aportació d'adob orgànic	1						1				1		3
	Aportació de terres o àrids (segons necessitats)													0
	Aportació encoixinat (segons necessitats)													0
	Entrecavada, escatada i eliminació de flor seca		1	2	2	2	2		1	2	2		1	15
	Perfilat (de vores, tot i que calen separadors)													0
	Plantació		1						1				1	3
	Preparació del terreny	1						1				1		3
	Reg	4	4	4	4	4	4	4	12	12	12	12	4	80
	Reg de plantació		1						1				1	3
	Reposició (segons necessitats)													0
	Tractament fitosanitari (segons necessitats)													0
BULBOSES, RIZOMATOSES I VIVACES	Aportació d'adob orgànic	1					1							2
	Aportació de terres o àrids (segons necessitat)													0
	Aportació d'encoixinat (segons necessitats)	1												1
	Divisió de mata. Plantació	1					1							2
	Entrecavada, escatada i eliminació de flor seca	1	1	2	2	2		1	2	2	2	2	2	19
	Poda i pinçament	1						1						2
	Perfilat (de vores, tot i que calen separadors)													0
	Preparació del terreny (segons necessitats)													0
	Reg	4	2	2	2	2	4	4	8	8	8	8	4	56
	Reposició (segons necessitats)													0
	Tractament fitosanitari (segons necessitats)													0
SUCULENTES	Aportació de terres o àrids (segons necessitats)													0
	Aportació d'encoixinat (segons necessitats)					1								1
	Entrecavada i/o escatada manual	1							1					2
	Preparació del terreny (segons necessitats)													0
	Reg (segons necessitats)													0
	Tractament herbicida químic							1					1	2
Tipus BAMBÚS, JONCS, BOGUES	Preparació del terreny													0
	Poda i neteja					1								1
	Reg (segons necessitats)													0
	Reposició (segons necessitats)													0
GRAMÍNIES	Aportació de terres o àrids (segons necessitat)													0
	Aportació d'encoixinat (segons necessitats)													0

	Entrecavada i escatada	1							1					2
	Reposició (segons necessitats)													0
	Preparació del terreny (segons necessitats)													0
PLANTA AQUÀTICA	Arrencament, div. de mata, preparació per a plantació					1								1
	Eliminació de fulles i flors mortes										1			1
	Tractament fitosanitari (segons necessitats)													0
PARTERRE SENSE VEGETACIÓ	Aportació de terres o àrids (segons necessitat)													0
	Aportació d'encoixinat					1								1
	Entrecavada i escatada	1							1					2
	Tractament herbicida químic							1						1
ZONA NATURALITZADA	Desbrossament camins	1					1							2
	Desbrossament superfície total								1					1
	Poda de formació		1											1
	Reposició (segons necessitats)													0
	Reg (segons necessitats)													0
JARDINERES O TESTOS	Reg arbrat i planta resistent	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	18
	Reg planta exigent (jardinera mitjana)	4	2	2	2	2	4	4	6	6	6	6	4	48
	Reg planta exigent (jardinera petita)	5	3	3	3	3	5	5	7	7	7	7	5	60
	Neteja de superfície jardineres, entrecavada i eliminació de males herbes	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	48
	Entrecavada i eliminació de males herbes	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	48
	Reposició d'encoixinat	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	16
	Reposició de planta objecte de vandalisme o morta	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	8
	Plantació jardineres amb flor	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	3
	Reposició planta de flor	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	48
	Poda de manteniment	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	6
	Aportació d'adob d'alliberament lent	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
	Pintat jardineres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Eliminació de grafits i cartells	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
	Actuacions a les jardineres (potes, fustes...)													0
	Aportació de retenidors d'aigua en noves plantacions													0
	Tractaments fitosanitaris													0
	Moviment de jardineres													0
ARBRE VIARI de ZP	Aportació d'adobs o esmenes (segons necessitats)													0
	Arrabassament i reposició (segons necessitats)													0

	Neteja d'escocells						1						1	2
	Realç i formació (arbrat de 1a, 2a i 3a)				1									1
	Reg manual (per mantenir arbrat de 1a)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	48
	Reg automàtic (per mantenir arbrat de 1a)	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2	28
	Tractament fitosanitari (segons necessitats)													0
PALMERA VIÀRIA DE ZP	Aportació d'adobs o esmenes (segons necessitats)													0
	Arrabassament i reposició (segons necessitats)													0
	Neteja d'escocells						1						1	2
	Realç i formació (arbrat de 1a, 2a i 3a)													0
	Reg manual (per mantenir arbrat de 1a)													0
	Tractament fitosanitari (segons necessitats)													0
GESPA C3	Aportació d'adob orgànic						1							1
	Aeració i escarificació						1							1
	Encebament i ressembra						1							1
	Perfilat		1											1
	Preparació del terreny (segons necessitats)													0
	Reg*	4	2	2	2	2	4	8	12	12	12	12	8	80
	Sega i aplicació de retallavores	2	1	1	1	1	2	3	4	4	3	3	3	28
	Tractament fitosanitari (segons necessitats)													0
GESPA C4	Aportació d'adob orgànic						1							1
	Aeració i escarificació						1							1
	Encebament i ressembra						1							1
	Perfilat		1											1
	Preparació del terreny (segons necessitats)													0
	Reg*	2					2	4	12	12	12	12	4	60
	Sega i aplicació de retallavores	1	1		1		1	2	2	2	2	2	2	16
	Tractament fitosanitari (segons necessitats)													0
PRAT	Desbrossament		1		1			1		1	1	1	1	7
	Preparació del terreny (segons necessitats)													0
	Reg*	2					2	4	12	12	12	12	4	60
	Sega		1		1			1		1	1	1	1	7
	Tractament fitosanitari (segons necessitats)													0
BOSCANY	Desbrossament								1					1
	Reposició (segons necessitats)													0
	Poda - neteja d'arbres		1											1
VORADA tal)	Aportació d'adob orgànic						1							1
	Aportació de terres o àrids (segons necessitats)													0

	Aportació d'encoixinat			1										1
	Entrecavada i escatada						1							1
	Preparació del terreny (segons necessitats)													0
	Reg	4	2	2	2	2	4	4	8	8	8	8	4	56
	Tractament fitosanitari (segons necessitats)													0
	Poda de formació	1												1
	Poda de manteniment						1							1
ARBUSTS I ROSERS	Aportació d'adob orgànic						1							1
	Aportació de terres o àrids (segons necessitats)													0
	Aportació d'encoixinat (segons necessitats)					1								1
	Eliminació de flor	1							1					2
	Entrecavada i escatada				1									1
	Poda de formació i de manteniment					1								1
	Preparació del terreny (segons necessitats)													0
	Reg	4	2	2	2	2	4	4	8	8	8	8	4	56
	Reposició (segons necessitats)													0
	Tractament fitosanitari (segons necessitats)													0
ENTAPISSANTS I ENFILADISSES	Aportació d'adob orgànic						1							1
	Aportació de terres o àrids (segons necessitats)													0
	Aportació d'encoixinat (segons necessitats)													0
	Entrecavada i escatada								1					1
	Poda de formació i de manteniment							1						1
	Preparació del terreny (segons necessitats)													0
	Reg	4	2	2	2	2	4	4	8	8	8	8	4	56
	Reposició (segons necessitats)													0
	Tractament fitosanitari (segons necessitats)													0
SUPERFÍCIE TOTAL D'ÚS I ESPAI VERD	Desherbat de paviment amb herbicida (segons necessitats)								1					1
	Escatada i desbrossament de paviments													0
	Neteja del parc (inclou papereres)	1/dia	1/dia	1/dia	1/dia	1/dia	1/dia	1/dia	1/dia	1/dia	1/dia	1/dia	1/dia	0
	Reposició de sauló (segons necessitats)													0

Taula 1. Treballs de manteniment durant el període de garantia