

Resum

De l'aigua que hi ha a la Terra, al voltant del 3% és aigua dolça, de la qual aproximadament la meitat es troba en forma de gel. Per tant, només podem comptar amb una petita quantitat de recursos hídrics.

La societat ha considerat l'aigua com un bé inesgotable i ha anat adquirint hàbits i costums que, avui en dia, condueixen als ciutadans de societats desenvolupades a consumir aigua potable d'una manera desmesurada.

L'augment cada vegada més pronunciat del consum d'aigua degut al creixement de la població, juntament amb l'escassetat de pluges fa que s'hagin de tenir en compte polítiques per a l'estalvi d'aigua. L'aigua és un recurs present, però cal que també ho sigui per a generacions futures; per això, en els últims anys ha augmentat la consciència de que no es pot seguir consumint aigua potable de manera irracional.

Fruit d'aquest augment de la consciència envers els problemes mediambientals, arreu del món s'han implementat diversos sistemes de certificació mediambiental que tenen en compte, entre d'altres coses, el consum d'aigua potable. Aquests sistemes no són d'obligat compliment, però donen els passos que s'han de seguir per tal de fer un ús racional de l'aigua.

L'objectiu general del projecte és comparar tres eines de certificació mediambiental (l'eina VERDE, la certificació BREEAM i la certificació LEED), a més del Codi Tècnic, que estudien el consum d'aigua per tal de poder tenir una visió global de què és el que valoren aquestes eines i quin són els mitjans disponibles per tal de fer un ús eficient de l'aigua. També s'aplicaran aquestes tres eines per estudiar un cas pràctic i veure els punts forts que té cadascuna dels tres sistemes d'avaluació.





Sumari

RESUM	1
SUMARI	3
1. GLOSSARI	7
2. PREFACI	9
2.1. Origen del projecte	9
2.2. Motivació	9
3. INTRODUCCIÓ	11
3.1. Tema i objectius del projecte	11
3.2. Abast del projecte	11
4. ANTECEDENTS I VIABILITAT	13
5. LES DIFERENTS EINES DE COMPARACIÓ	15
5.1. VERDE	15
5.2. BREEAM	17
5.3. LEED	18
5.4. Codi Tècnic	19
6. COMPARACIÓ DE LES EINES D'AVALUACIÓ	21
6.1. Consum d'aigua	21
6.1.1. VERDE	21
6.1.2. BREEAM	22
6.1.3. LEED	25
6.1.4. Codi Tècnic	26
6.2. Acumulació d'aigua de pluja per a la seva reutilització	26
6.2.1. VERDE	26
6.2.2. BREEAM	27
6.2.3. LEED	29
6.2.4. Codi Tècnic	29
6.3. Reutilització d'aigües grises	29
6.3.1. VERDE	29
6.3.2. BREEAM	30
6.3.3. LEED	31
6.3.4. Codi Tècnic	31
6.4. Jardineria eficient en aigua	32
6.4.1. VERDE	32



6.4.2.	BREEAM	34
6.4.3.	LEED	34
6.4.4.	Codi Tècnic	35
6.5.	Comptadors d'aigua	35
6.5.1.	VERDE	35
6.5.2.	BREEAM	35
6.5.3.	LEED	37
6.5.4.	Codi Tècnic	37
6.6.	Detecció de fuites importants	37
6.6.1.	VERDE	37
6.6.2.	BREEAM	37
6.6.3.	LEED	38
6.6.4.	Codi Tècnic	38
6.7.	Tall en el subministrament d'aigua	39
6.7.1.	VERDE	39
6.7.2.	BREEAM	39
6.7.3.	LEED	40
6.7.4.	Codi Tècnic	40
6.8.	Rentat de vehicles	40
6.8.1.	VERDE	40
6.8.2.	BREEAM	40
6.8.3.	LEED	41
6.8.4.	Codi Tècnic	41
6.9.	Tractament sostenible de l'aigua en l'emplaçament	41
6.9.1.	VERDE	41
6.9.2.	BREEAM	41
6.9.3.	LEED	43
6.9.4.	Codi Tècnic	43

7. ESTUDI DEL SOBRECOST QUE SUPOSA AUGMENTAR L'ESTALVI D'AIGUA 45

7.1.	Consum d'aigua	45
7.2.	Acumulació d'aigua de pluja per a la seva reutilització	46
7.3.	Reutilització d'aigües grises	49
7.4.	Jardineria eficient en aigua	53
7.5.	Comptadors d'aigua	54
7.6.	Detecció de fuites importants	54
7.7.	Tall en el subministrament d'aigua	55
7.8.	Rentat de vehicles	56
7.9.	Tractament sostenible de l'aigua en l'emplaçament	56



7.10. Comparació econòmica.....	57
7.10.1. VERDE	58
7.10.2. BREEAM.....	59
7.10.3. LEED	60
8. ESTUDI D'UN CAS PRÀCTIC	63
8.1. VERDE.....	65
8.1.1. Consum d'aigua.....	65
8.1.2. Acumulació d'aigua de pluja per a la seva reutilització.....	67
8.1.3. Reutilització d'aigües grises.....	69
8.1.4. Jardineria eficient en aigua	70
8.2. BREEAM.....	76
8.2.1. Consum d'aigua.....	76
8.2.2. Acumulació d'aigua de pluja per a la seva reutilització.....	77
8.2.3. Reutilització d'aigües grises.....	79
8.2.4. Jardineria eficient en aigua	81
8.2.5. Comptadors d'aigua.....	81
8.2.6. Detecció de fuites importants.....	81
8.2.7. Tall en el subministrament sanitari	81
8.2.8. Rentat de vehicles	81
8.2.9. Tractament sostenible de l'aigua en l'emplaçament.....	82
8.3. LEED.....	82
8.3.1. Consum d'aigua.....	82
8.3.2. Acumulació d'aigua de pluja per a la seva reutilització.....	84
8.3.3. Reutilització d'aigües grises.....	84
8.3.4. Jardineria eficient en aigua	84
8.3.5. Tractament sostenible d'aigua en l'emplaçament.....	85
8.4. Codi Tècnic.....	85
8.4.1. Consum d'aigua.....	85
8.4.2. Acumulació d'aigua de pluja per a la seva reutilització.....	85
8.4.3. Reutilització d'aigües grises.....	86
8.4.4. Jardineria eficient en aigua	86
8.4.5. Comptadors d'aigua.....	86
8.4.6. Detecció de fuites importants.....	86
8.4.7. Tall en el subministrament sanitari	87
8.5. Comparació de les puntuacions	87
9. ESTUDI DE L'IMPACTE AMBIENTAL	89
9.1. Impacte ambiental de la realització d'obres	89
CONCLUSIONS	91



BIBLIOGRAFIA

93



1. Glossari

Benchmark: puntuació de referència de l'eina VERDE.

Coeficient d'escorrentia: Coeficient que ajusta els càlculs de la mida del dipòsit per a tenir en compte el fet de que no totes les gotes que cauen en la superfície de captació arriben al dipòsit.

Coeficient de filtrat: Coeficient que fa que es tingui en compte que no tota l'aigua que cau des de la coberta pels canalons arriba al dipòsit.

K_S : És el coeficient d'espècie, que s'utilitza per al càlcul d'aigua segons les necessitats de cada espècie.

K_D : És el coeficient de densitat, que s'utilitza per tal d'introduir el factor d'intensitat d'agrupament de la plantació.

K_M : És el coeficient de microclima, té en compte com afecta el microclima a les pèrdues d'aigua.

MBR: Membrane Bioreactor. És un tipus de membrana d'ultrafiltració.

SGE: el Sistema de Gestió d'Edificis és un sistema informàtic central que controla els serveis i sistemes de l'edifici com la calefacció, la il·luminació o el consum d'aigua.

TRACI: Eines per a la Reducció i Valoració de Productes Químics i Altres Impactes Mediambientals de U.S Agència de Protecció Mediambiental, Oficina d'Investigació i Desenvolupament.

UFC: unitats formadores de colònies.

UNT: unitats nefelomètriques de terbolesa.





2. Prefaci

2.1. Origen del projecte

Segons l'Agència Europea de Mediambient, que és la principal font d'informació per a la Unió Europea i els seus Estats membres a l'hora de desenvolupar polítiques mediambientals, la protecció i la qualitat de l'aigua a Europa està millorant. No obstant això, amb prou feines s'han produït avenços contra el consum excessiu d'aigua en algunes regions. El turisme, per exemple, exerceix una pressió important sobre els recursos hídrics de moltes zones del sud d'Europa.

L'extracció excessiva segueix essent un dels principals problemes en algunes zones com la costa i les illes mediterrànies, tot i que no s'han d'oblidar les altres regions que també es poden veure afectades per l'excés de consum d'aigua.

Aquest projecte neix de la preocupació que suposa aquest consum irracional d'aigua i els seus efectes, com són l'esgotament dels recursos hídrics i, fins i tot, la desertificació.

2.2. Motivació

La motivació del projecte és donar les pautes bàsiques per a fer possible un estalvi significatiu del consum d'aigua potable per tal de poder evitar els impactes lligats a un excessiu consum d'aigua, com són la desertificació i l'esgotament de recursos hídrics. Això es farà analitzant tres eines d'avaluació mediambiental donades (VERDE, BREEAM i LEED) per estudiar el que es demana en cada cas.





3. Introducció

3.1. Tema i objectius del projecte

El tema d'aquest projecte és l'estudi comparatiu d'eines d'avaluació per a la certificació mediambiental d'edificis centrat en l'estalvi d'aigua. Les eines d'avaluació ambiental utilitzades són l'eina VERDE, la certificació BREEAM i la certificació LEED, que es comparen alhora amb el Codi Tècnic.

D'aquestes eines, només el Codi Tècnic és d'obligat compliment; les altres certificacions serveixen, entre d'altres coses, per avançar en la utilització d'estratègies que permetin una millora de l'impacte mediambiental en la indústria de la construcció i són de caràcter voluntari. Des dels anys 70 hi ha hagut un increment gradual en el consens en relació amb els tipus d'impactes que s'han d'incloure en un model d'avaluació verd. A partir de l'any 2000, el nombre de mètodes per a l'avaluació mediambiental d'edificis s'ha multiplicat en tot el món. BREEAM va ser el primer sistema que oferí un mètode d'etiquetatge d'edificis, tot i que LEED és el de major implantació en el mercat de grans edificis.

El primer objectiu del projecte és fer un estudi comparatiu de les diferents eines d'avaluació per tal d'analitzar el sobrecost que suposa disminuir el consum d'aigua. L'altre objectiu és aplicar les eines estudiades a un cas pràctic per comparar l'avaluació segons cada sistema.

3.2. Abast del projecte

El que pretén aquest projecte és presentar les mesures que s'han de prendre per tal d'augmentar l'estalvi del consum d'aigua. Això s'aconsegueix comparant les especificacions que es demanen a cada eina, ja que, tot i que tant l'eina VERDE, la certificació BREEAM i la certificació LEED tenen com a objectiu reduir el consum d'aigua, no comparteixen la mateixa manera de fer-ho.

Per a la realització d'aquest projecte s'ha tingut en compte que pot estar destinat a aquelles empreses que volen aconseguir una certificació mediambiental, però sense oblidar les característiques que comporta que es tracti d'un Projecte Final de Carrera.





4. Antecedents i viabilitat

Avui en dia hi ha un consens científic sobre el problema que suposa l'augment del consum d'aigua, ja que el creixement de la població fa que la demanda d'aigua sigui de cada vegada major i disminueixin els recursos hídrics. Un dels motius que fan que no hi hagi una cultura estalviadora d'aigua a Espanya és el baix preu que té aquest bé, ja que el preu no cobreix les despeses d'extracció i tractament que es realitza per al consum de l'aigua.

De totes maneres, els organismes dirigents es preocupen de cada vegada més per aconseguir un desenvolupament sostenible. Això ha fet que s'elaborin normatives que regulen l'ús eficient de l'aigua en els edificis.

L'any 2006 es va aprovar el Codi Tècnic de l'Edificació, que estableix les exigències que han de complir els edificis en relació amb els requeriments bàsics de l'edificació establerts en la LOE (Llei 38/1999 d'Ordenació de l'Edificació). El Document Bàsic de Salubritat (HS) està inclòs en el Codi Tècnic i en ell s'obliga a instal·lar elements per a subministrar i evacuar aigües de manera sostenible. No obstant això, no es fa referència a la gestió eficient de l'aigua ni obliga a l'aprofitament de les aigües grises i pluvials.

Recentment s'han redactat ordenances municipals que obliguen a un ús eficient de l'aigua. Tot i això, només s'han aprovat en alguns municipis i en la major part de l'estat espanyol no hi ha cap legislació d'aquest tipus. Únicament es realitzen campanyes informatives sobre l'estalvi d'aigua que no aconsegueixen una disminució considerable del consum.

També han aparegut diferents eines d'avaluació mediambiental. Les eines d'avaluació que es presenten en aquest projecte no són d'obligat compliment, però els edificis certificats presenten avantatges respecte els que no ho estan. Per exemple, els edificis amb una certificació mediambiental tenen un valor afegit i, per tant, augmenta el valor de la propietat i faciliten la venda. A més, aquests edificis estalvien aigua i energia i, com que el consum és menor, tenen menys costos d'explotació.

Tot i l'augment del consens per tal d'aconseguir un desenvolupament sostenible, actualment en les vivendes poques vegades s'instal·len dispositius eficients que aconsegueixen un estalvi significatiu d'aigua. Pel que fa a la reutilització d'aigües grises i l'acumulació d'aigües pluvials, en el mercat es poden trobar dispositius per al reciclatge d'aquestes aigües; no obstant això, en la majoria dels casos no es tenen en compte a l'hora de dissenyar l'edifici. Quant a la jardineria, el gran nombre de vivendes unifamiliars amb jardí ha fet que el consum d'aigua per



al reg augmenti considerablement; a més, en moltes zones es planta gespa (que és una espècie amb grans requeriments hídrics) i es rega mitjançant aspersors, que tenen una eficiència de reg molt baixa.

En aquest projecte es pretén aconseguir una visió global de quines actuacions s'han de portar a terme per tal d'aconseguir una disminució significativa del consum d'aigua potable. Per tant, s'ha d'analitzar en cada cas particular la viabilitat de les mesures que es volen prendre.

En l'àmbit econòmic, la implantació de dispositius eficients, així com de sistemes de reciclatge d'aigües grises o l'acumulació d'aigües pluvials per a la seva posterior utilització suposa un sobrecost inicial però es disminueix el consum d'aigua potable i, per tant, l'import de la factura d'aigua. Una de les formes d'estudiar la viabilitat econòmica del projecte és mitjançant el càlcul de Pay Back o plaç de recuperació d'una inversió:

$$\text{Pay Back} = \text{Inversió inicial} / \text{Estalvi mensual} = \text{mesos que es triga a recuperar la inversió}$$

Depenent dels dispositius que s'instal·lin i l'estalvi d'aigua que s'aconsegueix es triga més o menys temps a recuperar la inversió.

Pel que fa a la logística de la instal·lació d'aquests elements, és més fàcil en els edificis de nova construcció. Això es deu a que no s'han de substituir els dispositius existents i la implantació es pot tenir en compte ja des de la fase de disseny de l'edifici, el que fa que la seva aplicació sigui més senzilla.



5. Les diferents eines de comparació

5.1. VERDE

La Certificació GBC (Green Building Challenge) Espanya-VERDE (acrònim de Valoración de Eficiencia de Referencia de Edificios) reconeix la reducció de l'impacte mediambiental d'un edifici que s'avalua comparant-lo amb un edifici de referència (un edifici estàndard construït complint les exigències mínimes fixades per les normes i la pràctica comú). El Comitè Tècnic de GBC Espanya ha formulat una sèrie de criteris i de regles acceptades en les organitzacions internacionals de les que forma part, iSBE i WGBC, per a definir els límits i requisits necessaris per a que un edifici pugui obtenir la Certificació GBC Espanya-VERDE.

La metodologia VERDE està basada en una aproximació de l'anàlisi del cicle de vida en cada fase de la construcció i consisteix en avaluar la reducció dels impactes de l'edifici i el seu emplaçament gràcies a la implantació de mesures que afecten tant al disseny com a factors de rendiment. Aquestes mesures estan agrupades en una llista de 6 criteris de sostenibilitat, que permeten caracteritzar l'edifici a través d'aspectes específics, com poden ser el consum d'aigua potable, les emissions de CO₂, etc. Per poder avaluar cada criteri, se l'ha d'associar a un o més impactes (hi ha un total de 19 categories d'impacte) i a un indicador que dona un valor numèric i la seva unitat de mesura. L'indicador mediambiental proporciona una informació agregada i sintètica sobre un fenomen; per tant, els criteris són una propietat física que s'ha de mesurar i els indicadors són una eina per poder mesurar aquesta propietat física.

Cadascun dels criteris s'estructura a la guia de la següent manera: un quadre amb el codi i el nom del criteri i els impactes avaluats i un altre quadre on s'indica en quins usos de l'edifici és aplicable el criteri a desenvolupar (a tots els edificis, multiresidencials o oficines). Després de la taula d'aplicabilitat s'especifiquen les fases del cicle de vida en que aquest criteri pot ser avaluat. També apareixen els objectius del criteri, el context (tant dels beneficis ambientals, socials o econòmics que s'aconsegueixen amb l'aplicació de les pràctiques indicades en l'apartat dels objectius), la normativa que es pot aplicar en cada cas, el procediment de càlcul, l'avaluació la documentació requerida, les referències i terminologia i, finalment, l'annex tècnic.

A l'hora de fer l'avaluació de la sostenibilitat de l'edificació, s'ha de definir una escala de puntuació per tal d'establir la ponderació de cada impacte. En el cas de VERDE, es calcula la reducció d'impactes associats a cada criteri a partir de valors de referència i ponderats segons



les condicions regionals. A cada criteri se li associa una puntuació de referència (“benchmark”), que s’estableix a partir de la revisió de la reglamentació de la regió, l’anàlisi dels valors de rendiment usuals o per consens entre un grup d’experts.

La puntuació està entre 0 i 5: 0 és el valor de referència que correspon al compliment normatiu, és a dir, la pràctica habitual; 3 defineix la qualificació de bona pràctica; i 5 és la millor pràctica possible amb un cost acceptable. Segons l’extensió, la intensitat i la duració potencial dels efectes i la tendència reflectida en els indicadors de sostenibilitat corresponents al perfil ambiental d’Espanya, el sistema pesa cada un dels impactes associats a cada criteri.

D’aquesta manera, es poden donar valors relatius en l’avaluació. Per tant, existeixen dos resultats que responen a dos tipus de càlcul diferents: l’avaluació relativa (que respon al càlcul del percentatge de la reducció de cada un dels impactes avaluats respecte l’edifici de referència) i l’avaluació absoluta (correspon al càlcul de reducció d’impactes reals, mesurats en les unitats associades a cada tipus d’impacte i es mesura respecte a l’edifici de referència).

El resultat final s’obté fent una ponderació dels tipus d’impacte que s’avaluen i el pes que se li ha assignat a cadascun d’ells. El pes assignat serveix per a ponderar els resultats parcials obtinguts en cada àrea d’impacte i per a formular una puntuació final que oscil·la entre 0 i 5. S’estableixen un total de 6 Nivells de Certificació que permeten reconèixer de forma diferenciada els mèrits mediambientals del projecte que sol·licita la certificació, a la Figura 5.1 hi apareix l’escala de certificació.







0-0,5	0 hojas	
0,5-1,5	1 hoja	
1,5-2,5	2 hojas	
2,5-3,5	3 hojas	
3,5-4,5	4 hojas	
4,5-5	5 hojas	

Figura 5.1: Resultat final de l’avaluació VERDE



5.2. BREEAM

BREEAM (Building Research Establishment's Environmental Assessment Method) és un conjunt d'eines i procediments el propòsit dels quals és mesurar, avaluar i ponderar el nivell de sostenibilitat, tant en la fase de disseny com en la d'execució o manteniment, de diferents tipus d'edificis (residencials, oficines, centres comercials, d'ensenyament, etc). L'entitat dipositària de la metodologia BREEAM a Espanya és l'Institut Tecnològic de Galícia (ITG), per aquesta raó s'adapta a la realitat espanyola pel que fa a la legislació, normes i estàndards.

BREEAM ES Comercial, que és l'estudiat, avalua l'impacte mediambiental dels edificis en deu categories diferents, entre les quals hi ha la categoria de l'Aigua. Cada una de les categories està dividida en requisits, l'objectiu dels quals és minimitzar l'impacte d'una edificació nova o rehabilitada mitjançant uns criteris d'avaluació que s'han d'aconseguir i que van més enllà dels requisits legals. El que fa la norma BREEAM ES Comercial és valorar les actuacions establertes en crèdits, als quals s'associa un nombre de punts en funció de la importància en els impactes associats al crèdit. L'esquema BREEAM ES Comercial és només aplicable als edificis destinats a oficines, indústria i comerç.

Cada requisit està estructurat de la següent manera: informació sobre el requisit, l'objectiu, els criteris d'avaluació, notes addicionals que poden ampliar els criteris d'avaluació, la documentació que cal entregar, informació complementària i referències.

Pel que fa a la puntuació i classificació de l'edifici s'han de tenir en compte les ponderacions mediambientals, ja que a cada una de les deu categories se li atorga una ponderació determinada (en el cas de l'aigua és un 10,5 % si es tracta d'una obra nova, ampliacions i rehabilitacions i un 11,5% si només és condicionament). Per tal d'aconseguir una classificació BREEAM ES Comercial, l'edificació ha de tenir un mínim de puntuació percentual i complir els requisits mínims (és a dir, un nombre mínim de punts). Finalment, cal tenir en compte els punts extraordinaris, que proporcionen un reconeixement extra i es poden obtenir per dues vies: els Criteris de Nivell Exemplar (que promouen el compliment de criteris que representen les millors pràctiques en el mercat) i la Sol·licitud d'Innovació Aprovada (aquests punts suposen un reconeixement major per a una edificació que innovi en l'àmbit de la sostenibilitat).

Per calcular la classificació d'un edifici, l'assessor ha de calcular el nombre de punts concedits en funció amb els criteris d'avaluació definits en cada requisit. Un cop fet això s'ha de calcular, per a cada categoria, el percentatge de punts obtinguts i s'ha de multiplicar per la ponderació de cada categoria. De la suma de puntuacions de cada categoria s'obté la puntuació general,



a la qual se li pot afegir un 1% per cada punt extraordinari aconseguit (fins un màxim del 10%). Finalment, cal comprovar el compliment dels requisits mínims. La classificació final de l'esquema BREEAM ES Comercial per a edificis nous, rehabilitacions i de condicionament és la que es mostra a la Taula 5.1.

CLASSIFICACIÓ	% PUNTUACIÓ
SENSE CLASSIFICAR	< 30
ACCEPTABLE	≥ 30
BO	≥ 45
MOLT BO	≥ 55
EXCEL·LENT	≥ 70
EXCEPCIONAL	≥ 85

Taula 5.1: Classificació BREEAM ES Comercial

Per tal d'aconseguir una classificació de "Molt Bo", "Excel·lent" i "Excepcional" s'ha de recopilar material per a elaborar i publicar un cas d'estudi sobre l'edifici.

5.3. LEED

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) és un sistema de certificació mediambiental internacionalment reconegut. Va ser desenvolupat pel U.S Green Building Council (USGBC) l'any 1998 i proporciona un marc per identificar i implementar les pràctiques i mesures de construcció sostenible.

Els sistemes de classificació LEED estan dissenyats per a classificar edificis comercials, institucionals, residencials i d'oficines, entre d'altres usos, tant nous com edificis ja existents. Cada sistema de classificació està organitzat en cinc categories mediambientals més dues categories extres, que tenen a veure amb la innovació en el disseny i la prioritat regional. A cada categoria mediambiental hi poden haver uns requisits mínims, que són aquells que obligatòriament s'han de complir per poder optar a la qualificació LEED, i diferents crèdits.

En la versió LEED 2009 els punts que es donen a cada crèdit depenen dels impactes mediambientals potencials i els beneficis humans que es poden obtenir. Per a poder quantificar cada tipus d'impacte s'utilitzen diverses metodologies, com ara la modelització energètica, la valoració del cicle de vida i l'anàlisi del transport; d'aquesta manera es



concedeixen els punts entre els diversos crèdits, el que s'anomena Pes dels Crèdits. Com a base del pes de cada crèdit s'utilitzen les categories d'impactes mediambientals TRACI (Eines per la Reducció i Valoració de Productes Químics i altres Impactes Mediambientals) de l'Agència de Protecció Mediambiental (EPA) dels Estats Units i es tenen en compte també els pesos desenvolupats per l'Institut Nacional de Normes i Tecnologia (NIST).

Cada requisit mínim o crèdit està estructurat de la manera següent: en primer lloc es posa la puntuació a que es pot optar. A continuació s'explica el propòsit del crèdit, és a dir, quin objectiu es vol aconseguir. Els requisits defineixen les condicions que s'han de complir per tal d'aconseguir els punts disponibles. Finalment, les Tecnologies i Estratègies Potencials donen les pautes per poder aconseguir els objectius.

Pel que fa a la puntuació, cada crèdit concedeix uns punts (tots els crèdits es valoren com a mínim amb un punt) en funció de la importància relativa dels impactes. Així, el resultat és una mitjana de pes que combina els impactes de l'edifici i el valor relatiu de les categories d'impacte. Hi ha un total de 100 punts bàsics; a més, es poden aconseguir fins a 10 punts extres amb els Crèdits d'Innovació en el Disseny i els de Prioritat Regional. Les certificacions LEED 2009 per a Nova Construcció i Grans Remodelacions es concedeixen segons l'escala que es mostra a la Taula 5.2.

CERTIFICAT	40-49 punts
PLATA	50-59 punts
OR	60-79 punts
PLATÍ	80 punts i més

Taula 5.2: Classificació final LEED 2009

5.4. Codi Tècnic

El Document Bàsic HS estableix regles i procediments per tal de poder complir amb les exigències bàsiques de salubritat. Aquest document es divideix en cinc seccions diferents, una de les quals, la HS 4, recull allò que té a veure amb el subministrament d'aigua. S'exigeix que els edificis subministrin aigua apta per al consum de forma sostenible, aportant cabals suficients per al seu funcionament, així com la incorporació d'elements que permetin l'estalvi d'aigua.





6. Comparació de les eines d'avaluació

Per tal de fer una comparació de les eines d'avaluació s'ha d'estudiar les especificacions que es demanen en cada cas i el pes que se li assigna a l'estalvi d'aigua en cada sistema.

En l'eina VERDE, l'impacte estudiat és l'Esgotament d'Aigua Potable, que té un pes del 10%.

Pel que fa a BREEAM, tots els criteris analitzats pertanyen a la categoria de l'Aigua, que té una ponderació del 10,5% en obra nova, ampliacions i rehabilitacions i un 11,5% per a condicionament. En aquesta categoria es poden aconseguir 13 punts més un punt extraordinari.

A l'eina LEED, tots els crèdits tenen un pes i els que s'estudien són els de la categoria d'Eficiència en Aigua. Dels 110 punts disponibles a la certificació LEED, n'hi ha 10 que estan relacionats amb l'estalvi d'aigua, el que suposa un 7,27% de pes en la puntuació final. A més, hi ha un requisit que és d'obligat compliment.

A l'Annex A hi ha una taula resum amb les especificacions que es demanen a cada eina d'avaluació, així com el pes assignat a cada apartat.

6.1. Consum d'aigua

6.1.1. VERDE

El criteri C01 Consum d'aigua potable té com a objectiu reduir el consum d'aigua potable mitjançant mesures d'estalvi i eficiència i forma part de l'àrea de Recursos Naturals. Aquest criteri s'aplica als edificis multiresidencials i d'oficines, i l'avaluació depèn de l'ús que se li doni a l'edifici.

A efectes del benchmarking, per un edifici multiresidencial es considera que la pràctica habitual és el consum d'aigua (en litres/persona-dia) de l'edifici de referència. La millor pràctica és reduir en un 50% el consum respecte l'edifici de referència. Pel que fa a les oficines, la pràctica habitual és el consum d'aigua de l'edifici d'oficines de referència, i la millor pràctica possible és reduir en un 30% el consum de referència.

El procediment de càlcul per trobar el consum d'aigua de l'edifici multiresidencial objecte en litres per persona i dia s'explica a continuació:



- 1) Determinar els cabals d'aigua en litres/segon per les aixetes i les dutxes, i en litres/ús pels inodors, rentavaixelles i rentadores.
- 2) Establir el nombre d'ocupants segons s'indica en el CTE HE-4. A l'Annex B.2 es pot veure el nombre d'ocupants de l'edifici segons el nombre de dormitoris.
- 3) Introduir aquestes dades a la pestanya "aigua" de l'eina.

El consum de litres de l'edifici de referència s'obté multiplicant el cabal de l'element de referència pel seu ús. A l'Annex B.1 es pot trobar el consum de referència i el nombre d'usos de l'edifici de referència de l'eina VERDE.

Per determinar el consum d'aigua de l'edifici d'oficines es procedeix de la següent manera:

- 1) Establir els cabals d'aigua en litres/segon per a les aixetes i dutxes, i en litres/ús per als inodors.
- 2) Determinar el nombre d'ocupants de l'edifici: segons s'indica en el CTE SI-3, en les oficines, la densitat d'ocupants és de 10 m² per persona. Només es tenen en compte els ocupants de les zones d'oficines, per tant, els vestíbuls i les zones públiques queden al marge. També cal destacar que pels edificis d'oficines es considera que els usuaris són 50% homes i 50% dones.
- 3) Introduir aquestes dades a la pestanya "aigua" de l'eina.

El consum de litres de l'edifici de referència s'obté multiplicant el cabal de l'element de referència pel seu ús.

A l'Annex B.1 es pot observar el cabal de referència i el nombre d'usos dels diferents elements que consumeixen aigua en un edifici d'oficines.

6.1.2. BREEAM

El requisit AG1- Consum d'Aigua té com a objectiu intentar reduir el consum d'aigua potable amb l'ús d'aparells sanitaris de baix consum d'aigua. Aquest requisit està valorat amb un màxim de tres punts, depenent del grau d'implicació del projecte en l'estalvi del consum d'aigua.

Es concedeix un punt si es compleix el següent:

- a) Els inodors de doble descàrrega no han de superar 4,5/3 litres i els de simple descàrrega



els 4,5 litres.

- b) Els urinaris han de tenir com a màxim un cabal efectiu de descàrrega (que és el volum d'aigua necessària per a netejar la tassa de l'inodor i transportar tot el seu contingut a una distància suficient per tal d'evitar l'embús del desguàs) de 1,2 litres.
- c) Els lavabos dels espais públics han de ser de polsador, infrarojos o d'un dispositiu similar per tal de que el temps d'obertura màxim sigui de 6 segons i que el cabal total sigui de 0,5 litres/ús. En el cas dels infrarojos, el cabal no pot superar els 6 litres/minut.
- d) Totes les aixetes que no disposin d'un dispositiu enumerat a l'apartat c, han de portar una etiqueta indicativa del correcte funcionament per l'estalvi d'aigua.
- e) El cabal de les dutxes no pot superar els 9 litres/minut (si s'especifica), per una pressió de l'aigua de 0,3 MPa i una temperatura de sortida de 37 °C. En el cas de que un capçal de dutxa pugui proporcionar diferents cabals, s'ha d'utilitzar el cabal mig o típic.

Es concedeixen dos punts si es compleixen les condicions citades a continuació:

- 1) S'ha de complir AG5. Com es veurà més endavant, aquest requisit està relacionat amb el reciclatge d'aigües pluvials i aigües grises.
- 2) S'ha d'aconseguir el primer punt.
- 3) És necessari que es compleixin, com a mínim, tres de les característiques següents:
 - a. Tots els urinaris han de ser sense aigua.
 - b. Tots els lavabos d'espais públics han de ser de polsador, infrarojos o dispositiu similar per tal de que el temps màxim d'obertura sigui de 6 segons amb un cabal total de 0,5 litres/ús. El cabal dels dispositius infrarojos no pot superar els 5 litres/minut.
 - c. Les aixetes dedicades per a manteniment han de disposar de pistola a pressió, que és un accessori que s'instal·la en les aixetes de manteniment que augmenta la pressió de sortida d'aigua per a facilitar la neteja de materials, eines, etc i disminuir, d'aquesta manera, el consum d'aigua.
 - d. Les aixetes que s'utilitzen en cuines i trens de rentat dels locals específics de restauració, han de tenir un cabal màxim de 8 litres/minut per una pressió de 0,3



MPa.

- e. Totes les dutxes, en el cas de que s'especifiqui, han de tenir un cabal màxim de 6 litres/minut per a una pressió d'aigua de 0,3 MPa i una temperatura de sortida de 37°C.

Per a aconseguir els tres punts és necessari que:

- 1) Es compleixi el requisit AG5, que fa referència al reciclatge de les aigües pluvials i grises.
- 2) Que es compleixin totes les característiques del tercer apartat per a l'obtenció dels dos punts.

En tots els lavabos es posaran indicacions per indicar el funcionament dels inodors i els lavabos, així com per avisar en cas de que es detectin fugues o altres problemes. A més, els botons dels inodors de doble descàrrega tindran símbols que indiquin el funcionament del control de descàrrega.

Pel que fa a edificis tipus nucli i envolupant, és a dir, aquelles edificacions no condicionades i de natura especulativa, si els comptadors seran responsabilitat dels futurs inquilins, per demostrar el compliment dels criteris d'aquest requisit es pot fer mitjançant una de les següents opcions:

- 1) Per aconseguir el valor total dels punts disponibles s'ha de redactar un contracte entre el promotor i l'inquilí.
- 2) També s'aconsegueix el valor total dels punts disponibles si es porta a terme una col·laboració entre promotor i inquilí.
- 3) S'obté la meitat dels valor dels punts disponibles si es fa una Guia Verda de l'Edifici per al condicionament dels inquilins.

Si no està previst el muntatge d'aparells sanitaris, s'han d'avaluar les instal·lacions de l'edifici accessible més proper, ja que molt probablement seran les que s'utilitzaran.

En el cas de que s'instal·lin altres dispositius d'estalvi d'aigua no enumerats en aquest apartat, cal contactar amb BREEAM ES per aprovar la concessió dels punts.



6.1.3. LEED

En la certificació LEED, hi ha diversos apartats que estan relacionats amb l'estalvi d'aigua. El prerrequisit EAp1: Reducció del Consum d'Aigua és d'obligat compliment si es vol optar a la certificació mediambiental. Per tal de superar aquest prerrequisit s'ha d'aconseguir que s'utilitzi un 20% menys d'aigua que la línia base de consum d'aigua calculada sense tenir en compte el reg. Els càlculs es fan en funció del consum dels ocupants estimats.

A l'Annex B.4 es pot trobar la línia base de consum d'aigua per a la certificació LEED.

Els aparells que s'han de considerar a l'hora de disminuir el consum d'aigua són els lavabos, els urinaris, les aixetes de lavabos comercials, els perlitzadors, airejadors o difusors, les aixetes de les cuines residencials i els capçals de dutxa.

El crèdit EA2: Tecnologies Innovadores en Aigües Residuals busca la reducció de la demanda d'aigua potable i la disminució de generació d'aigües residuals. Es concedeixen dos punts si es redueix l'ús d'aigua potable per al transport de les aigües residuals en un 50% i, entre altres estratègies, hi ha l'ús d'aparells conservadors d'aigua.

Finalment, el crèdit EA3: Reducció de l'Ús d'Aigua, pretén maximitzar l'eficiència en aigua per tal de reduir el consum d'aigua potable i la generació d'aigua residual. Es crèdit està valorat de 2 a 4 punts segons el percentatge de reducció del consum d'acord amb la línia base (veure Annex B.4). Els càlculs de consum s'han de fer tenint en compte el nombre d'ocupants estimats. Els aparells que s'han de comptabilitzar a l'hora de calcular la reducció del consum d'aigua són els lavabos, els urinaris, les aixetes de lavabos comercials, els perlitzadors, airejadors o difusors, les aixetes de les cuines residencials i els capçals de dutxa.

A la Taula 6.1 s'especifiquen els punts concedits en funció del percentatge de reducció del consum d'aigua.

% DE REDUCCIÓ	PUNTS
30%	2
35%	3
40%	4

Taula 6.1: Puntuació Crèdit EA2



6.1.4. Codi Tècnic

En el Document Bàsic HS s'especifica el cabal mínim que s'ha de subministrar en les instal·lacions tant d'aigua freda com d'aigua calenta. A l'Annex B.5 es poden veure els cabals d'aigua mínims que estableix el Codi Tècnic. A més, en les zones de pública concurrència les aixetes dels lavabos i les cisternes han d'estar dotats de dispositius d'estalvi d'aigua.

Pel que fa a l'estalvi del consum d'aigua, en 50 municipis de la Diputació de Barcelona s'han aprovat Ordenances Municipals per a augmentar l'estalvi d'aigua que obliguen a la incorporació de mecanismes estalviadors per aixetes i dutxes, per inodors i urinaris i per processos de neteja.

6.2. Acumulació d'aigua de pluja per a la seva reutilització

6.2.1. VERDE

El C02 Retenció d'aigua de pluja per a la seva reutilització és un criteri que està inclòs dins la categoria de Recursos Naturals. Depenent de l'ús que se li doni, a efectes del benchmarking s'avalua en l'apartat de xerojardineria (que és un tipus de jardineria que utilitza tècniques per fer un ús racional de l'aigua de reg, evitant el malbaratament dels recursos hídrics) o en el consum d'aigua potable.

L'avaluació s'estableix mitjançant la comparació del potencial d'aigua de pluja recollida en relació de la mida del dipòsit projectat (V_{ROB}). El procediment de càlcul per tal de dimensionar d'una manera òptima el dipòsit de recollida d'aigües pluvials és el següent:

- 1) Calcular el consum anual d'aigua potable (m^3) en aquells usos que seran reemplaçats per aigua de pluja que s'hagi recollit.
- 2) Calcular la superfície de captació d'aigua de pluja Sc (m^2).
- 3) Obtenir la precipitació mitjana anual P (mm). Aquestes dades es poden extreure de l'Agència Estatal de Meteorologia.
- 4) Determinar el coeficient d'escorrentia f , que és el coeficient que ajusta els càlculs de la mida del dipòsit per a tenir en compte el fet de que no totes les gotes que cauen en la superfície de captació arriben al dipòsit. A l'Annex B.6 es pot veure quin valor s'ha d'agafar depenent del tipus de superfície de la coberta.



5) Assignar el factor de rendiment ζ del filtre hidràulic que s'ha pressupostat. El factor de rendiment fa que es tingui en compte que no tota l'aigua que cau des de la coberta pels canalons arriba al dipòsit. La majoria de fabricants recomanen un coeficient de filtració de 0,9 (90%).

6) Calcular la quantitat d'aigua enviada al sistema amb l'equació Eq. 6.1

$$L_{med} = S_c \cdot P \cdot f \cdot \zeta \quad (\text{Eq 6.1})$$

7) Calcular el volum òptim del dipòsit amb l'equació Eq. 6.2

$$V_{ROp} (m^3) = \text{MIN} (L_{med} \text{ o } C) \cdot 0,06 \quad (\text{Eq 6.2})$$

Tal com s'indica a l'expressió, el volum d'aigua consumit o el que es pot recollir, s'ha de multiplicar per 0,06. Per tant, el període definit per a dimensionar la recollida de les aigües pluvials suposa el 6% de la pluviositat anual. Això equival a:

$$365 \text{ dies} \cdot 0,06 = 21,9 \text{ dies}$$

8) Calcular el potencial de recollida d'aigua de pluja amb l'equació Eq. 6.3

$$P_{ROb} = V_{ROb} / V_{ROp} \cdot 100 \quad (\text{Eq 6.3})$$

6.2.2. BREEAM

La reutilització d'aigua de pluja forma part del requisit AG5-Reciclatge de l'Aigua, que pretén reutilitzar les aigües pluvials per tal de reduir el consum d'aigua potable, i se li concedeix un punt. Per tal d'aconseguir una classificació final d'Excel·lent o Excepcional és necessari obtenir el punt d'aquest requisit.

El procediment de càlcul per determinar el cabal d'aigües pluvials recol·lectables en la superfície de captació durant un període definit és el següent:

- 1) Calcular la pluviositat anual de l'emplaçament A_{PL} (mm). Aquestes dades es poden extreure de l'Agència Estatal de Meteorologia.
- 2) Determinar la superfície de captació d'aigua de pluja C (m^2). Si les esorrenties es capten parcialment de la coberta i parcialment de superfícies pavimentades, la superfície de captació total ha de ser, al menys, equivalent a la superfície sobre pla de la coberta.
- 3) Calcular el coeficient d'esorrentia E_{coef} . A l'Annex B.6 apareix el valor del coeficient



d'escorrentia depenent del tipus de coberta de captació d'aigües pluvials.

- 4) Definir el coeficient de filtrat F_{coef} , ja que no tota l'aigua que cau de la coberta pels canalons arriba al dipòsit de recollida. Els fabricants solen recomanar un coeficient de filtrat de 0,9.
- 5) Especificar el període de recollida D_{rec} , que en aquest cas es considera de 18 dies:

$$18 \text{ dies} / 365 \text{ dies} = 0,05$$

Això equival al 5% de la pluviositat anual.

- 6) Calcular el cabal d'aigües pluvials recol·lectables mitjançant l'equació Eq. 6.4

$$\Sigma(A_{\text{PL}} \cdot C \cdot E_{\text{coef}} \cdot F_{\text{coef}} \cdot D_{\text{rec}}) \quad (\text{Eq 6.4})$$

A l'hora de fer l'avaluació, s'ha de tenir en compte si l'emplaçament de l'edifici està a una zona seca o humida. A l'Annex B.7 es troben els criteris per tal d'establir si l'emplaçament es troba en una zona seca o humida.

En el cas de que es tracti d'una zona humida, les aigües pluvials, juntament amb les aigües grises, han de suposar el 75% de la demanda total de la descàrrega d'inodors i urinaris i el reg de plantes i elements exteriors. A més, el dipòsit de recollida d'aigua de pluja ha de tenir les dimensions suficients per a recollir al menys el 50% de les escorrenties provinents de la zona de captació de la coberta durant el període de recollida o, en cas que això no sigui possible, les escorrenties necessàries per a garantir el 100% de la demanda prevista durant el període de recollida.

Pel que fa als edificis situats en zones seques, l'aigua de pluja, juntament amb les aigües grises, han de satisfer el 50% de la demanda total de la descàrrega d'inodors i urinaris en el període previst de recollida i el reg de plantes i elements exteriors.

Per tal de calcular la demanda total prevista de descàrregues, s'ha de multiplicar el nombre d'usuaris de l'edifici pel volum efectiu de descàrrega d'inodors o urinaris pel nombre estimat d'usos per persona i dia. A l'Annex B.3 hi ha els consums estàndards dels aparells sanitaris que estableix el sistema BREEAM. Per tal d'establir el nombre d'usos, pel personal se suposen 1,3 utilitzacions de l'inodor i 2 de l'urinari. En cas de que no hi hagi urinaris, se pressuposen 2,3 usos d'inodor per persona i dia.

El volum del dipòsit de recollida d'aigües pluvials no ha de ser significativament major que la necessària per a cobrir la demanda de descàrrega de l'edifici en el període definit sempre i



quant el sistema de recollida no s'utilitzi per al reg exterior o formi part d'una estratègia de gestió d'aigües de pluja.

6.2.3. LEED

A la norma LEED no hi ha un apartat específic per a la reutilització d'aigües pluvials, sinó que en la categoria de l'Eficiència en Aigua (EA) hi ha un prerequisit (Prerequisit EAp1: Reducció del consum d'aigua) i tres crèdits (Crèdit EA1: Jardineria Eficient en Aigua, Crèdit EA2: Tecnologies Innovadores en Aigües Residuals i Crèdit EA3: Reducció de l'Ús de l'Aigua) que tracten sobre la reducció del consum d'aigua i una de les estratègies que es pot fer servir és l'ús de l'aigua provinent de la pluja.

Tal com es s'ha vist en l'apartat 6.3.1, el Crèdit EA1 concedeix de 2 a 4 punts si es redueix el consum d'aigua potable per a reg o d'altres recursos hídrics disponibles i una manera d'aconseguir-ho és utilitzant aigües pluvials. El Crèdit EA2 concedeix dos punts si es redueix el consum d'aigua potable per al transport de les aigües residuals de l'edifici un 50% utilitzant aparells conservadors d'aigua o aigua no potable (de pluja, aigües grises o aigües residuals).

El Crèdit EA3 dóna de 2 a 4 punts segons el percentatge de reducció d'ús d'aigua potable (a l'apartat 6.1.3 es pot veure el consum d'aigua potable) i una estratègia per a aconseguir-ho és l'ús d'aigües pluvials.

6.2.4. Codi Tècnic

En el Document Bàsic HS no es fa referència a la reutilització d'aigües pluvials. No obstant això, la Diputació de Barcelona impulsa actuacions per tal de preservar els recursos hídrics i, arran d'això, s'han aprovat diverses ordenances municipals, com la de Sant Cugat, per afavorir l'estalvi d'aigua. Aquestes ordenances contempnen l'aprofitament d'aigua de pluja en les vivendes de nova construcció, rehabilitacions i/o reforma integral o canvi d'ús total o parcial.

6.3. Reutilització d'aigües grises

6.3.1. VERDE

El criteri C04 Reutilització d'aigües grises, és a dir, aquelles aigües provinents de les aixetes, dutxes i el rentat de roba, està inclòs dins de l'àrea dels Recursos Naturals. Tal com es fa amb la reutilització d'aigües pluvials, a efectes de benchmarking s'avalua a l'apartat de Consum d'Aigua o de Xerojardineria. La pràctica habitual és no tenir un sistema de reutilització d'aigües



grises, mentre que la millor pràctica possible és cobrir el 100% de la demanda.

Així, a l'hora de fer l'avaluació s'ha de calcular el percentatge de la demanda cobert per la reutilització d'aigües grises. Per fer el procediment de càlcul se segueixen els passos següents:

- 1) Calcular la quantitat d'aigües grises que s'envien al sistema de recuperació cada dia. Això es fa multiplicant el nombre d'habitants de l'edifici pels elements connectats al sistema de recuperació i pel nombre d'usos.
- 2) Calcular la demanda diària d'aigua:
 - a. Reutilització per a reg.
 - b. Reutilització per als inodors: el multiplica el nombre d'ocupants de la vivenda pels inodors que utilitzen aigua reciclada i pel nombre d'usos.
- 3) Determinar el percentatge de la demanda cobert per la reutilització d'aigües grises P.

A l'Annex B.1 es pot veure el cabal dels elements que consumeixen aigua i el nombre d'usos.

6.3.2. BREEAM

La reutilització d'aigües grises forma part del requisit AG5- Reciclatge de l'Aigua, juntament amb la reutilització d'aigües pluvials. Aquest requisit està valorat amb un punt. Com ja s'ha mencionat a l'apartat anterior, per tal d'aconseguir una classificació final d'Excel·lent o Excepcional s'ha d'obtenir aquest punt.

Per calcular les aigües grises que es poden recollir s'ha de comptabilitzar tota l'aigua residual provinent de les aixetes, les dutxes i del rentat de la roba.

A l'hora de fer l'avaluació s'ha de tenir en compte si l'edifici està situat en una zona humida o seca, tal com es pot veure a l'Annex B.7.

Per tal d'aconseguir el punt disponible s'han de complir els requisits del Reciclatge d'Aigua, que ja s'han mencionat prèviament a l'apartat de retenció d'aigua de pluja per a la seva reutilització: per a la zona humida les aigües grises i les pluvials han de cobrir com a mínim el 75% de la demanda total prevista de la descàrrega d'inodors i urinaris i el reg de plantes i elements exteriors, mentre que en la zona seca aquest percentatge de la demanda ha de ser, al menys, del 50%.



A més, tant si l'emplaçament de l'edifici està en una zona humida com en una zona seca, la recollida de les aigües grises ha de suposar com a mínim el 80% del total de rentamans i dutxes i s'ha de reciclar, al menys, un 10% de la demanda de la descàrrega d'inodors i urinaris.

En el cas de que s'especifiqui un sistema de recollida d'aigües grises, s'ha d'adequar la mida del dipòsit a l'ocupació de l'edifici i a la freqüència d'ús de les instal·lacions, tenint en compte que els dipòsits d'aigües grises tenen un període màxim típic de retenció de 24 hores.

6.3.3. LEED

Pel que fa al sistema LEED, no hi ha un apartat que es dediqui exclusivament a la reutilització d'aigües grises. Tal com passa amb la reutilització d'aigua de pluja, a la categoria de l'Eficiència en Aigua (EA) hi ha un prerequisit (Prerequisit EAp1: Reducció del consum d'aigua) i tres crèdits (Crèdit EA1: Jardineria Eficient en Aigua, Crèdit EA2: Tecnologies Innovadores en Aigües Residuals i Crèdit EA3: Reducció de l'Ús de l'Aigua) que tracten sobre la reducció del consum d'aigua i una de les estratègies que es pot fer servir és l'aprofitament de les aigües grises.

En l'apartat següent es veurà que el Crèdit EA1 concedeix de dos a quatre punts si es redueix el consum d'aigua potable o d'altres recursos hídrics disponibles pel reg i una manera d'aconseguir-ho és utilitzant aigües grises. El Crèdit EA2 concedeix dos punts si es redueix el consum d'aigua potable per al transport de les aigües residuals de l'edifici un 50% utilitzant aparells conservadors d'aigua o aigua no potable (de pluja, aigües grises o aigües residuals). El Crèdit EA3 dóna de 2 a 4 punts segons el percentatge de reducció d'ús d'aigua potable i una possibilitat per a aconseguir-ho és la reutilització d'aigües grises.

6.3.4. Codi Tècnic

En el Document Bàsic HS de Salubritat no apareix cap referència al reciclatge de les aigües grises per a la seva reutilització. En canvi, les Ordenances Municipals aprovades a varis municipis de la Diputació de Barcelona, obliguen a la reutilització d'aigües grises en construccions unifamiliars noves de més de 150 m² construïts i més de 100 m² de zona verda, construccions plurifamiliars noves de vuit o més habitatges i hotels de nova construcció. Les vivendes noves unifamiliars de més de 150 m² construïts i menys de 100 m² de zona verda o bé amb piscina amb làmina d'aigua de menys de 30 m² i les vivendes plurifamiliars de menys de vuit habitatges amb més de 100 m² de zona verda o bé amb piscina amb làmina d'aigua de menys de 30 m², poden incorporar un sistema d'aigües grises, un sistema de recuperació



d'aigües pluvials o bé un sistema que reutilitzi l'aigua sobrant de les piscines.

6.4. Jardineria eficient en aigua

6.4.1. VERDE

El A23 Xerojardineria i ús de plantes autòctones és un criteri que està inclòs dins de l'àrea d'Emplaçament i Parcel·la. Per fer l'avaluació s'ha de tenir en compte el consum d'aigua destinada al reg (C_{AR}), que es comptabilitza en m^3/any , i el percentatge de zones verdes ocupades per espècies vegetals autòctones (P_{AUT}). La pràctica habitual és que el consum d'aigua per reg sigui el mateix que el de l'edifici de referència i que el percentatge de zones verdes ocupades per espècies vegetals autòctones sigui del 30%. La millor pràctica possible és que el consum d'aigua per reg suposa el 25% del consum de l'edifici de referència i que el 100% de les zones verdes estiguin ocupades per espècies vegetals autòctones. Per trobar el valor de referència del consum d'aigua destinada a regar, s'utilitza una parcel·la de les mateixes dimensions i característiques que la parcel·la avaluada, però amb la següent distribució:

- 1) 30% de pradera amb reg d'aspersió.
- 2) 30% d'espècies entapissants amb reg localitzat o per degoteig.
- 3) 40% amb arbres amb reg localitzat o per degoteig.

Per a poder conèixer el consum d'aigua destinat al reg s'ha de fer el procediment de càlcul mitjançant el mètode del coeficient de jardí:

- 1) Calcular aproximadament les necessitats d'aigua del jardí. Per això es necessita estimar el coeficient de jardí (K_J) amb el coeficient d'espècie K_S (que s'utilitza per al càlcul d'aigua segons les necessitats de cada espècie), el coeficient de densitat K_D (que s'utilitza per introduir el factor d'intensitat d'agrupament de la plantació) i el coeficient de microclima K_M (mesura com afecta el microclima a les pèrdues d'aigua). A l'Annex B.8 es poden trobar els valors d'aquests coeficients. El coeficient de jardí es calcula mitjançant l'equació Eq. 6.5.

$$K_J = K_S \cdot K_D \cdot K_M \quad (\text{Eq. 6.5})$$

- 2) Determinar l'evapotranspiració, que és la quantitat d'aigua que perd un cultiu degut a



l'evaporació de l'aigua del sòl i a la transpiració de la planta, de la zona enjardinada (ET_J) en mm/any a través de la evapotranspiració pròpia de cada lloc (ET_0) i el coeficient de jardí K_J així com es disposa a l'equació Eq. 6.6.

$$ET_J = ET_0 \cdot K_J \quad (\text{Eq. 6.6})$$

- 3) Especificar l'aigua que necessita el jardí (N) segons com s'indica a l'equació Eq. 6.7.

$$N = ET_J - P_e \quad (\text{Eq. 6.7})$$

La P_e és la mitjana de les precipitacions efectives de la zona. Es calcula amb el valor de les precipitacions (P) que surten a les taules de la AEMET, fent les correccions següents:

$$P_e = 0,8 P - 25 \quad (\text{per a } P > 75 \text{ mm}) \quad (\text{Eq. 6.8})$$

$$P_e = 0,6P - 10 \quad (\text{per a } P < 75 \text{ mm}) \quad (\text{Eq. 6.9})$$

Per tal de determinar les necessitats d'aigua anuals s'ha de fer el sumatori de les necessitats de cada mes, però només s'han de tenir en compte els valors positius.

- 4) A l'hora de calcular les necessitats d'aigua finals cal tenir en compte l'eficiència d'aplicació del reg (E_A), ja que segons s'utilitzi un sistema o un altre es tindran més o menys pèrdues d'aigua. Amb l'equació Eq. 6.10 es poden obtenir les necessitats finals d'aigua N_F .

$$N_F = N / E_A \quad (\text{Eq. 6.10})$$

A l'Annex B.9 es poden observar les eficiències depenent del sistema de reg utilitzat.

- 5) Per tal d'obtenir el consum d'aigua per a reg (C_{AR}) s'han de multiplicar les necessitats d'aigua de cada espècie per la superfície que ocupa (S_C), tal com es mostra en l'equació Eq. 6.11. En el cas de que les espècies vegetals siguin arbres, s'ha de considerar la superfície de la copa.

$$C_{AR} = \sum(N_F \cdot S_C) \quad (\text{Eq. 6.11})$$

Pel que fa al percentatge de superfície enjardinada amb espècies natives, s'ha de calcular el quocient entre la superfície enjardinada amb espècies vernacles (A_{EA}) i la superfície lliure de la parcel·la (A_{LP}), tal com es mostra a l'equació Eq. 6.12.

$$P_{AUT} (\%) = (A_{EA} / A_{LP}) \cdot 100 \quad (\text{Eq. 6.12})$$



6.4.2. BREEAM

L'objectiu del requisit AG6 -de Sistemes de Reg és reduir el consum d'aigua potable per al reg i es pot optar a aconseguir un màxim de dos punts. Per tal de que la classificació final sigui de Molt Bona, Excel·lent o Excepcional, s'ha d'obtenir com a mínim un dels dos punts possibles.

Es concedirà un punt si:

- 1) S'incorporen sistemes de sensors d'humitat del sòl en el reg superficial o subterrani per degoteig. A més, s'ha de tenir un control d'irrigació zonificat segons els diferents tipus de plantes.
- 2) S'utilitza aigua reciclada provinent de la pluja, d'aigües grises o aigua reciclada, és a dir, prèviament tractada en un sistema de depuració.

S'obtindran dos punts si les espècies plantades són idònies per les condicions climàtiques locals i que només depenguin de l'aigua de pluja per a subsistir durant tot l'any.

A més, quan s'instal·li un sistema de reg per degoteig, ja sigui superficial o subterrani, també s'ha de disposar una estació pluviomètrica per tal d'evitar el reg automàtic quan plougui.

6.4.3. LEED

El crèdit EA1: Jardineria Eficient en Aigua està valorat de dos a quatre punts.

Per tal de poder aconseguir els dos punts cal reduir el consum d'aigua potable per a reg en un 50% respecte a un cas calculat en funció de la línia base per al mig de l'estiu. Per tal de poder reduir aquest percentatge de consum d'aigua es poden adaptar aquests procediments:

- 1) Espècies de plantes, densitat i factor de microclima. Aquests valors es poden trobar a l'Annex B.8.
- 2) Eficiència de reg. A l'Annex B.9 hi apareixen les eficiències de diferents sistemes de reg.
- 3) Ús d'aigües pluvials.
- 4) Ús d'aigües residuals reciclades.
- 5) Ús d'aigua tractada i transportada per una agència pública específicament per a usos no potables.



- 6) Ús de les filtracions d'aigua subterrània provinent dels veïns, sempre que l'equip de disseny pugui demostrar que això no afecta a la gestió de les escorrenties de la parcel·la.

Per a obtenir els quatre punts és necessari que es compleixin els requisits per a assolir els dos punts i, a part, s'ha d'escollir d'entre una de les següents opcions:

- 1) Usar exclusivament aigua de pluja recollida, aigües grises i residuals reciclades o aigua tractada i transportada per una agència pública per a reg amb aigua no potable.
- 2) S'han de plantar espècies que no requereixin sistemes de reg permanent.

En el cas que es triï la segona via, es permet durant un any l'ús de sistemes de reg temporal per tal de que les plantes puguin arrelar.

També es poden obtenir els quatre punts si el percentatge de reducció d'aigua potable és del 100% i la reducció percentual del consum d'aigua total és igual o superior al 50%.

6.4.4. Codi Tècnic

En el Document Bàsic HS de Salubritat no es fa referència a la jardineria eficient en aigua, però en ordenances d'estalvi d'aigua es limita al 15% la superfície ocupada per gespa en les zones verdes de més de 1000 m². A més, el consum d'aigua potable per a reg de jardins no pot superar els 1600 m³/ha/any i s'han d'incorporar sistemes de reg eficients i sensors d'humitat del sòl.

6.5. Comptadors d'aigua

6.5.1. VERDE

A l'eina VERDE no hi ha cap referència a l'ús de comptadors d'aigua per tal de controlar el consum d'aigua amb la finalitat de reduir-lo.

6.5.2. BREEAM

Amb el requisit AG2- Comptadors d'aigua es pot aconseguir un punt i, a més, un punt extraordinari ja que es tracta d'un criteri de nivell exemplar. Per tal d'aconseguir una classificació final d'Excel·lent o Excepcional és necessari obtenir el punt disponible.

Per a adquirir el punt s'ha de demostrar que s'ha portat a terme una instal·lació de comptadors



d'aigua per impulsos. Això es demostra amb el compliment dels apartats següents:

- 1) Cal instal·lar un comptador d'aigua a la xarxa de subministrament principal, encara que l'aigua se subministri mitjançant un pou o qualsevol altra font privada.
- 2) El comptador d'aigua ha de tenir una sortida per impulsos i cal que es connecti a un Sistema de Gestió d'Edificis (SGE) per al seguiment i control del consum d'aigua.
- 3) S'ha d'instal·lar comptadors per impulsos independents que es connectin a un SGE en el cas de que es tracti d'un edifici dedicat al comerç amb diverses unitats. Els comptadors han d'abastar les següents zones, en el cas de que existeixin:
 - a. Zona d'ús: en el subministrament d'aigua de cada ús.
 - b. Zones comuns: com poden ser els blocs d'inodors.
 - c. Zones de servei: que cobreixin el subministrament a sortides dins de les zones d'emmagatzematge, repartiment, eliminació de residus, etc.
- 4) Si es tracta d'un edifici industrial amb diverses unitats, cal instal·lar un comptador d'aigua per impulsos a cadascuna de les unitats independents que es connecti a un SGE.
- 5) Els edificis auxiliars separats de l'estructura principal s'han de mesurar per separat amb un comptador per impulsos que estigui connectat a un SGE.
- 6) Si la demanda d'aigua de les zones o edificis independents és major o igual al 10% de la demanda total de l'edifici, s'ha d'instal·lar un comptador auxiliar amb sortida d'impulsos i connectar-lo a un SGE.

En el cas de que es faci una ampliació d'un edifici ja existent, si no s'instal·la un nou subministrament d'aigua suplementari, el requisit s'ha d'avaluar sobre la base de si s'han instal·lat comptadors adequats en el subministrament ja existent.

Pel que fa a edificis tipus nucli i envolupant, per demostrar el compliment dels criteris d'aquest requisit es pot fer mitjançant una de les següents opcions:

- 1) Per aconseguir el valor total dels punts disponibles s'ha de redactar un contracte entre el promotor i l'inquilí.
- 2) També s'aconsegueix el valor total dels punts disponibles si es porta a terme una



col·laboració entre promotor i inquilí.

- 3) S'obté la meitat dels valor dels punts disponibles si es fa una Guia Verda de l'Edifici per al condicionament dels inquilins.

Si l'edifici avaluat té menys de 500 m² de superfície, aquest requisit no té per què tenir-se en compte si els comptadors d'aigua per impulsos no estan connectats a un SGE i no hi ha subministrament d'aigua a l'edifici o la demanda és prou baixa com per justificar l'absència d'un SGE.

En el cas de que l'edifici o unitat no tingui subministrament d'aigua, el requisit s'ha d'avaluar tenint en compte el subministrament d'aigua de l'edifici accessible més proper, ja que probablement les instal·lacions seran utilitzades pels futurs ocupants de l'edifici avaluat.

Per tal d'obtenir el punt extraordinari pel criteri de nivell exemplar, és necessari que el SGE tingui una mesura dels comptadors i un control sobre aquestes mesures. És a dir, s'ha d'instal·lar un sistema operatiu que a partir de les dades obtingudes defineixi un pla d'actuació.

6.5.3. LEED

En el sistema LEED no hi ha cap apartat referent a la instal·lació de comptadors d'aigua per impulsos.

6.5.4. Codi Tècnic

En la Secció HS 4, referent al subministrament d'aigua, s'exigeix que s'ha de disposar d'un sistema de comptadors d'aigua, tant freda com calenta, per a cada unitat de consum individualitzable.

6.6. Detecció de fuites importants

6.6.1. VERDE

A l'eina VERDE no hi ha cap apartat sobre la detecció de fuites importants.

6.6.2. BREEAM

El requisit AG3- Detecció de Fuites Importants pretén reduir l'impacte de les pèrdues d'aigua i està valorat amb un punt. Per a aconseguir aquest punt s'han de complir les especificacions



següents:

- 1) Que s'instal·li un sistema de detecció de fuites que abasteixi tota la xarxa de subministrament de l'edifici i que sigui capaç de detectar fuites importants en el subministrament d'aigua.
- 2) Que el sistema de detecció de fuites satisfaci:
 - a. Se senti quan estigui activat.
 - b. S'activi quan el flux d'aigua que passa pel comptador tingui un cabal superior a un mínim preestablert durant un període de temps predeterminat.
 - c. Sigui capaç d'identificar cabals i, per consegüent, ritmes de fuites diferents.
 - d. Sigui programable per a poder adaptar-se als criteris de consum d'aigua dels ocupants o propietari,
 - e. Que estigui dissenyat per a evitar falses alarmes degudes al funcionament normal d'instal·lacions amb grans consums d'aigües, en el cas que sigui necessari.

En el cas de que la xarxa de subministrament principal de l'aigua entre el municipi i el límit de l'emplaçament estigui gestionada per l'entitat local de gestió d'aigües, es pot excloure de l'avaluació.

Si l'edifici no té subministrament d'aigua, s'ha d'avaluar el subministrament d'aigua de l'edifici accessible més proper, ja que possiblement l'utilitzaran els futurs ocupants.

Quan l'empresa subministradora d'aigua permeti que s'instal·li algun tipus de detecció de fuites en el seu comptador, no és necessari que s'instal·li un comptador de cabal separat.

6.6.3. LEED

Al sistema LEED no hi ha cap apartat on s'avaluïn les deteccions de fuites importants.

6.6.4. Codi Tècnic

En el Document Bàsic HS no es preveu la detecció de fuites importants, però les ordenances per l'estalvi d'aigua aprovades per alguns municipis pertanyents a la Diputació de Barcelona obliguen a la instal·lació de sistemes de control i alarma de fuites a les canonades de les instal·lacions de gran consum, en les superfícies enjardinades de més de 1000 m².



6.7. Tall en el subministrament d'aigua

6.7.1. VERDE

A l'eina VERDE no hi ha cap apartat que es dediqui a avaluar el tall en el subministrament sanitari.

6.7.2. BREEAM

El requisit AG-4 Tall del Subministrament Sanitari avalua la reducció del risc de petites fuites en els lavabos i es pot aconseguir un punt.

Per tal d'obtenir el punt s'han d'instal·lar electrovàlvules en el subministrament d'aigua de cada zona de lavabos de l'edifici. D'aquesta manera, quan la zona no estigui en ús, el cabal d'aigua restarà tallat. Les electrovàlvules es controlen mitjançant detectors de moviments o infrarojos per a cadascuna de les zones de lavabos o per sensors o interruptors situats a les zones de lavabos.

Pel que fa a edificis tipus nucli i envolupant, si el tall de subministrament sanitari serà responsabilitat dels futurs inquilins, per demostrar el compliment dels criteris d'aquest requisit es pot fer mitjançant una de les següents opcions:

- 1) Per aconseguir el valor total dels punts disponibles s'ha de redactar un contracte entre el promotor i l'inquilí.
- 2) També s'aconsegueix el valor total dels punts disponibles si es porta a terme una col·laboració entre promotor i inquilí.
- 3) S'obté la meitat dels valor dels punts disponibles si es fa una Guia Verda de l'Edifici per al condicionament dels inquilins.

Si a l'edifici no hi ha lavabos, s'ha d'avaluar l'edifici accessible més proper, ja que probablement seran els lavabos que usin els ocupants de l'edifici.

Per a aconseguir el punt, no és imprescindible el tall per detecció de proximitat en cada instal·lació sanitària individual, sinó que el subministrament d'aigua ha d'estar aïllat per a cada bloc de lavabos d'un pis si no és utilitzat pels ocupants.

En el cas de que sigui una zona de lavabos en zones públiques comuns, es poden instal·lar



temporitzadors programables que controlin el tall del subministrament quan no siguin hores d'obertura o de visites.

6.7.3. LEED

A l'eina LEED no s'avalua el tall en el subministrament de l'aigua per tal de reduir el risc de fuites.

6.7.4. Codi Tècnic

En el Document Bàsic HS es preveu el tall del subministrament d'aigua per al consum humà en el cas de que les instal·lacions no es posin en servei després de 4 setmanes des del seu acabament. També s'exigeix que es talli el subministrament quan les instal·lacions estiguin fora de servei per més de sis mesos; en aquest cas, es tancarà la seva connexió i es buidaran.

6.8. Rentat de vehicles

6.8.1. VERDE

No s'avalua cap impacte relacionat amb el rentat de vehicles per tal de minimitzar el consum d'aigua potable utilitzada per a aquest fi.

6.8.2. BREEAM

El requisit AG7- Rentat de Vehicles pretén potenciar la recuperació i el reciclatge de l'aigua destinada a rentar vehicles. Aquest requisit està avaluat amb dos punts, però només poden optar a ells els edificis comercials i industrials, és a dir, les oficines queden excloses.

Per a obtenir els dos punts s'ha d'instal·lar un sistema automàtic que recuperi al menys el 90% de l'aigua utilitzada en cada procediment de rentat. Aquest sistema de recuperació ha de recuperar i reciclar aquella aigua que caigui a la plataforma de rentat dels vehicles.

Pel que fa a edificis tipus nucli i envolupant, si el rentat de vehicles serà responsabilitat dels futurs inquilins, per demostrar el compliment dels criteris d'aquest requisit es pot fer mitjançant una de les següents opcions:

- 1) Per aconseguir el valor total dels punts disponibles s'ha de redactar un contracte entre el promotor i l'inquilí.
- 2) També s'aconsegueix el valor total dels punts disponibles si es porta a terme una



col·laboració entre promotor i inquilí.

- 3) S'obté la meitat dels valor dels punts disponibles si es fa una Guia Verda de l'Edifici per al condicionament dels inquilins.

6.8.3. LEED

En el sistema LEED no s'avalua la instal·lació de sistemes de recuperació i reciclatge de l'aigua utilitzada en el rentat de vehicles

6.8.4. Codi Tècnic

En el Document Bàsic HS no hi ha cap exigència sobre la recuperació d'aigua provinent del rentat de vehicles.

6.9. Tractament sostenible de l'aigua en l'emplaçament

6.9.1. VERDE

No hi ha cap apartat que faci referència al tractament sostenible de l'aigua en l'emplaçament per a impulsar el tractament i la reutilització d'aigües residuals en el mateix emplaçament i reduir, d'aquesta manera, els sistemes centralitzats de tractament d'aigua.

6.9.2. BREEAM

El requisit AG8- Tractament Sostenible de l'Aigua en l'Emplaçament pretén fomentar la instal·lació d'un sistema de tractaments d'aigües residuals per tal de possibilitar el reciclatge d'aigua in situ.

El requisit està valorat amb dos punts i per a aconseguir-los s'han de complir les especificacions següents:

- 1) Un consultor adequat ha de dur a terme un estudi de viabilitat per establir el sistema òptim de tractament d'aigües residuals. Aquest estudi ha d'abastar els camps:
 - a. Tipus de sòl.
 - b. Caiguda.
 - c. Subministrament d'energia.



- d. Molèsties per l'olor.
 - e. Tolerància a la infiltració.
 - f. Tolerància a la fluctuació de càrrega en el cas que sigui rellevant.
 - g. Cost de la instal·lació.
 - h. Manteniment.
 - i. Superfície requerida.
 - j. Qualitat de l'afluent (les aigües residuals).
 - k. Impacte visual.
- 2) L'estudi de viabilitat s'ha de realitzar durant la fase de l'avantprojecte (o una fase equivalent de la contractació). Si es porta a terme durant una etapa posterior, s'ha d'incloure un element addicional en l'informe que remarqui els sistemes que s'hagin descartat degut a les restriccions imposades al projecte pel retràs de l'estudi.
- 3) L'estudi de viabilitat, juntament amb la norma UNE EN 12566:2000, s'ha de tenir en compte a l'hora de dissenyar el sistema sostenible de tractament in situ. A més, aquest sistema ha de poder tractar com a mínim el 30% de les aigües residuals de l'edifici a estàndards de tercer nivell. A l'Annex B.10 es poden trobar els estàndards de tercer nivell.
- 4) L'aigua tractada s'ha d'infiltrar o reutilitzar-se en el mateix emplaçament per a la descàrrega d'inodors o urinaris o per a reg.
- 5) El dissenyador o l'instal·lador del sistema ha de proporcionar manteniment complet i detalls operatius als ocupants de l'edifici o l'emplaçament sobre la qualitat de l'aigua.

Quan es tracti d'un edifici de nucli i envolupant, l'equip de disseny ha de conèixer els cabals de descàrrega dels inodors. Si els inquilins seran els que instal·lin els accessoris sanitaris, s'ha de pressuposar l'ús d'accessoris estàndards. Si els inquilins es comprometen, a través d'un Contracte Verd d'Arrendament, a utilitzar accessoris sanitaris amb millor eficiència que els estàndards, l'avaluació s'ha de fer basant-se amb les prestacions d'aquests sanitaris. Per a calcular la demanda total d'aigua prevista de descàrrega s'ha de multiplicar el nombre d'usuaris de l'edifici pel nombre estimat d'usos d'inodors o urinaris per persona i per dia. A l'Annex B.3 hi ha els consums estàndards dels aparells sanitaris que estableix el sistema



BREEAM. Quan es tracta d'empleats, es pressuposen 1,3 usos d'inodors per persona i dia i 2 usos d'urinaris per persona i dia. En el cas de que no hi hagin urinaris instal·lats, l'ús d'inodors passa a ser de 2,3 usos per persona i dia.

6.9.3. LEED

El Crèdit EA2: Tecnologies Innovadores en Aigües Residuals té com a propòsit reduir la generació d'aigües residuals i la demanda d'aigua potable. Amb aquest crèdit es poden aconseguir dos punts a través de dues opcions. La primera opció ja s'ha tingut en compte a l'apartat de reducció de consum d'aigua potable, com en el de reciclatge d'aigües pluvials i grises.

La segona opció consisteix en tractar el 50% de les aigües residuals in situ segons normes terciàries. A l'annex B.10 es poden trobar els estàndards de tercer nivell.

6.9.4. Codi Tècnic

En el Document Bàsic HS no apareix cap exigència sobre el tractament d'aigües residuals.





7. Estudi del sobrecost que suposa augmentar l'estalvi d'aigua

7.1. Consum d'aigua

Per tal de disminuir el consum d'aigua cal actuar sobre els diversos elements que consumeixen recursos hídrics. En aquest apartat es presentaran alguns dels elements que contribueixen a l'estalvi d'aigua.

En els habitatges, la majoria dels sistemes de distribució d'aigua consumeixen aigua d'una manera no eficient, ja que les aixetes i cisternes solen dilapidar una quantitat d'aigua no menyspreable. Avui en dia existeixen en el mercat nombrosos dispositius que contribueixen a l'estalvi d'aigua aprofitant al màxim l'ús de l'aigua però de manera que no s'ocasionin carències.

En general, les aixetes usades han de ser de tipus monocomandament i han d'incorporar sistemes que regulin o limitin el seu cabal per utilitzar només l'aigua necessària, com els limitadors de cabal, que redueixen la quantitat total d'aigua que surt de l'aixeta; les aixetes d'obertura en dues etapes ofereixen a la meitat del recorregut un fre a l'obertura, per això, si l'usuari no necessita un cabal major no vencerà aquesta resistència. També s'ha de considerar la utilització d'aixetes termoestàtiques en les dutxes i banyeres, ja que aquest sistema permet seleccionar la temperatura de sortida d'aigua, evitant la pèrdua innecessària d'aigua que suposa manipular l'aixeta per ajustar la temperatura i el temps que es triga en assolir-la. Per tal de reduir la quantitat d'aigua que surt per l'aixeta es pot incorporar aire a la sortida mitjançant uns dispositius anomenats perlitzadors o airejadors; aquests dispositius s'enrosquen a la boca de sortida de l'aixeta i, al mesclar l'aigua que surt amb aire, donen una sensació de major cabal.

Pel que fa a l'ús dels inodors es poden instal·lar cisternes de capacitat reduïda o sistemes de doble polsador que permeten la descàrrega d'un volum d'aigua determinat. Els electrodomèstics tal com les rentadores i els rentavaixelles utilitzen una gran quantitat d'aigua, per això s'han d'instal·lar equips de classificació A, ja que són els de màxima eficiència.

Quant als serveis públics, les aixetes han d'estar governades per polsadors, infrarojos o un dispositiu similar que limiti el temps d'obertura de les aixetes.



Els urinaris a base d'aigua gasten de 8 a 12 litres d'aigua a cada descàrrega, però els urinaris de baix consum utilitzen menys de 4 litres. A més, hi ha els urinaris sense aigua, que permeten l'evacuació de l'orina sense utilitzar aigua externa. Aquests urinaris estalvien el 100% de les despeses d'aigua i de clavegueram respecte als urinaris amb fluxòmetre tradicionals, però a més, al no tenir vàlvules de descàrrega no existeixen les despeses de reparació d'aquestes i el procés de neteja es redueix a polvoritzar i secar l'urinari. És un sistema sense olors, ja que l'olor de l'orina prové del vapor d'amoníac que es forma al entrar en contacte l'orina amb l'aire i l'aigua; per tant, si s'elimina l'aigua no es produeix cap olor apreciable. També permet la reducció del nivell de bacteries, ja que les bacteries i els virus es desenvolupen en superfícies humides i els urinaris amb aigua afavoreixen el seu creixement. Els urinaris sense aigua utilitzen sifons químics (generalment utilitzant olis biodegradables) o sifons mecànics (com les membranes) per tal de drenar l'orina cap a la canalització. A la Figura 7.1 es pot veure el funcionament d'un urinari sense aigua que utilitza un sífó químic. El líquid segellant, que és biodegradable, sura sobre l'aigua i l'orina passa a través d'ell, quedant aïllada de l'habitació mentre es filtra.



Figura 7.1: Funcionament urinari sense aigua. FONT: Falcon Waterfree

7.2. Acumulació d'aigua de pluja per a la seva reutilització

Segons l'Agència Estatal de Meteorologia, la mitjana de pluja anual de l'any 2010 supera els 800 litres per m², per tant, les aigües pluvials recollides, filtrades i emmagatzemades representen una font alternativa d'aigua que, gràcies a la seva bona qualitat, permet substituir l'aigua potable en determinades aplicacions. Això es tradueix en un estalvi del consum d'aigua, ja que existeixen múltiples aplicacions diàries que no requereixen una qualitat d'aigua potable i



per a les quals l'aigua pluvial és una alternativa eficaç i adequada: cisternes d'inodors, rentat de roba, rentat de vehicles, reg de zones enjardinades, etc.

L'aigua provinent de la pluja té una sèrie de característiques avantatjoses. És una aigua molt neta si es compara amb altres font d'aigua dolça. A més, és totalment gratuïta i independent de les companyies subministradores. Finalment, cal destacar que precisa d'una infraestructura relativament senzilla per a la seva captació, emmagatzematge i distribució.

Les aigües pluvials se solen captar durant uns mesos precisos i s'han de conservar per tal de que puguin ser utilitzades durant el període posterior (fins que arribi una nova època de pluges). Per aquesta raó, la utilització de l'aigua de pluja es combina amb una altra font de subministrament, com pot ser l'aigua provinent de la xarxa.

El disseny bàsic de recollida de l'aigua de pluja consta dels següents elements.

- 1) Superfície de captació: són aquelles que, excepte per a operacions de manteniment, no siguin transitables. Es poden utilitzar totes les superfícies de recollida disponibles, però s'ha de tenir en compte que la quantitat i la qualitat de l'aigua que es recull depèn dels materials utilitzats per fer la coberta.
- 2) Canaló: és el conducte vertical, tant interior com exterior, que s'utilitza per a recollir l'aigua i portar-la cap al dipòsit d'emmagatzematge. El material amb que es construeix no pot influir en la qualitat d'aigua transportada ni s'ha de poder modificar fàcilment. És aconsellable utilitzar materials reciclables.
- 3) Filtre: abans d'entrar al dipòsit d'acumulació, les aigües pluvials s'han de filtrar per tal d'eliminar la brutícia i evitar tant averies en el funcionament del sistema d'emmagatzematge com un empitjorament de la qualitat de l'aigua retinguda en el dipòsit. Segons la seva ubicació es poden distingir tres tipus de filtres:
 - a. Tipus U1: filtres per a la instal·lació en baixants.
 - b. Tipus U2: filtres per a la instal·lació en les cisternes.
 - c. Tipus U3: filtres per a la instal·lació individual (en arquetes, enterrades o en superfície).

A la Figura 7.2 es poden observar diferents tipus de filtre.





Figura 7.2: Filtre U1, U2 i U3. FONT: Aqua España

Respecte al principi de funcionament, existeixen dos tipus de filtre:

- b. Tipus F1: filtres amb expulsió de la brutícia “Autonetejants”.
 - c. Filtres amb acumulació de brutícia.
- 4) Dipòsit: és l'espai on s'emmagatzema l'aigua ja filtrada, per tant, lliure de tota brutícia. El lloc idoni és enterrat o bé situat en el soterrani per tal d'evitar la llum, que provoca el creixement d'algues, i la temperatura, que fa que proliferin les bactèries. És imprescindible que el material que s'utilitzi per a fabricar el dipòsit no alteri la qualitat de l'aigua emmagatzemada. També és fonamental que el dipòsit tingui alguns elements específics com: un deflector d'aigua o entrada antiturbulència, ja que l'aigua ha d'entrar per la part inferior a la cisterna encarada cap a la part superior per tal de no remoure el dipòsit; un sifó sobreexidor per tal d'evitar l'entrada d'animals com rosegadors o insectes; un sistema d'aspiració flotant per extreure l'aigua del dipòsit; sensors de nivell per a informar al sistema de gestió, etc. A més, s'han de poder desmuntar tots els components instal·lats a l'interior de la cisterna en cas d'averia.
- 5) Bomba: sistema d'impulsió utilitzat per a distribuir l'aigua des del dipòsit fins als punts de subministrament. Aquest sistema està compost per un equip de bombeig (que pot ser simple o múltiple depenent de la demanda calculada i del dimensionament) i els seus accessoris i equips de control i regulació. Hi ha diversos tipus de sistemes depenent del nivell a que es trobi el dipòsit.
- a. Per gravetat: quan el dipòsit es troba a un nivell superior al de subministrament.
 - b. En càrrega amb electrobomba: el dipòsit està a un nivell igual o superior al del sistema d'elevació.



- c. En aspiració amb electrobomba de superfície: el dipòsit està situat a un nivell inferior al del sistema d'elevació. Aquest és el cas més comú i requereix la instal·lació d'un equip de bombeig autoaspirant.

Per tal d'aconseguir una vida útil dels equips llarga, es recomana la utilització de materials constructius que siguin resistents a la corrosió i al contacte amb les aigües pluvials.

- 6) Sistema de gestió: és el mecanisme que controla la reserva d'aigua de pluja i la commutació automàtica amb l'aigua de la xarxa. En el cas de que no hi hagi cap altra font d'aigua, es prescindeix d'aquest sistema.
- 7) Sistema de drenatge: és un sistema que s'utilitza per a desaiugar les aigües excedents, de neteja, etc. Pot ser la xarxa de clavegueram o el sistema d'abocament de que disposi l'edifici.

A la Figura 7.3 es poden observar els elements que componen un sistema d'acumulació d'aigües pluvials.

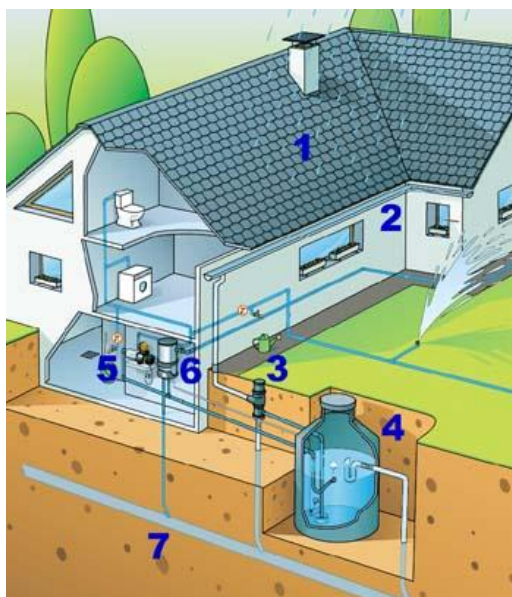


Figura 7.3: Components del sistema de recollida d'aigües pluvials. FONT: Aguapur

7.3. Reutilització d'aigües grises

La reutilització d'algunes aigües residuals amb una baixa càrrega contaminant permet reduir el consum de recursos hídrics, així com la quantitat d'aigua que arriba a les plantes depuradores.



D'aquesta manera, s'aconsegueix un estalvi d'aigua potable i una reducció de l'energia utilitzada per a la seva distribució i tractament.

Les aigües grises són aquelles que es generen a les dutxes, banyeres, aixetes de lavabos, cuina, rentaplats i rentadores. A diferència de les aigües negres, aquestes no tenen contaminants fecals i poden ser reutilitzades per a usos alternatius que no necessiten aigua potable, com poden ser les cisternes dels inodors, el reg de jardins o neteja de zones exteriors.

A l'hora de fer la instal·lació de la reutilització d'aigües grises s'ha d'implementar un doble sistema de recollida d'aigües residuals. D'una banda, hi ha d'haver unes conduccions que canalitzin les aigües fecals cap a la xarxa general de sanejament. D'altra banda, les aigües grises s'han de dirigir cap a l'estació regeneradora.

Els sistemes de tractament d'aigües grises consten d'uns dipòsits on es recol·lecten les aigües grises per a portar a terme un tractament de depuració senzill, ja que les aigües grises són de fàcil tractament degut al seu baix contingut en matèria orgànica.

Hi ha diversos procediments a l'hora de tractar les aigües grises per a la seva posterior reutilització. Aquestes tecnologies es poden classificar en dos grups principals: els processos biològics (en els quals s'oxida la matèria orgànica dins un reactor biològic) i els processos físico-químics.

Un dels sistemes més utilitzats consta d'una estació regeneradora amb una sèrie d'etapes. El tractament primari consisteix en una decantació i/o desbast per tal de separar les partícules sòlides més grans. El tractament secundari redueix la contaminació orgànica mitjançant reactors biològics. El seu funcionament està basat en que l'aigua del reactor biològic es filtra passant a través de les parets d'una membrana. L'aigua filtrada s'extreu del sistema, mentre que el fang i els compostos de mida superior al porus de la membrana queden retinguts i resten, o retornen, al reactor biològic per a continuar el seu tractament. El tractament terciari és un procés de desinfecció amb clor o per radiació ultravioleta. A la Figura 7.4 es pot observar un sistema de regeneració amb les següents parts:

- 1) Unitat de filtrat amb auto-rentat.
- 2) Càmera prèvia i càmera principal de reciclatge per a la segona fase.
- 3) Mecanisme automàtic d'absorció de sediments per a l'eliminació a través del



clavegueram dels residus orgànics del procés biològic-mecànic.

- 4) Subministrament continu d'aigua potable amb activament automàtic per quan l'aigua emmagatzemada baixa d'un cert nivell. D'aquesta manera, es garanteix l'aprovisionament dels elements connectats al sistema.
- 5) Làmpada ultravioleta per a l'eliminació de gèrmens.
- 6) Control amb funcions d'auto-comprovació i estalvi energètic.



Figura 7.4: Sistema de regeneració d'aigües grises en tres fases. FONT: Aguapur

Un dels altres sistemes de regeneració d'aigües grises utilitza una tecnologia que combina la depuració biològica i la ultrafiltració. La ultrafiltració és un tipus de filtració que utilitza membranes per a separar diferents sòlids i líquids. Les membranes estan disposades en forma de capil·lars i estan construïdes amb materials plàstics porosos i semipermeables. La ultrafiltració és capaç de concentrar sòlids suspesos, bacteries i, fins i tot, algunes proteïnes. Així, la instal·lació d'aquest sistema està formada per tres dipòsits connectats entre ells. En el primer dipòsit s'acumulen les aigües grises i es produeix una depuració biològica prèvia. A continuació, l'aigua passa al següent dipòsit, que és el mòdul d'ultrafiltració, on les membranes MBR (Membrane Bioreactor) impedeixen el pas de bacteries i virus, amb la qual cosa s'obté una aigua neta. Finalment, l'aigua reciclada s'acumula en un tercer dipòsit per al seu ús final. Amb aquesta tecnologia no és necessari usar desinfectants químics o radiació ultravioleta.

Pel que fa a la depuració físico-química, primer es realitza un tractament físic mitjançant uns filtres que impedeixen el pas de partícules sòlides. A continuació, es porta a terme un



tractament químic amb la cloració de l'aigua amb hipoclorit sòdic, que es proporciona amb un dosificador automàtic. D'aquesta manera, l'aigua queda a punt per ser reutilitzada.

Per tal de reutilitzar les aigües grises per a la descàrrega d'inodors, es pot instal·lar un sistema molt senzill que reutilitza l'aigua del lavabo a l'inodor i que es pot instal·lar a l'espai disponible en el bany. El funcionament d'aquest aparell consisteix en recollir l'aigua usada en el lavabo, filtrar-la, desinfectar-la i emmagatzemar-la en un dipòsit situat sota el lavabo. En el moment d'accionar la cisterna de l'inodor, un sensor fa que l'aigua es bombegi del dipòsit a la cisterna de l'inodor. A la Figura 7.5 hi ha un esquema del funcionament d'aquest sistema.



Figura 7.5: Sistema de reutilització d'aigua del lavabo. FONT: Remosa

Finalment, s'ha de mencionar que les aigües grises són una font de gran valor com a abonament per a la horticultura, sempre que s'utilitzin apropiadament. El fòsfor, potassi i nitrogen que contenen les aigües grises és una font de contaminació per a rius, llacs i aigües del terreny però, a la vegada, beneficien les plantes, ja que els hi aporten nutrients. Per aquesta raó, hi ha diversos tractaments de les aigües grises que permeten reutilitzar-les per a reg. Els filtres jardineria, o biofiltres, consisteixen en una trampa que reté els greixos que provenen, en la seva major part, de la cuina. Aquesta aigua pre-tractada es dirigeix cap a una jardineria impermeable, on se sembren plantes de pantà, que es nodreixen dels detergents i la matèria orgànica. Incorporant aquest sistema es pot arribar a rescatar un 70% de l'aigua que entra al filtre jardineria, que pot ser utilitzada per a regar arbres, jardins o plantes ornamentals. L'altre sistema existent és el d'embutat, que consisteix en dirigir les aigües grises cap a rases plenes d'un embuatat, compost usualment d'escorça d'arbre triturada, palla o fulles, que s'encarrega de tractar les aigües i, a més, d'augmentar la riquesa del sòl amb un procés de compostatge.



7.4. Jardineria eficient en aigua

En els últims anys s'ha multiplicat la demanda d'aigua potable per al reg de jardins. Per a disminuir el consum d'aigua per a regadiu s'han d'adoptar algunes mesures com les que es proposen en aquest apartat.

Moltes vegades, a l'hora de dissenyar algunes zones verdes no es té en compte el consum d'aigua de cada espècie. Per aquesta raó, és important seleccionar les plantes que s'han d'utilitzar i planificar la seva distribució, ja que es pot donar el cas de que plantes que necessiten una gran quantitat d'aigua convisin amb plantes amb menor exigència d'aigua, provocant un desaprofitament dels recursos hídrics. Hi ha diverses opcions per a aconseguir un disseny adequat des del punt de vista hídric, encara que es poden agrupar en dues filosofies principals: la zerojardineria i la xerojardineria.

La zerojardineria és aquella que utilitza els mínims elements vegetals possibles, ja que aquests són substituïts, en la seva major part, per espais pavimentats, gran quantitat d'àrids, pedres i elements similars. Tot això fa que aquesta jardineria sigui poc consumidora d'aigua.

La xerojardineria deriva del concepte grec 'xeros', que significa sec. Engloba aquelles pràctiques i tècniques que permeten el disseny d'un jardí ornamental però que necessita una quantitat d'aigua inferior que a les del disseny lliure. És a dir, el que es busca és fer un ús racional de l'aigua de reg, evitant la dilapidació dels recursos hídrics. El primer que s'ha de fer és planificar sobre el paper la distribució de les espècies que es volen plantar, agrupant-les segons les seves necessitats d'aigua, és a dir, s'han de distribuir les plantes en hidrozones. Per tal de fer aquesta distribució en hidrozones, cal classificar les zones del jardí per necessitats hídriques altes, mitjanes i baixes, tenint en compte els factors climàtics i l'orientació de cada àrea. A continuació, s'han de seleccionar diverses espècies amb les mateixes necessitats hídriques i organitzar el seu emplaçament per zones, tot prioritant les espècies amb menor consum d'aigua. És imprescindible considerar la plantació de vegetació autòctona, que s'adapta a la climatologia de la zona i, generalment, té una menor demanda d'aigua, ja que recol·lecta aigua durant els períodes de pluja per utilitzar-la després en les èpoques de sequera. També s'han de considerar alternatives a la gespa, com poden ser plantes entapissants, arbustos baixos, graves i àrids decoratius. Com que el sol afavoreix l'evaporació de l'aigua, augmentant les necessitats hídriques del jardí, es recomana la creació d'ombres amb la instal·lació de pèrgoles per a plantes enfiladisses o arbres que actuïn com a protectors de la vegetació.



Un dels altres factors que s'ha de tenir en compte per augmentar l'estalvi d'aigua per a regar és la utilització de sistemes de reg d'alta eficiència. Els regs superficials o de gravetat són grans consumidors d'aigua, ja que la seva eficiència ronda el 50%. L'aspersió i difusió també generen unes pèrdues hídriques elevades, tot i que menors que en el cas del reg per gravetat. El reg per degoteig en superfície és bastant eficient, però té l'inconvenient de que, si les plantes no proporcionen prou cobertura, els tubs queden al descobert. En canvi, el degoteig subterrani no té els problemes estètics que té el degoteig en superfície. A més, proporciona una sèrie d'avantatges enfront a qualsevol altre sistema: com que els conductes estan enterrats, els conductes estan protegits de la radiació ultravioleta i el sistema té una major eficiència perquè l'evaporació d'aigua és menor.

Per tal d'optimitzar el reg, s'ha de considerar la seva automatització, ja que això permetrà una distribució de l'aigua en la quantitat necessària i en el moment adequat. Els sistemes de detecció del nivell d'humitat del sòl i les estacions meteorològiques poden posar en marxa el sistema de reg en els moments adequats, evitant així el reg quan és innecessari.

7.5. Comptadors d'aigua

Per tal de poder controlar i reduir el consum d'aigua s'ha de disposar de comptadors que, a part de comptabilitzar el consum d'aigua, tinguin una sortida per impulsos amb informació de gestió d'aigua. Això permet que la demanda dels sistemes puguin monitoritzar-se i evaluar-se al llarg del temps.

Els comptadors amb emissors d'impulsos es poden connectar a sistemes de telelectura de cabals, dossificació o pre-selecció de cabal, control de bombes, etc. Aquest tipus de comptadors estan equipats amb l'indicador de litres imantat. D'aquesta manera, el cable emissor d'impulsos emet un impuls per a cada certs litres de volum mesurat.

7.6. Detecció de fuites importants

Les fuites d'aigua s'han de tenir en compte a l'hora de controlar l'estalvi d'aigua, ja que una aixeta que degoteja, una fuga en les cisternes dels inodors, les conduccions de distribució d'aigua, els sistemes de reg del jardí, etc. poden fer que es perdi una gran quantitat de litres d'aigua. Hi ha diversos factors que influeixen en les pèrdues d'aigua, com poden ser l'edat i el tipus de material dels equips, peces, connexions i canalitzacions, etc. Per tal d'evitar el consum innecessari dels recursos hídrics que provoquen aquestes pèrdues d'aigua, en el



mercat existeixen instruments domèstics que permeten automàticament la detecció d'una fuga ocasional.

En les conduccions, els sistemes de detecció es basen normalment en el descens de la pressió de l'aigua que hi circula, el que permet que es pugui detectar la fuga ràpidament i així tancar el subministrament.

Actualment també existeixen altres aparells de detecció de fuites no visibles que estan basats en la vigilància de la xarxa per detectar les possibles pèrdues i actuen, per una banda tallant l'arribada d'aigua i, per l'altra, activant una alarma. Quan el sistema localitza una fuga mitjançant detectors de diferents tipus (detector acústic, d'inundació, d'humitat, detector amb comptador de cabal...) automàticament envia una ordre a la unitat central de control, que s'encarrega de tallar el sistema de distribució a través d'una electrovàlvula situada a l'entrada d'aigua de l'habitatge, avisar de que s'ha produït una fuga o, fins i tot, d'apagar els electrodomèstics que es trobin en funcionament i que es puguin veure afectats per la falta d'aigua.

7.7. Tall en el subministrament d'aigua

Una de les mesures per estalviar aigua és tallar el subministrament quan la zona que s'abasteix no estigui en ús, ja que d'aquesta manera s'eliminen les petites fuites d'aigua que són difícils de detectar (sobretot en aquells serveis que solen estar desocupats durant períodes de temps prolongats). Així també s'eviten les pèrdues provocades pel mal funcionament de les vàlvules de les cisternes dels urinaris i inodors.

El tall es produeix mitjançant una electrovàlvula, que controla el cabal d'aigua que passa a través de les canonades. L'electrovàlvula es pot governar amb un temporitzador programable, és a dir, un interruptor que talla o connecta el subministrament d'aigua a determinades hores; o amb detectors de proximitat. Els detectors de proximitat poden servir tant per controlar la il·luminació de la zona de serveis com per dirigir l'electrovàlvula. Principalment s'utilitzen detectors de moviments o interruptors. Hi ha diversos tipus de detectors de moviments, però els més utilitzats són els infrarojos i els ultrasònics. En els detectors de moviments per infrarojos, el dispositiu és capaç de detectar la radiació electromagnètica dels cossos que estan dins la seva zona d'abast. En canvi, els sensors de moviment ultrasònics actuen com a transmissors i receptors, ja que envien ones de so ultrasònic i responen sempre que escolten un canvi en la freqüència d'ones transmeses ocasionat pel canvi de posició d'una persona en



relació amb el sensor. Els interruptors solen estar connectats al sistema d'il·luminació, de manera que quan una persona encén l'interruptor el subministrament d'aigua es restableix.

7.8. Rentat de vehicles

L'aigua que es recicla en les instal·lacions de rentat de vehicles és pràctica, des d'un punt de vista ecològic i econòmic, però cal tenir en compte que els microorganismes de l'aigua de rentat poden ser perillosos i cal tractar-los convenientment. Per aquesta raó, tots els sistemes de reciclat d'aigua procedent del rentat de vehicles tenen el mateix propòsit: eliminar sòlids en suspensió de l'aigua de rentat, així com restes d'hidrocarburs, i matar bacteries per tal d'evitar les males olors i les possibles malalties.

Aquest punt no s'aplica en edificis de tipus administratiu, ja que es tracta d'un tema molt específic.

7.9. Tractament sostenible de l'aigua en l'emplaçament

Els tractaments de l'aigua residual in situ es poden portar a terme mitjançant tecnologies de baix cost, també conegudes com tecnologies toves o no convencionals, que solen utilitzar poca energia. Aquestes tecnologies es basen en potenciar mecanismes naturals com els que es donen en el sòl que permeten actuar sobre diversos contaminants de les aigües residuals. A continuació es presenten quatre de les tecnologies amb les que es pot realitzar un tractament sostenible de l'aigua en l'emplaçament.

Una de les tecnologies que regeneren les aigües residuals és la d'infiltració. Aquest mètode es basa en l'aplicació de les aigües residuals sobre sòls relativament permeables (les textures més comuns són les sorrenques o sorres-llimoses) en quantitats molt superiors a la seva taxa d'evapotranspiració, de manera que la major part de l'aigua abocada s'infiltra. Aquesta aigua es depura mitjançant processos físics, químics i biològics a través de la zona no saturada i es poden eliminar essencialment tots els compostos orgànics biodegradables, els sòlids en suspensió i els organismes patògens transportats per les aigües residuals. El sistema consisteix en un filtre de sorra que, en el moment de l'abocament de l'aigua, actua com un filtre i reté els sòlids en suspensió en superfície. La mida dels sòlids retinguts varia depenent de la mida de la sorra i de si els seus porus es troben o no obstruïts per la matèria orgànica d'una aplicació anterior o per un altre component de l'aigua a tractar com podrien ser els greixos. D'altra banda, el medi granular constitueix un reactor biològic en sí, un suport de gran



superfície sobre el que es fixen i es desenvolupen les bactèries responsables de l'oxidació de la càrrega contaminant. L'activitat biològica en els sistemes d'infiltració està relacionada amb la formació d'una biopel·lícula que es desenvolupa sobre els grans de sorra del sòl i que, quan entra en contacte amb l'aigua que flueix, capta matèria orgànica i nutrients per al seu creixement. D'aquesta manera, la matèria orgànica que s'ha percolat amb l'aigua es degrada i les aigües residuals queden depurades.

Un dels altres sistemes per al tractament sostenible d'aigües residuals a destacar són els aiguamolls, que són zones de transició entre el medi terrestre i l'aquàtic. En els aiguamolls creixen vegetals, animals i microorganismes que, juntament amb processos físics i químics, són capaços de depurar l'aigua residual, eliminant grans quantitats de matèria orgànica, sòlids, nitrogen, fòsfor i, fins i tot, alguns productes químics tòxics. El potencial depurador dels aiguamolls s'aprofita en el disseny d'instal·lacions que reproduïxen les característiques dels aiguamolls naturals.

La filtració per sorra és una de les tecnologies de tractament d'aigües residuals més antigues que es coneixen. Els filtres de sorra són jaços de material granular i drenats per sota per tal de que les aigües residuals pre-tractades puguin ser tractades, recollides i distribuïdes. El disseny típic d'un filtre de sorra és una caixa que s'omple amb material sorrenc de la qualitat adequada segons l'aigua que s'hagi de tractar i es fa circular l'aigua a través d'aquesta caixa. Aquest sistema purifica l'aigua amb tres processos. Mitjançant la filtració, les partícules es separen físicament de les aigües residuals que hi entren; l'absorció química fa que els contaminants s'enganxin a la superfície de la sorra. Finalment, a través de l'assimilació els microbis aeròbics consumeixen els nutrients de les aigües residuals.

Finalment, cal destacar el tractament anaeròbic per a la depuració d'aigües residuals. Aquesta tecnologia consisteix en una sèrie de processos microbiològics que es produeixen dins d'un recipient hermèticament tancat amb absència d'oxigen molecular, dirigits a la digestió de la matèria orgànica amb producció de metà. En aquest procés poden intervenir diferents tipus de microorganismes, però està dirigit principalment per bactèries. Les fosses sèptiques estan incloses dins el tractament d'aigües residuals anaeròbics.

7.10. Comparació econòmica

A continuació es presenten tres pressupostos amb els elements que s'haurien d'incorporar per tal d'aconseguir la màxima puntuació en l'eina VERDE, la certificació BREEAM i la certificació



LEED.

S'estudia el cas d'un edifici d'oficines i, a l'hora de fer la jardineria, no es tenen en compte les espècies que es planten ni el sistema de reg degut a la complicació que suposa dissenyar un jardí. Per això, únicament s'inclouen els elements que s'exigeixen a la certificació BREEAM en el cas que s'utilitzi un sistema de reg per degoteig. D'altra banda, els urinaris que s'utilitzen són dels anomenats sense aigua, ja que són els que suposen un estalvi d'aigua major.

L'objectiu d'aquest apartat és poder comparar el cost que suposa aconseguir la màxima puntuació en cada una de les tres eines, per tant, únicament es tindrà en compte una unitat de cada element.

7.10.1. VERDE

A la Taula 7.1 es pot observar el pressupost per a aconseguir la màxima puntuació de l'eina VERDE.

ELEMENT	MARCA	PREU (€)
Aixeta temporitzada amb polsador de pedal. Temps d'obertura: 4 segons Cabal: 6 litres/min	Presto Ibérica	102,75
Inodor de doble descàrrega amb un volum de descàrrega de 4,5/3 litres	Lekue	123,00
Urinari sense aigua	Hellbrock	430,70
Limitador cabal aixetes	Gramar-2	2,36
Dipòsit de recollida d'aigües pluvials amb filtre integrat Volum del dipòsit: 2200 litres	Remosa	1950,00
Estació regeneradora d'aigües grises. Aigua regenerada: 300 litres/dia	Remosa	6050,00
	TOTAL	8658,81

Taula 7.1: Pressupost VERDE



7.10.2. BREEAM

A la Taula 7.2 es pot veure el pressupost per a aconseguir la màxima puntuació en la categoria de l'aigua a la certificació BREEAM.

ELEMENT	MARCA	PREU (€)
Aixeta temporitzada amb polsador de pedal. Temps d'obertura: 4 segons Cabal: 6 litres/min	Presto Ibérica	102,75
Inodor de doble descàrrega amb un volum de descàrrega de 4,5/3 litres	Lekue	123,00
Urinari sense aigua	Hellbrock	430,70
Limitador cabal aixetes	Gramar-2	2,36
Dipòsit de recollida d'aigües pluvials amb filtre integrat Volum del dipòsit: 2200 litres	Remosa	1950,00
Estació regeneradora d'aigües grises. Aigua regenerada: 300 litres/dia	Remosa	6050,00
Sensor humitat del sòl	PCE	125,00
Estació meteorològica amb sensor de pluja per evitar el reg quan plou	SI	315,00
Comptador per impulsos d'aigua freda de doll únic	USF	79,60
Detector de fuites. Sensibilitat de 0,2 litres/minut	AguaStop	395,00
Electrovàlvula per al tall del subministrament	Simon	133,77
Detector de moviment per infrarojos	Domotictech	43,55
Fossa sèptica amb filtres per a 30 habitants (9000 litres)	Remosa	7630,00
	TOTAL	17380,73

Taula 7.2: Pressupost BREEAM



7.10.3. LEED

A la Taula 7.3 s'hi troba el pressupost necessari per a aconseguir la màxima puntuació de la categoria de l'aigua.

ELEMENT	MARCA	PREU (€)
Aixeta temporitzada amb polsador de pedal. Temps d'obertura: 4 segons Cabal: 6 litres/min	Presto Ibérica	102,75
Inodor de doble descàrrega amb un volum de descàrrega de 4,5/3 litres	Lekue	123,00
Urinari sense aigua	Hellbrock	430,70
Limitador cabal aixetes	Gramar-2	2,36
Dipòsit de recollida d'aigües pluvials amb filtre integrat Volum del dipòsit: 2200 litres	Remosa	1950,00
Estació regeneradora d'aigües grises. Aigua regenerada: 300 litres/dia	Remosa	6050,00
Fossa sèptica amb filtres per a 30 habitants (9000 litres)	Remosa	7630,00
	TOTAL	16288,81

Taula 7.3: Pressupost LEED

A la Figura 7.6 es pot observar una gràfica amb el sobrecost econòmic que representa la instal·lació d'elements per tal d'aconseguir la màxima puntuació disponible a cada sistema d'avaluació.



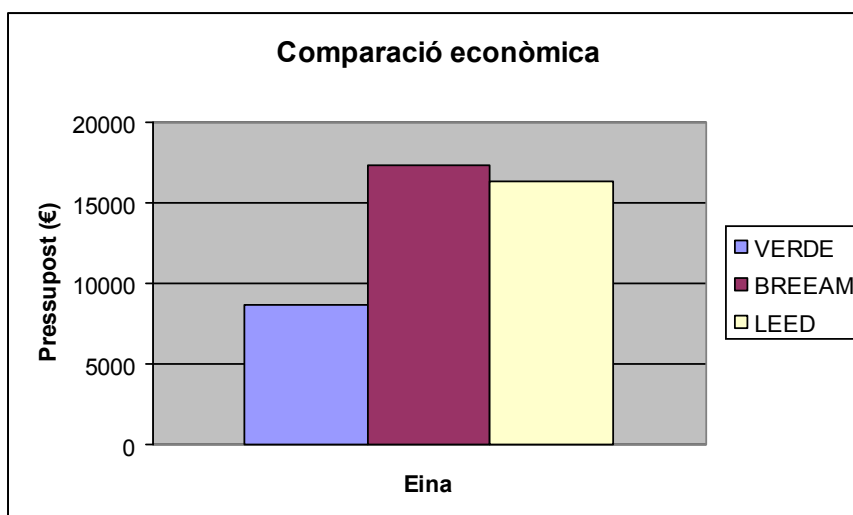


Figura 7.6: Comparació econòmica

Tal com mostra la gràfica, l'eina que presenta un sobrecost econòmic major és la certificació BREEAM, seguida de la certificació LEED. Aquestes dos sistemes, a diferència de l'eina VERDE, incorporen el tractament sostenible d'aigua en l'emplaçament, fet que fa augmentar el pressupost considerablement.

L'eina BREEAM és també la que incorpora més elements, com els detectors de fuites, les electrovàlvules, els comptadors per impulsos... però no són els dispositius que més càrrega econòmica suposen.

Com a conclusió, l'eina BREEAM, a més de ser la que té una major exigència econòmica, és la que estableix que s'instal·lin més elements. Per tant, és la que té una dificultat d'implantació més gran.





8. Estudi d'un cas pràctic

En aquest apartat es fa l'estudi de la puntuació que s'obtingria amb l'eina VERDE, la certificació BREEAM i la certificació LEED d'un edifici destinat a oficines i a un museu. L'empresa que ha encarregat aquest projecte vol romandre en l'anonimat, per tant, no s'adjunten ni plànols ni un mapa de l'emplaçament de l'edifici.

Els ocupants de l'edifici són, d'una banda els treballadors i, de l'altra, els visitants. Hi ha 15 homes i 14 dones treballant a l'empresa i es reben 388 visitants, la meitat homes i la meitat dones. L'edifici funciona de dilluns a divendres (240 dies/any) un total de 12 hores diàries (de 8:00 a 20:00 h.).

Pel que fa als elements vegetals, l'edifici té una coberta vegetal de 68 m² formada per un sistema de manta vegetal de la marca Green Mat constituïda per fins a 8 espècies diferents de sedum. La manta vegetal està posicionada sobre el sistema "TF Ecológico Aljibe de Intemper" Això permet emmagatzemar aigua de pluja a l'aljub i el reg es produeix per capil·laritat, el que fa que sigui altament efectiu.

A l'Annex D es pot veure el catàleg del sistema TF Ecológico Aljibe de Intemper.

Quant al sistema de sanejament de l'edifici, aquest disposa d'un sistema de tractament i recuperació d'aigües pluvials i grises (sistema WME-15 de Dehoust) per a la descàrrega d'inodors i urinaris. Aquest sistema de tractament té una capacitat de tractament diari de 700 litres. La capacitat d'acumulació d'aigües pluvials es de 2.200 litres. A l'Annex D hi ha el catàleg del sistema WME-15.

A la coberta es poden diferenciar tres zones diferents:

- 1) Zona blava (338 m²): l'aigua recollida en aquesta zona es conduïda al sistema de tractament d'aigües pluvials-grises i es reaprofita per a la descàrrega d'inodors i urinaris.
- 2) Zona verda (172 m²): l'aigua recollida en aquesta zona es conduïda a l'aljub del sistema Intemper i es destina directament al reg de la coberta verda.
- 3) Zona rosa (76 m²): l'aigua recollida en aquesta zona es conduïda fins al seu abocament al clavegueram públic.



A la Figura 8.1 es pot observar un esquema de la coberta amb les tres zones.

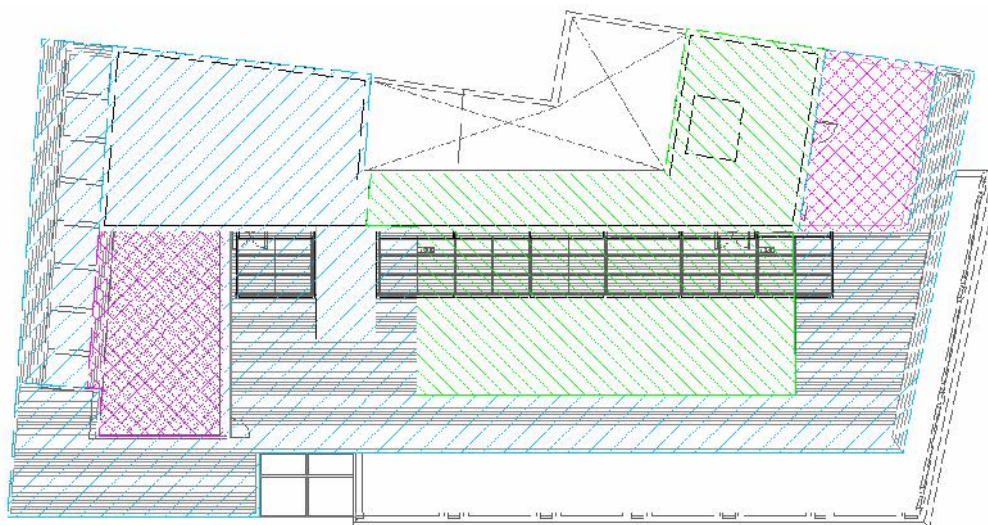


Figura 8.1: Esquema de la coberta

Aquest edifici es troba situat a la província de Barcelona, la pluviositat anual que es considera és de 632 mm. A la Taula 8.1 hi ha les dades extretes de l'Agència Estatal de Meteorologia de la pluviositat mensual de Barcelona així com l'evapotranspiració (ET_0) de la zona.

MES	PLUVIOMETRIA (mm/any)	ET_0 (mm/mes)
Gener	17	27,9
Febrer	80	28
Març	48	55,8
Abril	65	75
Maig	43	93
Juny	16	126
Juliol	32	130,2
Agost	47	114,7
Setembre	73	96
Octubre	114	46,5
Novembre	56	39
Desembre	42	31

Taula 8.1: Dades de pluvimetria mensual i ET_0



A continuació s'enumeren els equips consumidors d'aigua, així com el seu consum.

- 1) A l'edifici s'ha previst la instal·lació d'inodors amb cisterna de doble descàrrega amb cisterna encastada Geberit UP320. A l'Annex D s'hi troba el catàleg on es pot veure aquesta cisterna. El volum de descàrrega és de 6 litres per a la descàrrega llarga i de 3 litres per a la descàrrega curta. La distribució d'inodors que hi ha a cada planta és la següent: al soterrani hi ha tres inodors, a la planta baixa n'hi ha dos; tres a la primera planta i hi ha quatre inodors a la segona planta.
- 2) Els urinaris tenen descàrrega temporitzada mitjançant l'aixeta Presto 27PN. A l'Annex D hi ha el catàleg d'aquest sistema. La descàrrega d'aigua dura 6 ± 2 segons i el cabal d'aigua és de 9 litres/minut a 1 bar. Hi ha un total de sis urinaris: dos al soterrani, dos a la primera planta i dos a la segona planta.
- 3) Les aixetes dels lavabos tenen un cabal de 0,1 litres/segon. Al soterrani hi ha cinc lavabos, a la planta baixa un, a la primera planta n'hi ha set i a la segona planta hi ha cinc lavabos.

8.1. VERDE

8.1.1. Consum d'aigua

Per tal de poder establir la puntuació del consum d'aigua s'ha de comparar el consum d'un edifici de referència amb el consum de l'edifici objecte. A l'Annex B.1 hi ha els consums d'aigua dels aparells sanitaris de l'edifici de referència VERDE. A la Taula 8.2 es calcula el consum de referència de l'edifici.

ELEMENT	Nº PERSONES	ÚS PERSONA/DIA	CABAL	CONSUM (LITRES)
WC dones	194 (museu)	0,5	6 litres/ús	582
	14 (oficines)	3		252
WC homes	194 (museu)	0,1	6 litres/ús	116,4
	15 (oficines)	1		90
Urinaris	194 (museu)	0,4	3 litres/ús	232,8
	15 (oficines)	2		90



Lavabos	388 (museu)	0,5 (15 segons)	8 litres/minut	388
	29 (oficines)	3 (15 segons)		174
CONSUM TOTAL D'AIGUA DIARI				1925,2

Taula 8.2: Consum d'aigua diari de l'edifici de referència VERDE

A la Taula 8.3 es pot observar el consum d'aigua de l'edifici estudiat. Com es veurà posteriorment, aquest edifici té un sistema de recuperació d'aigües grises i pluvials que fa que disminueixi el consum d'aigua potable.

ELEMENT	Nº PERSONES	ÚS PERSONA/DIA	CABAL	CONSUM (LITRES)
WC dones	194 (museu)	0,5 (llarga)	6 litres/ús (descàrrega llarga)	582
	14 (oficines)	3 (1 llarga i 2 curtes)	3 litres/ús (descàrrega curta)	168
WC homes	194 (museu)	0,1	6 litres/ús	116,4
	15 (oficines)	1		90
Urinaris	194 (museu)	0,4 (6 segons)	9 litres/min	69,84
	15 (oficines)	2 (6 segons)		27
Lavabos	388 (museu)	0,5 (15 segons)	0,1 litres/segon	291
	29 (oficines)	3 (15 segons)		130,5
CONSUM D'AIGUA DIARI				1474,74

Taula 8.3: Consum d'aigua diari de l'edifici objecte

El consum de l'edifici de referència durant els 21,9 dies és de:

$$1925,2 \text{ litres/dia} \cdot 21,9 \text{ dies} = 42161,88 \text{ litres}$$

Mentre que el consum de l'edifici objecte durant el període definit és de:

$$1474,74 \text{ litres/dia} \cdot 21,9 \text{ dies} = 32296,8 \text{ litres}$$

Pel que fa a les aigües pluvials, durant el període de recollida s'acumulen 2200 litres, ja que



aquest és el volum del dipòsit del projecte.

Finalment, també s'han de tenir en compte les aigües grises. Com es veurà posteriorment, cada dia es recuperen 421,5 litres d'aigües grises. Per tant, durant els 21,9 dies que dura el període de recollida d'aigües pluvials, es reutilitzaran:

$$421,5 \text{ litres/dia} \cdot 21,9 \text{ dies} = 9230,85 \text{ litres}$$

A la Taula 8.4 es mostra el consum d'aigua potable de l'edifici objecte durant el període de recollida d'aigües pluvials i quin percentatge es redueix el consum d'aigua.

AIGÜES GRISES	9230,85 litres
AIGÜES PLUVIALS	2200 litres
TOTAL AIGUA RECUPERADA	11430,85 litres
DEMANDA D'AIGUA	32296,8 litres
CONSUM D'AIGUA EDIFICI OBJECTE	20865,96 litres
CONSUM D'AIGUA REFERÈNCIA	42161,88 litres
PERCENTATGE DE REDUCCIÓ	50,5 %

Taula 8.4: Percentatge de reducció del consum d'aigua respecte l'edifici de referència

La millor pràctica és reduir el 30% del consum de l'edifici de referència. Per tant, es porta a terme la millor pràctica possible. D'aquesta manera, en aquest apartat s'aconsegueixen 5 punts.

8.1.2. Acumulació d'aigua de pluja per a la seva reutilització

Per tal d'avaluar aquest apartat s'ha de calcular el potencial de recollida d'aigua de pluja P_{ROb} . El projecte preveu la utilització de dos dipòsits d'acumulació d'aigües pluvials de $1,1 \text{ m}^3$ cadascun; per tant, el volum del dipòsit del projecte V_{ROb} de l'aigua provinent de la zona blava és de $2,2 \text{ m}^3$. D'altra banda, l'aljub ocupa tota la superfície vegetal i té una alçada màxima de 10 cm; per tant, el volum V_{ROb} de l'aljub és de $0,68 \text{ m}^3$.

Com que una part de l'aigua recollida va al sistema de recuperació juntament amb les aigües grises i l'altra va a un aljub per regar la coberta, es tindran en compte dos dipòsits diferenciats. Per tal d'estimar el volum del dipòsit òptim es segueix el procediment de càlcul explicat a l'apartat 6.2.1:



- 1) S'ha de calcular el consum anual d'aigua potable (m^3) en aquells usos que seran reemplaçats per aigua de pluja que s'hagi recollit. En aquest cas s'utilitza un sistema que usa aigües pluvials i aigües grises per la descàrrega d'inodors i urinaris, que consumeixen:

$$582 \text{ l} + 168 \text{ l} + 116,4 \text{ l} + 90 \text{ l} + 69,84 \text{ l} + 27 \text{ l} = 1053,24 \text{ l} (1,053 \text{ m}^3)$$

L'edifici està obert 240 dies a l'any, així, el volum d'aigua utilitzat anualment per a la descàrrega d'inodors i urinaris és de:

$$1,053 \text{ m}^3 \text{ d'aigua/dia} \cdot 240 \text{ dies/any} = 252,8 \text{ m}^3/\text{any}$$

Pel que fa a l'aigua que es necessita per regar, com es veurà després, és de 2,87 m^3/any .

- 2) La superfície de captació S_C per a l'aigua destinada a la descàrrega d'inodors i urinaris és de 338 m^2 , mentre que la superfície de captació S_C per a l'aigua de reg és de 172 m^2 .
- 3) La precipitació mitjana anual que es té en compte és la de la ciutat de Barcelona, que són 632 mm .
- 4) Per tal d'estimar el coeficient d'escorrentia f s'ha de tenir en compte el tipus de coberta, que en aquest cas és pràcticament tota de fusta. A l'Annex B.6 es poden consultar els valors del coeficient d'escorrentia. Així, el coeficient d'escorrentia utilitzat és 0,9.
- 5) Es considera un factor de rendiment ζ del filtre hidràulic de 0,9.
- 6) La quantitat d'aigua enviada al sistema es calcula amb l'equació Eq. 6.1. En primer lloc s'estima l'aigua captada en la zona blava:

$$L_{\text{med}} = 338 \text{ m}^2 \cdot 0,632 \text{ m/any} \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 173,03 \text{ m}^3/\text{any}$$

L'aigua captada en la zona verda enviada a l'aljub per a regar és:

$$L_{\text{med}} = 172 \text{ m}^2 \cdot 0,632 \text{ m/any} \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 88,05 \text{ m}^3/\text{any}$$

- 7) Es calcula el volum òptim de cada dipòsit amb l'equació Eq. 8.2. El volum de dipòsit òptim per a la descàrrega d'inodors i urinaris és el que es calcula a continuació:

$$V_{\text{ROp}} (\text{m}^3) = 173,03 \text{ m}^3 \cdot 0,06 = 10,38 \text{ m}^3$$

El volum òptim de l'aljub per a acumular aigua per a regar és el següent:



$$V_{ROp} (m^3) = 2,87 m^3 \cdot 0,06 = 0,1722 m^3$$

8) Finalment, el potencial de recollida d'aigua de pluja en cada cas és:

$$P_{ROb} (\text{per a la descàrrega d'inodors i urinaris}) = 2,2 / 10,38 \cdot 100 = 21,2\%$$

$$P_{ROb} (\text{per al reg}) = 0,68 / 0,1722 \cdot 100 = 394,9\%$$

A efectes de benchmarking, aquest criteri s'avalua en l'apartat que estudia el consum d'aigua o en el de jardineria eficient en aigua.

8.1.3. Reutilització d'aigües grises

Per tal de fer l'avaluació d'aquest apartat s'ha de tenir en compte quin és el percentatge de demanda que es pot cobrir amb la reutilització d'aigües grises. El procediment de càlcul és el que s'exposa a continuació:

- 1) S'ha de calcular la quantitat d'aigües grises que s'envien diàriament al sistema. En l'edifici que s'estudia, les aigües grises provenen exclusivament dels lavabos. Tal com s'ha calculat en l'apartat anterior, en el consum d'aigua, els lavabos utilitzen diàriament:

$$291 \text{ litres} + 130,5 \text{ litres} = 421,5 \text{ litres}$$

- 2) Cal avaluar la demanda d'aigua diària. En aquest cas, les aigües grises només s'utilitzen per a la descàrrega d'inodors i urinaris i no per a reg. El consum d'aigua dels urinaris i els inodors, com s'ha calculat anteriorment, és de 1053,24 litres diaris.
- 3) S'ha de determinar el percentatge de la demanda cobert per la reutilització d'aigües grises P. En aquest cas, els litres diaris d'aigües grises enviats al sistema de recuperació són 421,5 litres. La demanda d'aigua per a la descàrrega d'inodors i urinaris és de 1053,24 litres al dia. Per tant, el percentatge P és:

$$421,5 \text{ litres reutilitzats} / 1053,24 \text{ litres demandats} = 0,4 (40\%)$$

Pel que fa a la puntuació d'aquest criteri, la pràctica habitual és no tenir un sistema de recuperació d'aigües grises i, com a millor pràctica, cobrir el 100% de la demanda. El percentatge de demanda que es cobreix és del 40% i, si es fa una interpolació lineal entre 0 i 5 (la pràctica habitual i la millor pràctica possible), en aquest apartat s'obtenen 2 punts.



8.1.4. Jardineria eficient en aigua

Per tal d'avaluar si la jardineria utilitzada és eficient en aigua s'ha de tenir en compte el consum d'aigua destinat a reg, que es compara amb el consum de l'edifici de referència, i el percentatge de zones verdes que estan ocupades per espècies vegetals autòctones.

Mitjançant el mètode del coeficient de jardí es pot calcular el consum d'aigua destinada a reg. En primer lloc es calcula el valor de referència considerant una parcel·la de les mateixes dimensions, és a dir 68 m², i característiques però amb la següent distribució:

- 1) 30% de pradera amb reg d'aspersió.
- 2) 30% d'espècies entapissants amb reg localitzat o per degoteig.
- 3) 40% amb arbres amb reg localitzat o per degoteig.

El procediment de càlcul és el següent:

- 1) Per calcular aproximadament les necessitats d'aigua del jardí es necessita estimar el coeficient de jardí (K_J) amb el coeficient d'espècie (K_S), el coeficient de densitat (K_D) i el coeficient de microclima (K_M) tal com expressa l'equació Eq. 6.5.

Els coeficients s'extreuen de les taules que hi ha a l'Annex B.8. Pel càlcul del coeficient K_S se suposa que les espècies tenen una necessitat mitja d'aigua. Pel que fa al valor del coeficient de densitat es considera que és baix, ja que els arbres proporcionen una cobertura inferior al 70% i que les espècies entapissants cobreixen menys del 90% de la superfície. Finalment, el coeficient de microclima es calcula tenint en compte que, com que es tracta d'un edifici que es troba en una ciutat, hi ha una influència de fonts de calor extern. Com que la parcel·la consta de diferents tipus d'espècies, a la Taula 8.5 s'exposen els diferents coeficients depenent de l'espècie així com el coeficient de jardí corresponent. Els càlculs es poden trobar a l'Annex C.1.



ESPÈCIE	K_S	K_D	K_M	K_J
Pradera	0,7	0,6	1,2	0,504
Entapissant	0,5	0,5	1,2	0,3
Arbres	0,5	0,5	1,4	0,35

Taula 10.5: Coeficients K_S , K_D , K_M i K_J de l'edifici de referència

- 2) L'evapotranspiració de la zona enjardinada (ET_J) (mm/any) es determina a través de la evapotranspiració pròpia de cada lloc (ET_0) i el coeficient de jardí K_J , tal com es mostra a l'equació Eq. 6.6.

L'evapotranspiració que s'ha d'utilitzar en aquest cas és la de Barcelona, tal com apareix a la Taula 8.1, mentre que els diferents coeficients de jardí estan recollits a la Taula 8.6.

MES	ET_J pradera (mm/mes)	ET_J entapissants (mm/mes)	ET_J arbres (mm/mes)
Gener	14,06	8,37	9,76
Febrer	14,11	8,4	9,8
Març	28,12	16,74	19,53
Abril	37,8	22,5	26,25
Maig	46,87	27,9	32,55
Juny	63,50	37,8	44,1
Juliol	65,62	39,06	45,57
Agost	57,81	34,41	40,14
Setembre	48,38	28,8	33,6
Octubre	23,44	13,95	16,27
Novembre	19,66	11,7	13,65
Desembre	15,62	9,3	10,85

Taula 8.6: Càlcul de la ET_J de la zona enjardinada de l'edifici de referència

A l'Annex C.2 es poden veure els càlculs que s'han realitzat per obtenir els valors de l'evapotranspiració mensual.

- 3) S'ha d'especificar l'aigua que necessita el jardí (N) tal com s'indica en l'equació Eq 6.7. Per



a això, s'han de calcular les precipitacions efectives de la zona P_e per a cada mes aplicant, depenent del cas, la correcció de l'equació Eq. 6.8 o de l'equació Eq. 6.9, tal com s'explica en l'apartat 6.4.1.

A la Taula 8.7 apareixen les precipitacions efectives de cada mes i les necessitats d'aigua segons cada espècie. A l'Annex C.3 es poden observar els càlculs pertinents per trobar les precipitacions efectives i a l'Annex C.4 es troba el càlcul de les necessitats d'aigua.

MES	P_e (mm/mes)	N pradera (mm/mes)	N entapissants (mm/mes)	N arbres (mm/mes)
Gener	0,2	13,86	8,17	9,56
Febrer	39	-24,89	-30,6	-29,2
Març	18,8	9,32	-2,06	0,73
Abril	29	8,8	-6,5	-2,75
Maig	15,8	31,07	12,1	16,75
Juny	-0,4	63,9	38,2	44,5
Juliol	9,2	56,42	29,86	36,37
Agost	18,2	39,61	16,21	21,94
Setembre	33,8	14,58	-5	-0,2
Octubre	66,2	-42,76	-52,25	-49,93
Novembre	23,6	-3,94	-11,9	-9,95
Desembre	15,2	0,42	-5,9	-4,35

Taula 8.7: P_e i necessitats mensuals d'aigua de cada espècie de referència

Per tal de determinar les necessitats d'aigua anuals s'ha de fer el sumatori de les necessitats de cada mes, tenint en compte només els valors positius. Així, s'obté que:

$$N_{\text{pradera}} = 237,98 \text{ mm/any}$$

$$N_{\text{entapissants}} = 101,54 \text{ mm/any}$$

$$N_{\text{arbres}} = 129,85 \text{ mm/any}$$

- 4) A l'hora de calcular les necessitats d'aigua finals cal tenir en compte l'eficiència d'aplicació del reg (E_A), els valors dels quals es poden trobar a l'Annex B.9. Per a la zona de pradera,



que es rega amb aspersors, es considera una eficiència d'aplicació del reg del 0,7; per a les espècies entapissants i els arbres es considera que s'utilitza un sistema de degoteig subterrani, que té una eficiència de 0,95. Utilitzant per a cada sistema de reg l'equació Eq. 6.10, s'obtenen les necessitats finals d'aigua N_F següents:

$$N_{F \text{ pradera}} = 237,98 \text{ mm/any} / 0,7 = 339,97 \text{ mm/any}$$

$$N_{F \text{ entapissants}} = 101,54 \text{ mm/any} / 0,95 = 110 \text{ mm/any}$$

$$N_{F \text{ arbres}} = 129,85 \text{ mm/any} / 0,95 = 136,68 \text{ mm/any}$$

- 5) Finalment, per tal d'obtenir el consum d'aigua per a reg (C_{AR}) s'ha d'aplicar l'expressió Eq. 6.11, tal com es mostra a continuació:

$$C_{AR} = 0,33997\text{m} \cdot 0,3 \cdot 68\text{m}^2 + 0,110\text{m} \cdot 0,3 \cdot 68\text{m}^2 + 0,13668\text{m} \cdot 0,3 \cdot 68\text{m}^2 = 11,97 \text{ m}^3/\text{any}$$

Un cop que s'han calculat el consum d'aigua per a l'edifici de referència s'ha de calcular, seguint el mateix procediment, per a l'edifici objecte.

- 1) Per calcular aproximadament les necessitats d'aigua del jardí es necessita estimar el coeficient de jardí (K_J) amb el coeficient d'espècie (K_S), el coeficient de densitat (K_D) i el coeficient de microclima (K_M) tal com expressa l'equació Eq 6.5.

Els coeficients s'extreuen de les taules que hi ha a l'Annex B.8, tenint en compte que el sedum és una planta entapissant. Pel càlcul del coeficient d'espècie se suposa que les espècies tenen una necessitat baixa d'aigua. Pel que fa al valor del coeficient de densitat es considera que és mig, ja que únicament hi ha plantes entapissants. Finalment, el coeficient de microclima es calcula tenint en compte que, com que es tracta d'un edifici que es troba en una ciutat, hi ha una influència de fonts de calor extern. A la Taula 8.8 s'observen els valors d'aquests coeficients, així com el valor de K_J que s'obté aplicant l'expressió Eq. 6.5.

ESPÈCIE	K_S	K_D	K_M	$K_J = K_S \cdot K_D \cdot K_M$
Entapissant	0,2	1	1,2	0,24

Taula 8.8: Coeficients K_S , K_D , K_M i K_J de l'edifici objecte

- 2) L'evapotranspiració de la zona enjardinada (ET_J) (mm/any) es determina a través de la evapotranspiració pròpia de cada lloc (ET_0) i el coeficient de jardí K_J , tal com es mostra a



l'equació Eq. 6.6.

L'evapotranspiració que s'ha d'utilitzar és la de Barcelona, com en el cas de l'edifici de referència. A la Taula 8.9 es calcula l'evapotranspiració de l'edifici objecte per a cada mes a partir de l'evapotranspiració pròpia de la zona i el coeficient de jardí K_J calculat anteriorment. A l'Annex C.5 es mostren els càlculs realitzats.

MES	ET_0 (mm/mes)	ET_J (mm/mes)
Gener	27,9	6,7
Febrer	28	6,72
Març	55,8	13,39
Abril	75	18
Maig	93	22,32
Juny	126	30,24
Juliol	130,2	31,25
Agost	114,7	27,53
Setembre	96	23,04
Octubre	46,5	11,16
Novembre	39	9,36
Desembre	31	7,44

Taula 8.9: Càlcul de l'evapotranspiració ET_J segons cada mes

- 3) S'ha d'especificar l'aigua que necessita el jardí (N) tal com s'indica en l'equació Eq 6.7. Anteriorment s'han calculat les precipitacions efectives de la zona P_e per a cada mes. A la Taula 8.10 apareixen aquestes precipitacions efectives i les necessitats d'aigua. A l'Annex C.6 es poden observar els càlculs que s'han efectuat.

MES	P_e (mm/mes)	N (mm/mes)
Gener	0,2	6,5
Febrer	39	-32,28
Març	18,8	-5,41
Abril	29	-11



Maig	15,8	6,52
Juny	-0,4	30,64
Juliol	9,2	22,05
Agost	18,2	9,33
Setembre	33,8	-10,76
Octubre	66,2	-55,04
Novembre	23,6	-14,24
Desembre	15,2	-7,76

Taula 8.10: Precipitacions efectives i necessitats mensuals d'aigua

Per tal de determinar les necessitats d'aigua anuals s'ha de fer el sumatori de les necessitats de cada mes, tenint en compte només els valors positius. Així, les necessitats anuals d'aigua són:

$$N = 40,104 \text{ mm/any}$$

- 4) A l'hora de calcular les necessitats d'aigua finals cal tenir en compte l'eficiència d'aplicació del reg (E_A), els valors dels quals es poden trobar a l'Annex B.9.

El sistema de reg és per capil·laritat, que té una efectivitat de 0,95. Utilitzant l'equació Eq. 6.10 s'obtenen les necessitats finals d'aigua

$$N_F = 40,104 \text{ mm/any} / 0,95 = 42,21 \text{ mm/any.}$$

- 5) Finalment, per a tenir el consum anual d'aigua cal aplicar l'equació Eq. 6.11. Com que només es té una espècie vegetal, l'únic que s'ha de fer és multiplicar les necessitats finals d'aigua per la superfície que ocupa la manta vegetal:

$$C_{AR} = 0,04221 \text{ m/any} \cdot 68\text{m}^2 = 2,87 \text{ m}^3/\text{any}$$

El percentatge de consum d'aigua per a la manta vegetal de la coberta respecte del consum d'aigua de l'edifici de referència és:

$$2,87 \text{ m}^3/\text{any} / 11,97 \text{ m}^3/\text{any} = 0,24 \text{ (24\%)}$$

A més, s'ha de tenir en compte que tota aquesta aigua prové de l'aigua de pluja recollida.

Pel que fa al percentatge de superfície enjardinada amb plantes autòctones (P_{AUT}) és del



100%, ja que les espècies de sedum que componen la manta vegetal són autòctones.

La millor pràctica suposa que el consum d'aigua per a reg de l'edifici objecte és el 25% de l'aigua consumida per l'edifici de referència i que el percentatge de plantes autòctones és del 100%. Per tant, s'aconsegueix una puntuació de 5.

8.2. BREEAM

8.2.1. Consum d'aigua

Per tal d'avaluar aquest requisit cal analitzar les especificacions que es compleixen i, a partir d'aquí, determinar els punts que s'aconsegueixen.

- a) Els inodors de doble descàrrega no han de superar 4,5/3 litres i els de simple descàrrega 4,5 litres. En aquest cas s'utilitzen inodors amb cisterna de doble descàrrega de 6 litres per a la descàrrega llarga i 3 litres per a la descàrrega curta. Per tant, aquest primer punt ja no es compleix. El que s'hauria de fer per tal de que es complís aquesta especificació és substituir els inodors que s'han instal·lat per uns altres que tinguessin un consum d'aigua màxim de 4,5 litres en la descàrrega llarga.
- b) Els urinaris han de tenir un cabal efectiu de descàrrega de 1,2 litres. En el cas dels urinaris de l'edifici estudiat, el seu cabal és de 9 litres/minut i es tanquen automàticament als 6 segons. Així, el cabal efectiu de descàrrega és de 0,9 litres i es garanteix el compliment d'aquest apartat.
- c) Els lavabos dels espais públics cal que siguin de polsador, infrarojos o dispositiu similar que limiti el temps d'obertura per tal de que el cabal total sigui de 0,5 litres/ús. En aquest cas, les aixetes dels lavabos tenen un cabal de 0,1 litres/minut, però no tenen cap dispositiu que limiti el temps d'obertura, amb la qual cosa no es compleixen les exigències d'aquest apartat.
- d) Totes les aixetes a les que no s'apliqui el punt c han de portar una etiqueta indicativa del correcte funcionament per a estalviar aigua. En aquest cas, l'apartat c no es compleix i tampoc hi ha cap etiqueta que indiqui el correcte funcionament de les aixetes.
- e) Les dutxes han de tenir un cabal que no superi els 9 litres/minut per a una pressió d'aigua de 0,3 MPa, suposant una temperatura de sortida de 37 °C. Aquest punt no s'aplica



perquè en l'edifici no hi ha dutxes.

Com que per obtenir com a mínim un punt s'han de complir totes les condicions per a aquest requisit no s'obté cap punt. El que s'hauria de fer per tal d'aconseguir el primer punt i optar als altres és substituir els inodors existents per uns altres que tinguin un consum d'aigua menor en la descàrrega llarga, així com instal·lar aixetes amb polsador, infrarojos o un dispositiu similar per tal de limitar el temps d'obertura i, d'aquesta manera, aconseguir que el cabal no superi els 0,5 litres/ús. En el cas que no fos possible canviar les aixetes, s'haurien de posar etiquetes indicatives del correcte funcionament per a estalviar aigua.

8.2.2. Acumulació d'aigua de pluja per a la seva reutilització

A l'hora d'estimar si s'aconsegueix el punt amb que està valorat aquest requisit s'ha de calcular el cabal d'aigües pluvials recol·lectables mitjançant el següent procediment de càlcul:

- 1) La pluviositat anual de l'emplaçament A_{PL} (mm) que es té en compte és la de la ciutat de Barcelona, que és de 632 mm.
- 2) Per a calcular la superfície de captació d'aigua de pluja C (m^2), tal com s'ha fer en el mateix apartat amb l'eina VERDE, es distingeixen dues zones de captació: la zona on es recull l'aigua de pluja per a la descàrrega d'urinaris i inodors, que té una superfície de 338 m^2 ; i la zona de captació per a l'aigua de reg, de 172 m^2 de superfície.
- 3) Per calcular el coeficient d'escorrentia E_{coef} s'ha de tenir en compte el tipus de coberta. A l'Annex B.6 apareixen els valors que pot tenir el coeficient d'escorrentia. En aquest cas, es tracta d'una coberta plana i el valor del coeficient d'escorrentia és de 0,5.
- 4) Es defineix un coeficient de filtrat F_{coef} de 0,9, ja que es tracta del valor que els fabricants solen recomanar.
- 5) S'especifica el període de recollida D_{rec} : 18 dies/365 dies = 0,05
- 6) Finalment, es calcula el cabal d'aigües pluvials recol·lectables amb l'expressió matemàtica de l'Eq 6.4.

En primer lloc es calcula l'aigua que s'acumula per a la descàrrega d'urinaris i inodors durant el període definit de recollida:

$$\Sigma(0,632 \cdot 338 \cdot 0,5 \cdot 0,9 \cdot 0,05) = 4,8 \text{ m}^3$$



L'aigua de pluja que es recull a l'aljub durant el període definit de recollida per a després regar la manta vegetal es calcula amb la mateixa fórmula:

$$\Sigma(0,632 \cdot 172 \cdot 0,5 \cdot 0,9 \cdot 0,05) = 2,45 \text{ m}^3$$

És necessari saber si l'edifici estudiat es troba ubicat en una zona seca o humida. A l'Annex B.7 s'especifiquen les característiques que té cada zona. La pluviositat anual de Barcelona és de 632 mm i es troba en una zona amb el subsòl humit; per tant, es troba dins una zona humida.

El dipòsit de recollida de les aigües pluvials ha de tenir les dimensions suficients per tal de recollir:

- 1) Com a mínim el 50% del total de les esorrenties d'aigües pluvials previstes durant el període definit de recollida.

Pel que fa a la descàrrega d'inodors i urinaris, el volum del dipòsit d'aigües pluvials és de 2,2 m³, que és menor que el 50% del total de les esorrenties d'aigües pluvials (2,4 m³). Pel que fa al volum de l'aljub per al reg de la coberta vegetal, té un volum de 0,68 m³, que també és menor que el 50% del total de les esorrenties d'aigües pluvials previstes durant el període definit de recollida (1,225 m³). Per tant, s'ha de mirar si es compleix la segona opció.

O bé,

- 2) Les esorrenties d'aigües pluvials necessàries per a cobrir el 100% de la demanda durant el període definit de recollida, és a dir, durant 18 dies. A la Taula 8.11 es pot veure la demanda diària per a la descàrrega d'inodors i urinaris de l'edifici estudiat segons els usos que fa el personal de les oficines dels aparells sanitaris que s'estableix en el sistema BREEAM.

ELEMENT	Nº PERSONES	ÚS PERSONA/DIA	CABAL	CONSUM (LITRES)
WC dones	194 (museu)	0,5	6 litres/ús	582
	14 (oficines)	1,3		109,2
WC homes	194 (museu)	0,1	6 litres/ús	116,4
	15 (oficines)	1,3		117



Urinaris	194 (museu)	0,4 (6 segons)	9 litres/min	69,84
	15 (oficines)	2 (6 segons)		27
CONSUM D'AIGUA DIARI				1021,44

Taula 8.11: Consum d'aigua diari de l'edifici BREEAM

El consum diari per a la descàrrega d'inodors i d'urinaris és de 1021,44 litres. Per tant, durant el període definit de recollida es consumiran:

$$1021,44 \text{ litres/dia} \cdot 18 \text{ dies} = 18385,92 \text{ litres (18,386 m}^3\text{)}$$

És a dir, el volum del dipòsit (2,2 m³) no és suficient per a satisfer el consum d'inodors i urinaris durant el període definit de recollida, per tant, no cobreix el 100% de la demanda.

Pel que fa a l'aigua que es recull per al reg, anteriorment s'ha calculat que el consum d'aigua anual és de 2,87 m³. Per tant, durant el període definit de recollida es consumeixen:

$$2,87 \text{ m}^3/\text{any} \cdot 0,05 = 0,1435 \text{ m}^3$$

En aquest cas, el volum de l'aljub, que és de 0,68 m³, sí que satisfà el 100% de la demanda per a reg.

Com que el dipòsit d'acumulació de les aigües pluvials no té les dimensions suficients que es sol·liciten, no s'aconsegueix el punt del reciclatge d'aigua. De totes, maneres, s'avaluaran els altres apartats d'aquest requisit.

La combinació d'aigües grises i pluvials cobreix al menys el 75% de la demanda total prevista de:

- 1) La descàrrega d'inodors i urinaris. Com es veurà a l'apartat que estudia la reutilització de les aigües grises, només es cobreix el 46% de la demanda.
- 2) El reg de plantes. El sistema de reg consisteix en l'acumulació d'aigua de pluja en un aljub per després regar per capil·laritat. Per tant, per a regar únicament s'utilitzen aigües pluvials i aquestes cobreixen el 100% de la demanda.

8.2.3. Reutilització d'aigües grises

Com s'ha esmentat anteriorment, les aigües grises s'avaluen conjuntament amb les pluvials.



Les aigües grises de l'edifici estudiat provenen de les aixetes dels lavabos. A la Taula 8.12 es pot veure els litres d'aigua recuperats de les aixetes dels lavabos segons els usos dels lavabos pels empleats com s'estableix al sistema BREEAM.

ELEMENT	Nº PERSONES	ÚS PERSONA/DIA	CABAL	CONSUM (LITRES)
Lavabos	388 (museu)	0,5 (15 segons)	0,1 litres/segon	291
	29 (oficines)	1,3 (15 segons)		56,55
AIGÜES GRISES				347,55

Taula 8.12 : Litres d'aigües grises recuperades al dia

En un dia es recuperen 347,55 litres, per tant, durant el període definit de recollida es recuperen:

$$347,55 \text{ litres/dia} \cdot 18 \text{ dies} = 6255,9 \text{ litres}$$

Pel que fa a les aigües pluvials, s'acumulen 2200 litres durant el període definit de recollida. La combinació d'aigües grises i pluvials ha de suposar el 75% de la demanda total prevista de la descàrrega d'inodors i urinaris que, com s'ha vist anteriorment és 18385,92 litres durant els 18 dies que dura el període de recollida de les aigües pluvials.

A la Taula 8.13 es fan els càlculs per a obtenir el percentatge de la demanda coberta durant el període definit de recollida amb la combinació d'aigües grises i pluvials:

AIGÜES GRISES	6255,9 litres
AIGÜES PLUVIALS	2200 litres
TOTAL AIGUA RECUPERADA	8455,9 litres
DEMANDA D'AIGUA	18385,92 litres
PERCENTATGE COBERT	46 %

Taula 8.13: Percentatge cobert de la demanda d'aigua d'inodors i urinaris

Així, no es compleix que la combinació d'aigües grises i pluvials cobreixi el 75% de la demanda d'inodors i urinaris.

Pel que fa exclusivament a les aigües grises, la recollida ha de suposar com a mínim el 80% del total de lavabos i dutxes i s'ha de reciclar com a mínim el 10% de la demanda de



descàrrega d'inodors i urinaris. En aquest cas, només hi ha lavabos i tota l'aigua que s'utilitza va al sistema de recuperació d'aigües grises. El que es recicla diàriament per a la descàrrega d'inodors i urinaris es calcula a continuació i, com es pot veure, compleix l'especificació per a les aigües grises:

$$347,55 \text{ litres recuperats} / 1021,44 \text{ litres demandats} = 0,34 \text{ (34\%)}$$

Com a conclusió es pot dir que no s'aconsegueix el punt AG5 per al reciclatge de l'aigua degut a la baixa capacitat dels dipòsits de recollida d'aigües pluvials. D'aquesta manera, no es pot optar a una classificació final d'Excel·lent o Extraordinari, ja que aquest punt és imprescindible per a aconseguir-ho.

8.2.4. Jardineria eficient en aigua

El requisit es valora amb 2 punts, ja que s'instal·la un aljub que emmagatzema l'aigua de pluja recollida. Per tant, no hi ha un sistema de reg pròpiament dit, s'usa exclusivament aigua recuperada d'un sistema d'aigües pluvials.

8.2.5. Comptadors d'aigua

Els comptadors d'aigua de l'edifici no són per impulsos i no estan connectats a un sistema de gestió d'edificis. Per tant, no s'aconsegueix el punt disponible ni el punt extraordinari amb que està valorat aquest requisit.

8.2.6. Detecció de fuites importants

En aquest edifici no està prevista la instal·lació de cap sistema de detecció de fuites, per tant, no s'aconsegueix el punt amb el que es valora aquest requisit.

8.2.7. Tall en el subministrament sanitari

En l'edifici estudiat no s'han instal·lat electrovàlvules que tallin el cabal d'aigua en cada zona de lavabos per a que no hi hagi subministrament d'aigua quan la zona no estigui en ús, amb la qual cosa no s'aconsegueix el punt d'aquest requisit.

8.2.8. Rentat de vehicles

Aquest apartat només es pot aplicar als edificis comercials i industrials, no als edificis d'oficines, per tant, en aquest cas no es té en compte. A l'hora d'establir la puntuació final de la categoria de l'aigua, no s'ha de comptar aquest apartat.



8.2.9. Tractament sostenible de l'aigua en l'emplaçament

No s'ha implementat cap sistema de tractament d'aigües residuals, únicament de les aigües grises, tal com s'ha estudiat en l'apartat 8.2.3.

8.3. LEED

8.3.1. Consum d'aigua

Tant per comprovar que el compleix el Prerequisit EA1, necessari per tal d'obtenir la certificació LEED, com per estimar la puntuació de l'estalvi del consum d'aigua cal calcular la línia base de consum d'aigua per a l'edifici, tal com es pot observar a la Taula 8.14:

ELEMENT	Nº PERSONES	ÚS PERSONA/DIA	CABAL	CONSUM (LITRES)
WC dones	194 (museu)	0,5	6 litres/ús	582
	14 (oficines)	3		252
WC homes	194 (museu)	0,1	6 litres/ús	116,4
	15 (oficines)	1		90
Urinaris	194 (museu)	0,4	3,8 litres/ús.	294,88
	15 (oficines)	2		114
Lavabos	388 (museu)	0,5 (15 segons)	1,9 litres/min	92,15
	29 (oficines)	3 (15 segons)		41,325
LÍNIA BASE DE CONSUM D'AIGUA DIARI				1582,76

Taula 8.14: Línia base del consum d'aigua de l'edifici

La línia base de consum d'aigua de la certificació LEED es troba a l'Annex B.4.

El període definit de recollida de les aigües pluvials per a la certificació LEED és d'un any. La línia base de consum d'aigua diari és de 1582,76 litres. Així, durant un any és de:

$$1582,76 \text{ litres /dia} \cdot 240 \text{ dies/any} = 379862,4 \text{ litres}$$

El consum diari d'aigua de l'edifici és de 1474,74 litres, ja que els usos per dia dels elements és el mateix que en el cas de l'eina VERDE. Per tant, durant el període de recollida és el



consum d'aigua és de:

$$1474,74 \text{ litres/dia} \cdot 240 \text{ dies/any} = 353937,6 \text{ litres}$$

Pel que fa a les aigües grises, cada dia s'envien al sistema 421,5 litres. Així, al cap de l'any, la quantitat d'aigües grises que es reutilitzen és:

$$421,5 \text{ litres/dia} \cdot 240 \text{ dies/any} = 101160 \text{ litres}$$

A la Taula 8.15 es pot observar el consum d'aigua de l'edifici objecte durant el període definit de recollida d'aigua de pluja:

AIGÜES GRISES	101160 litres
AIGÜES PLUVIALS	2200 litres
TOTAL AIGUA RECUPERADA	103360 litres
DEMANDA D'AIGUA	353937,6 litres
CONSUM D'AIGUA POTABLE DE L'EDIFICI	250577,6 litres
LÍNIA BASE DE CONSUM D'AIGUA	379862,4 litres
PERCENTATGE DE REDUCCIÓ	34,03 %

Taula 8.15: Percentatge de reducció de consum d'aigua

Per tant, es compleix el Prerequisit EA1 i, a més, s'aconsegueixen dos punts.

Cal verificar els punts que s'aconsegueixen al crèdit de Tecnologies Innovadores en Aigües Residuals, que té en compte l'ús d'aparells conservadors d'aigua i la reutilització d'aigües grises i pluvials.

La línia base de consum d'aigües destinades a la descàrrega d'inodors i urinaris és de:

$$582 \text{ l} + 252 \text{ l} + 116,4 \text{ l} + 90 \text{ l} + 294,88 \text{ l} + 114 \text{ l} = 1449,28 \text{ l}$$

Així, durant un any la línia base de consum és:

$$1449,28 \text{ litres/dia} \cdot 240 \text{ dies/any} = 347827,2 \text{ litres}$$

Pel que fa al consum d'aigua de l'edifici estudiat per a la descàrrega d'inodors i urinaris és de 1053,24 litres. Per tant, durant el que dura el període definit de recollida aquest consum és de:



$$1053,24 \text{ litres/dia} \cdot 240 \text{ dies/any} = 252777,6 \text{ litres}$$

A més, s'han de tenir en compte les aigües grises i pluvials reutilitzades, que s'han calculat en aquest mateix apartat. Pel que fa a aigües residuals recuperades in-situ, en aquest cas no n'hi ha, per tant, no es tenen en compte. Així, el total de l'aigua recuperada en un any és:

$$101160 \text{ litres d'aigües grises} + 2200 \text{ litres d'aigües pluvials} = 103360 \text{ litres recuperats}$$

A la Taula 8.16 es pot observar el percentatge de reducció del consum d'aigua destinat a la descàrrega d'inodors i urinaris.

TOTAL AIGUA RECUPERADA	103360 litres
DEMANDA D'AIGUA	252777,6 litres
CONSUM D'AIGUA POTABLE DE L'EDIFICI	149417,6 litres
LÍNIA BASE DE CONSUM D'AIGUA	347827,2 litres
PERCENTATGE DE REDUCCIÓ	57,04 %

Taula 8.16: Percentatge de reducció de consum d'aigua per a inodors i urinaris

Així, per a aquest crèdit s'aconsegueixen els dos punts disponibles.

8.3.2. Acumulació d'aigua de pluja per a la seva reutilització

Aquest crèdit ja s'ha avaluat, en part, en el consum d'aigua i en el crèdit de Tecnologies Innovadores en Aigües Residuals. Durant el període definit de recollida de les aigües pluvials s'acumulen 2200 litres en el dipòsit, que es reutilitzen per a la descàrrega dels inodors i urinaris, juntament amb les aigües grises.

8.3.3. Reutilització d'aigües grises

Aquest crèdit també s'ha avaluat en la reducció del consum d'aigua i en el crèdit de Tecnologies Innovadores en Aigües Residuals. Com s'ha vist anteriorment, es reciclen diàriament 421,5 litres d'aigües grises provinents de les aixetes dels lavabos, que s'utilitzen per a la descàrrega dels inodors i urinaris.

8.3.4. Jardineria eficient en aigua

Per a regar la manta vegetal de la coberta de l'edifici s'utilitza exclusivament aigua de pluja que s'acumula en un aljub. Per tant, es compleix el requisit per a obtenir dos punts (que es



reduïxi el consum d'aigua potable un 50%) i, a més, s'utilitza exclusivament aigua recollida. Així, en aquest apartat s'obtenen els quatre punts disponibles.

8.3.5. Tractament sostenible d'aigua en l'emplaçament

La certificació LEED té en compte el tractament de les aigües residuals in-situ. No obstant això, en el projecte només s'ha previst el tractament de les aigües grises i no de la resta d'aigües residuals.

8.4. Codi Tècnic

8.4.1. Consum d'aigua

En Codi Tècnic s'estableixen uns cabals mínims de subministrament d'aigua en els diferents aparells sanitaris, tal com es pot veure a l'Annex B.5. A la Taula 8.17 es pot comprovar com els elements de l'edifici compleixen amb les exigències del Document Bàsic HS.

APARELL	CABAL MÍNIM D'AIGUA FREDA	ELEMENTS DE L'EDIFICI OBJECTE
Lavabo	0,1 l/s	0,1 l/s
Inodor amb cisterna	0,1 l/s	6/3 l/ús
Urinaris amb aixeta temporitzada	0,15 l/s	0,15 l/s

Taula 8.17: Comparació cabal de subministrament

El Codi Tècnic estableix que s'han d'incorporar elements per a l'estalvi d'aigua. En aquest cas, s'han instal·lat inodors de doble descàrrega i urinaris amb aixeta temporitzada.

8.4.2. Acumulació d'aigua de pluja per a la seva reutilització

En el Codi Tècnic no es fa referència a l'obligació de reutilitzar l'aigua de pluja, però en les ordenances municipals que s'han mencionat es contempla la reutilització de les aigües pluvials, tal com es fa en aquest cas.



8.4.3. Reutilització d'aigües grises

Tal com passa amb les aigües pluvials, la reutilització d'aigües grises no queda regulada en el Codi Tècnic, però en diverses Ordenances Municipals aprovades en alguns municipis de la Diputació de Barcelona es fa referència a la reutilització d'aigües grises.

8.4.4. Jardineria eficient en aigua

En el Codi Tècnic no s'obliga fer un ús eficient de l'aigua per a regar, però en les ordenances d'estalvi d'aigua es limita al 15% la superfície ocupada per gespa en les zones verdes de més de 1000 m². En aquest cas no es pot aplicar, ja que la manta vegetal només ocupa 68 m². De totes maneres, aquesta exigència es compliria, ja que només s'utilitzen plantes autòctones i no gespa.

A més, el consum d'aigua potable per a reg de jardins no pot superar els 1600 m³/ha/any. En aquest cas, es consumeixen 2,87 m³ a l'any per a regar. Si es té en compte que una hectàrea són 10000 m² i que la manta vegetal té una superfície de 68 m², per a regar la l'edifici es poden consumir, com a màxim, 10,88 m³ d'aigua. Per tant, es compleix aquesta especificació.

Finalment, les ordenances exigeixen la incorporació de sistemes de reg eficient i sensors d'humitats del sòl. En aquest cas, s'ha implantat un sistema de reg altament eficient com és el reg per capil·laritat, però no s'han instal·lat sensors d'humitat del sòl.

8.4.5. Comptadors d'aigua

El Codi Tècnic obliga a la instal·lació de comptadors d'aigua. En aquest cas, hi ha comptadors d'aigua a cada unitat de consum individualitzable i es compleix amb el que s'estableix en el Document Bàsic HS.

8.4.6. Detecció de fuites importants

En el Document Bàsic HS no es preveu la detecció de fuites importants, però les ordenances per l'estalvi d'aigua aprovades per alguns municipis pertanyents a la Diputació de Barcelona obliguen a la instal·lació de sistemes de control i alarma de fuites a les canonades de les instal·lacions de gran consum, en les superfícies enjardinades de més de 1000 m². En aquest cas no és aplicable, ja que la superfície que ocupa la manta vegetal és menor de 1000 m².



8.4.7. Tall en el subministrament sanitari

En el Codi Tècnic només s'exigeix el tall en el subministrament sanitari en el cas de que les instal·lacions no es posin en servei després de quatre setmanes del seu acabament o que no s'utilitzin en un període superior a sis mesos. Per tant, això no és aplicable a l'edifici estudiat, ja que es troba en funcionament.

8.5. Comparació de les puntuacions

A la Taula 8.18 hi ha un resum de les puntuacions obtingudes amb cada eina d'avaluació i la puntuació que s'obté en la classificació final, aplicant la ponderació de la categoria en els casos pertinents.

EINA	PUNTUACIÓ	PUNTUACIÓ DISPONIBLE	PONDERACIÓ CATEGORIA	PUNTUACIÓ FINAL
VERDE	12	15	10%	1,2
BREEAM	2	11	10,5%	1,91 %
LEED	6	10		6

Taula 8.18: Comparació de les puntuacions

Amb l'eina VERDE s'aconsegueixen 12 punts. Així, el percentatge de punts que s'aconsegueix és:

$$12 / 15 = 0,8 \text{ (80 \%)}$$

Pel que fa al sistema BREEAM, s'obtenen només 2 punts dels 11 que hi ha disponibles. Com s'ha mencionat anteriorment, al tractar-se d'un edifici d'oficines no es tenen en compte els 2 punts que s'assignen al rentat de vehicles. Per tant, el percentatge de punts aconseguits és:

$$2 / 11 = 0,18 \text{ (18 \%)}$$

Finalment, pel que fa a la certificació LEED, s'aconsegueixen 6 dels 10 punts que es poden aconseguir com a màxim. D'aquesta manera, el percentatge de punts que s'aconsegueix és:

$$6 / 10 = 0,6 \text{ (60\%)}$$

Com es pot observar, el mateix edifici té una valoració diferent segons l'eina amb que s'avalui. Amb el sistema que s'obté un major percentatge de punts és amb el VERDE, mentre que amb



el sistema BREEAM és amb el que s'aconsegueixen menys punts.

Pel que fa a la reducció del consum d'aigua, l'eina VERDE és la menys exigent, ja que atorga la màxima puntuació si es redueix el 30% del consum d'aigua, mentre que amb aquest percentatge de reducció amb el sistema LEED només s'aconsegueixen dos dels quatre punts disponibles. La certificació BREEAM obliga a incorporar diversos sistemes d'estalvi d'aigua per tal d'aconseguir els tres punts però, a diferència dels altres dos sistemes, no exigeix un percentatge de reducció del consum d'aigua específic.

Quant al reciclatge de l'aigua, l'eina VERDE és la que més fàcilment puntua el reciclatge, ja que la pràctica habitual és que no es reutilitzin les aigües grises. En canvi, per a que es pugui aconseguir el punt amb que està valorat el reciclatge d'aigua en el sistema BREEAM, les aigües grises i les pluvials han de cobrir el 75% de la demanda de la descàrrega d'inodors i urinaris. Per la seva part, la certificació LEED obliga a reduir un 50% l'ús d'aigua potable per a la descàrrega d'inodors i urinaris per tal d'aconseguir els dos punts.

Pel que fa a la jardineria, la certificació LEED dóna els quatre punts que es poden obtenir com a màxim, si es redueix el 50% del consum d'aigua potable i s'utilitza exclusivament aigua reciclada o s'instal·la una jardineria que no requereixi sistemes de reg permanent. L'eina VERDE considera la millor pràctica possible que el consum d'aigua de l'edifici suposi el 25% del consum d'aigua de l'edifici de referència i que totes les espècies plantades siguin autòctones. Per la seva part, la certificació BREEAM atorga un dels dos punts amb que està valorat el requisit si s'utilitza aigua reciclada. D'aquesta manera, en aquest cas tant amb l'eina VERDE com amb la certificació LEED s'obté la màxima puntuació possible.



9. Estudi de l'impacte ambiental

Amb la implantació de les mesures que proposen les eines d'avaluació mediambiental estudiades s'aconsegueix una reducció significativa del consum d'aigua potable, ja sigui per a l'ús dels aparells sanitaris com per al reg de plantes. L'estalvi d'aigua és important per a contribuir a la reserva dels recursos hídrics, però també cal minimitzar el tractament de les aigües residuals, ja que les empreses subministradores d'aigua han de tractar l'aigua abans d'introduir-la al sistema de subministrament i aquests tractaments requereixen energia i generen residus que tenen un impacte en el medi ambient.

Per tant, si es redueix el consum d'aigua potable no només es soluciona, en part, el problema de l'escassetat d'aigua, sinó que també es redueixen els costos d'explotació i es redueix l'impacte mediambiental que provoca el tractament de les aigües residuals.

9.1. Impacte ambiental de la realització d'obres

A l'hora de substituir els elements existents per altres que promoguin l'estalvi d'aigua, s'ha de tenir en compte que hi ha alguns elements, tal com el economitadors per les aixetes, que són molt senzills d'instal·lar. No obstant això, alguns dels aparells que es poden implantar requereixen de la realització d'una obra. És el cas, per exemple, de si es volen instal·lar urinaris sense aigua o un sistema de recollida d'aigües grises.

Si es tracta d'una obra nova és més fàcil incorporar els elements d'estalvi d'aigua, ja que no s'ha de substituir cap element existent. A més, durant la fase de disseny de l'edifici es pot preveure la instal·lació dels diferents dispositius i així evitar les obres posteriors necessàries per a adaptar els sistemes.

Les obres generaran una contaminació acústica inevitable; per tant, l'empresa que porti a terme la instal·lació haurà de respectar els horaris per tal de no molestar les persones que es poden veure afectades.

També s'haurà de tenir en compte la gestió de residus produïts per l'obra en sí mateixa, que són residus de runa i demolició; i els elements substituïts, si n'hi ha, que tindran un tractament o un altre depenent del tipus que siguin i de si es poden reciclar.





Conclusions

Com s'ha pogut observar, cada eina d'avaluació recalca una estratègia diferent per a l'estalvi del consum d'aigua. A l'eina VERDE i a la certificació LEED es té molt en compte la reducció del consum d'aigua i la reutilització d'aigües grises i pluvials. Pel que fa a la certificació BREEAM, el requisit sobre el consum d'aigua és el que té una major puntuació, però l'eina se centra especialment en aquelles estratègies que eviten la dilapidació d'aigua deguda a fuites.

Econòmicament, l'eina que suposa una exigència major és la BREEAM degut a que incorpora més dispositius destinats a l'estalvi d'aigua que els altres dos sistemes d'avaluació. L'eina VERDE és la més barata d'implantar, ja que no contempla el tractament sostenible d'aigua en l'emplaçament que, com s'ha vist, suposa una sobrecàrrega econòmica important.

Pel que fa a la importància que té l'aigua a cada sistema d'avaluació, a la certificació BREEAM és on té un pes major, ja que aquesta categoria té una ponderació del 10,5% en obra nova, enfront del 10% que representa l'impacte de l'esgotament d'aigua potable a l'eina VERDE. Per la seva banda, a la certificació LEED el pes dels crèdits referents a l'aigua suposen un 7,27% de pes en la puntuació final.

Quant al cas pràctic, s'han estudiat els diferents apartats de cada sistema d'avaluació aplicats a un edifici real i s'ha obtingut un major percentatge de puntuació amb l'eina VERDE. Això es deu a que es redueix el consum d'aigua respecte d'un edifici objecte gràcies a la reutilització de les aigües grises i a l'acumulació de l'aigua de pluja per a usar-la tant per a regar com per a la descàrrega d'inodors i urinaris, però no s'instal·la cap element per a evitar les pèrdues d'aigua degut a fuites. A més, és lògic que s'obtingui una major puntuació amb l'eina VERDE, ja que és el menys exigent dels tres sistemes analitzats.

Com a conclusió, l'eina BREEAM és la que suposa una exigència major a l'hora d'implantar els elements necessaris per a aconseguir la màxima puntuació. No obstant això, és també la que dona més importància a l'aigua en el conjunt global de la classificació final.





Bibliografia

Documentació:

VERDE. Certificación Ambiental de Edificios. Nueva edificación y Rehabilitación Integral. Multiresidencial y Oficinas. Marzo 2010.

Manual BREEAM ES COMERCIAL 2010 V.BETA.

LEED 2009 for New Construction and Major Renovations. November 2008.

Documento Básico HS Salubridad del Código Técnico de Edificación.

Catàlegs de proveïdors per a realitzar el pressupost:

Catàleg TEHSA

Catàleg Remosa

Catàleg Gramar-2

Catàleg Presto Ibérica

Catàleg Hellbrock

Dades climatològiques:

www.aemet.es

