

Resum

El present projecte planteja la millora de la qualitat de l'aigua de bany d'una piscina privada, minimitzant-ne el seu impacte ambiental, presentant un sistema de depuració natural sense utilitzar productes químics industrials que puguin afectar negativament als usuaris i al seu entorn.

El projecte inclou una recopilació de tipus de piscines naturals classificant-les per a poder valorar-los de cara a definir la solució definitiva. També explica el funcionament d'aquestes per ajudar a perfilar encara més la solució final i els mètodes constructius.

Aquests apartats introductoris serveixen per poder arribar a plantejar dues propostes d'adaptació i finalment desenvolupar un model final. A més a més, es realitza la comparació del funcionament convencional amb clor i del nou funcionament naturalitzat, a nivell econòmic i mediambiental. Finalment es fa una estimació del pressupost i de l'impacte ambiental i social que generaria l'adaptació de la piscina clorada convencional a naturalitzada.

Es creu que aquest projecte es pot plantejar com a proposta als usuaris o bé a l'empresa que s'encarregui de projecte similars. Actualment, la gran majoria de piscines construïdes empen productes químics industrials per a depurar l'aigua, amb el present projecte, es pretén adoptar una solució que s'adeqüi a les necessitats dels usuaris minimitzant-ne l'impacte ambiental.

Sumari

RESUM	1
SUMARI	3
1. PREFACI	6
1.1. Origen del projecte	6
1.2. Motivació	6
1.3. Requeriments previs	6
2. INTRODUCCIÓ	7
2.1. Objectius del projecte.....	7
2.2. Abast del projecte	7
3. PRINCIPIS BÀSICS DE LES PISCINES NATURALITZADES	8
3.1. Història	8
3.2. Definició.....	8
3.2.1. Definició legislativa	8
3.2.2. Definició etimològica	10
3.3. Principis de funcionament.....	10
3.4. Paràmetres de qualitat de l'aigua d'una piscina	11
4. TIPUS DE PISCINES NATURALITZADES	12
4.1. Classificació VÖS (Associació de Constructors de Piscines Biològiques)..	12
4.1.1. Tipus 1: Biotip	12
4.1.2. Tipus 2: Piscina ecològica amb recirculació mecànica.....	13
4.1.3. Tipus 3: Piscina ecològica parcialment automatitzada	13
4.1.4. Tipus 4: Piscina natural automatitzada	14
4.2. Classificació segons construcció	15
4.2.1. Regeneració en un sol vas	15
4.2.2. Regeneració parcialment separada.....	16
4.2.3. Regeneració separada	17
4.3. Definició i tipus de filtres biològics	17
5. FUNCIONAMENT D'UNA PISCINA NATURALITZADA	21
5.1. Zones d'una piscina naturalitzada	21
5.1.1. Zona de filtració	21
5.1.2. Oxigenació.....	22
5.1.3. Zona de regeneració.....	23

5.2.	Manteniment.....	24
5.2.1.	Consideracions prèvies	24
5.2.2.	Guia de manteniment	25
5.2.3.	Neteja	26
5.3.	Extracció de l'aigua del vas	26
5.3.1.	Extracció i neteja de la superfície exterior de l'aigua	26
5.4.	Principals problemes d'una piscina naturalitzada	28
5.4.1.	Eutrofització	28
6.	CONSTRUCCIÓ DE PISCINES NATURALITZADES D'ÚS PRIVAT	30
6.1.	Criteris generals de disseny	30
6.2.	Tipus de vasos de piscines privades.....	32
6.3.	Sistemes per a la construcció del vas	33
6.3.1.	Parets i fons del vas	33
6.4.	Revestiments interiors del vas.....	38
6.4.1.	Revestiment ceràmic	38
6.4.2.	Revestiment sintètic.....	39
6.4.3.	Revestiments amb pintura	39
6.4.4.	Altres revestiments	39
7.	ADAPTACIÓ D'UNA PISCINA PRIVADA A UNA PISCINA NATURALITZADA	40
7.1.	Situació actual	40
7.2.	Propostes.....	42
7.2.1.	Un sol vas	42
7.2.2.	Dos vasos separats	43
7.2.3.	Problemes concrets de la zona	45
7.3.	Model final	47
7.3.1.	Fase de disseny.....	48
7.3.2.	Fase de construcció.....	51
7.3.3.	Fase de posada en marxa	52
7.3.4.	Possibles problemàtiques i solucions	52
8.	COMPARACIÓ D'UNA PISCINA CONVENCIONAL AMB UNA DE NATURALITZADA	54
8.1.	Costos de manteniment de la piscina privada convencional	54
8.2.	Costos i manteniment de la piscina naturalitzada.....	55
8.3.	Estudi econòmic	56
8.4.	Estudi mediambiental	57

9. PRESSUPOST	58
10. IMPACTE AMBIENTAL I SOCIAL	59
10.1. Construcció	59
10.2. Operació	59
10.3. Cessament de l'activitat	60
10.4. Matriu d'impactes	60
CONCLUSIONS	62
AGRAÏMENTS	63
BIBLIOGRAFIA	64
Referències bibliogràfiques	64
Bibliografia complementaria	65

1. Prefaci

El projecte que s'exposa a continuació és un estudi d'adaptació d'una piscina convencional privada a una naturalitzada minimitzant el seu impacte ambiental sobretot en la seva fase de funcionament. Aquest estudi conté la metodologia emprada pel desenvolupament del mateix, així com la solució finalment adoptada.

1.1. Origen del projecte

Sorgeix com una proposta de l'autor d'aquest projecte, estudiant de l'ETSEIB, després de descobrir aquest tipus de piscines en diferents plataformes com la televisió, diaris i a la xarxa.

Es creu oportú emprar un procés de millora de les piscines convencionals que utilitzen clor per la desinfecció amb l'objectiu final de reduir el consum de recursos destinats a l'esbarjo que suposen aquestes.

1.2. Motivació

La realització d'un projecte com aquest significa el poder endinsar-se en la metodologia de reducció de consum, així com optimitzar cada fase del projecte. Al mateix temps permet veure de forma global el conjunt de totes les fases d'estudi necessàries.

La recerca d'alternatives als productes químics pel gran problema de sostenibilitat mediambiental i d'obtenció.

1.3. Requeriments previs

Per a la realització d'aquest projecte s'ha tingut en compte la voluntat de satisfer de la millor manera possible les necessitats de l'usuari. Així com coneixements de química, tecnologia del medi ambient i construccions

2. Introducció

A continuació, i de forma resumida s'exposa l'objectiu del projecte i el seu abast.

2.1. Objectius del projecte

L'objectiu general d'aquest projecte és dissenyar l'adaptació d'una piscina privada convencional que funciona amb clor a una piscina naturalitzada, minimitzant l'impacte ambiental durant totes les fases, construcció, funcionament i cessament de l'activitat.

Els objectius específics són:

- Estudiar les piscines naturalitzades i els seus mètodes constructius.
- Adaptar una piscina convencional privada a una piscina naturalitzada.
- Comparar una piscina convencional clorada amb una de naturalitzada .

2.2. Abast del projecte

Aquest projecte es basa en un apartat teòric aplicable a la caracterització de qualsevol piscina naturalitzada. I en particular l'estudi econòmic i mediambiental de l'adaptació. Els càlculs són reals i amb la finalitat d'obtenir la seva viabilitat emprant només recursos naturals.

L'estudi presenta diverses solucions, seleccionant-ne una i desenvolupant-la en totes les seves fases.

La construcció del model, l'estudi d'aparells electrònics (sistemes auxiliars de control de la bomba d'aigua) i el subministrament de consumibles/complements s'exclouen del projecte.

3. Principis bàsics de les piscines naturalitzades

3.1. Història

A principi de la dècada dels 50, l'institut Marx Plank d'Alemanya, comença a desenvolupar el primer experiment de fitodepuració, aplicada primerament per a la depuració d'aigües urbanes. També en aquesta dècada a Graz (Àustria) Gottfried Kern implanta un llac d'uns 190m² dels quals uns 35 tenien com a finalitat el bany.

Al 1976 el professor Richard Weixler prenent com a referència el treball de Kern desenvolupa un projecte més gran, tot i que aquests projectes primigenis eren espais aquàtics que simulaven ecosistemes sense cap tipus d'equipament tècnic.

Va ser a la dècada dels 80 on es comencen a desenvolupar projectes de piscines naturalitzades a Àustria, primerament en jardins particulars per posteriorment comercialitzar-les empreses alemanyes i austríaques. No va ser fins als 90 que es van començar a implementar per piscines públiques i expandir mercat cap a la resta d'Europa. Al 2000 es crea la Associació Alemanya de Constructors de Biopiscines, la qual tipifica els models de piscines naturalitzades en cinc diferents, segons la seva implementació tècnica.

Ja en el nou segle la implementació de piscines naturalitzades s'estén arreu del món, adaptades a les característiques específiques de cada localització, des d'Estats Units fins Austràlia passant per Europa.[1]

3.2. Definició

3.2.1. Definició legislativa

Des de la seva aparició a centreeuropa a mitjans dels 80 a la seva generalització i desenvolupament en projecte d'ús públic, el concepte de piscina naturalitzada s'ha trobat normalment definit de forma ambigua.

Si bé en l'ús particular no es presenten grans problemes, es a partir del seu ús, tant en espais turístics com en llocs públics, quan sorgeix una necessitat de definir de forma més clara el concepte de piscina naturalitzada, sobretot en els seus aspectes higiènics sanitaris.

Segons el Reial Decret 742/2013, extret del BOE del 11 d'octubre de 2013, es defineix piscina com: [2]

1. *Piscina: instal·lació formada per un vas o un conjunt de vasos destinats al bany, a l'ús recreatiu, entrenament esportiu o terapèutic, així com les construccions complementàries i els serveis necessaris per garantir-ne el funcionament. Poden ser descobertes, cobertes o mixtes*

2. *Piscina d'ús públic: les piscines obertes al públic o a un grup definit d'usuaris, no destinades únicament a la família i els convidats del propietari o ocupant, amb independència del pagament d'un preu d'entrada. Poden ser:*

a) *Tipus 1. Piscines on l'activitat relacionada amb l'aigua és l'objectiu principal, com en el cas de piscines públiques, d'oci, parcs aquàtics o spas.*

b) *Tipus 2. Piscines que actuen com a servei suplementari a l'objectiu principal, com en el cas de piscines d'hotels, allotjaments turístics, càmping o terapèutiques en centres sanitaris, entre d'altres.*

3. *Piscines d'ús privat: les piscines destinades únicament a la família i els convidats del propietari, o l'ocupant, incloent-hi l'ús relacionat amb el lloguer de cases per a ús familiar.*

a) *Tipus 3A: piscines de comunitats de propietaris, cases rurals o d'agroturisme, col·legis majors o similars.*

b) *Tipus 3B: piscines unifamiliars.*

4. *Piscina natural: aquella en què l'aigua d'alimentació del vas és aigua costanera o continental, està ubicada al costat del seu medi natural, i la renovació de l'aigua està associada al moviment natural de mares o cursos de rius i està dins de l'àmbit d'aplicació del Reial decret 1341/2007, d'11 d'octubre, sobre la gestió de la qualitat de les aigües de bany.*

La falta de legislació respecte a les piscines naturalitzades no és una problemàtica només present a Espanya, sinó que també en d'altres països europeus, essent desenvolupada en forma de normativa o recomanacions, per Àustria (OENORM), Alemanya (FLL) o França (AFFSET).

En general es pot definir piscina naturalitzada com: "Instal·lació formada per un vas o un conjunt de vasos destinats al bany, ús recreatiu, entrenament esportiu o terapèutic, així com les construccions complementàries i serveis necessaris per garantir el seu funcionament, en les que es creen de forma artificial i per mètodes biològics un aigua de qualitat higiènic-sanitària similar a les aigües naturals, que són aptes pel bany".[3]

3.2.2. Definició etimològica

Les piscines naturalitzades, són piscines que empren sistemes de depuració naturals en comptes de químics (clor, brom, sals,...) o físics (UV), imitant el cicle natural de depuració i filtració d'aigua mitjançant filtres naturals (terres amb diferent granulometria) i diverses plantes aquàtiques.[4]

Les piscines naturalitzades són una combinació de piscines i estancs. A diferència de les piscines convencionals, aquestes intenten harmonitzar-se amb l'entorn natural que l'envolta, adaptant-se al paisatge circumdant. Aquesta depura l'aigua biològicament sense emprar productes químics agressius per a la pell i que poden arribar a provocar al·lèrgies. Aquesta depuració natural per part de les plantes, ajuda a oxigenar i eliminar nutrients de l'aigua, per tal d'evitar la propagació d'algues i d'altres microorganismes no desitjats.

No és un medi estèril, ja que hi ha bacteries que es troben en equilibri ecològic.

A diferència dels estanys naturals on s'hi pugui practicar el bany, la piscina naturalitzada separa la zona de bany de la zona de regeneració, tot i que poden estar en el mateix vas. La mida de la zona de bany dependrà de les característiques desitjades per l'usuari i partir d'aquestes i de l'ús que se'n faci es calcularan les dimensions òptimes pel vas de regeneració.

Pel que fa a la planificació i execució d'aquests projectes, es tracta de conèixer la relació natural entre l'aigua i la flora i la fauna per tal de respectar-lo al màxim. Pel correcte funcionament s'ha de tindre en compte la combinació ideal de cada element.

3.3. Principis de funcionament

Aquests tipus de piscines vol recrear a petita escala la depuració natural que es produeix en llacs, aiguamolls o riberes de rius. La zona de plantes crea un jardí aquàtic que s'encarrega de depurar l'aigua de la mateixa forma que a la natura.

El sistema està compost d'una zona de bany, la qual pot incloure una àrea d'esbarjo de poca fondària i dues zones de filtració biològica. Mitjançant l'acció conjunta de graves i plantes aquàtiques, l'aigua es manté neta i cristal·lina tot l'any.

La zona de filtració de graves és un sistema viu, això es deu a la reproducció a petita escala de la biologia aquàtica: les bacteries transformen la matèria orgànica de fulles, pol·len o petits animals que arriben a l'aigua, en elements nutritius assimilables per les plantes, contribuint així a la depuració i reciclatge de l'aigua. L'equilibri biològic entre

organismes vius presents a l'aigua ofereix una aigua saludable sense riscos sanitaris per l'entorn i els usuaris.

No es tracta d'un equilibri fixe, aquest es desplaça contínuament al llarg del temps, i varia segons factors externs, com el clima (temperatura, hores d'insolació i pluja). Aquests desplacen l'equilibri, variant paràmetres com el pH o fins i tot l'aspecte estètic del sistema, passant per tots els paràmetres que determinen els valors de qualitat de l'aigua,

No obstant, si es fa una bona tria de substrats i de les plantes adequades es pot assolir un equilibri tal, que redueix al mínim acceptable estèticament la formació i reproducció d'algues i d'esgraons superiors de la cadena tròfica com insectes, amfibis entre d'altres.[5]

3.4. Paràmetres de qualitat de l'aigua d'una piscina

A Espanya els criteris de qualitat d'una piscina convencional els estableix el Reial Decret 742/2013, es poden prendre aquests valors com a referència per la qualitat de l'aigua. Aquests paràmetres són d'estricta compliment per piscines públiques o comunitàries i els controls s'han de realitzar després de períodes perllongats d'inactivitat (més de dos setmanes) i un cop al mes. Tot i que s'ha de tenir en compte que no hi ha normativa de qualitat de l'aigua per piscines privades unifamiliars.[2]

- Paràmetres físico-químics:
 - pH òptim entre 7,2 i 8,0
 - pH límit entre 6,0 i 9,0
 - Transparència: Criteri de visibilitat del desaigua del fons. Enterboliment inferior a 5 UNF (Unitats Nefelomètriques de Terbolesa)
 - Potencial REDOX entre 250 i 900mV
- Paràmetres microbiològics:
 - "*Escherichia coli*" 0 UFC (Unitats Formadores de Colònies)
 - "*Pseudomonas aeruginosa*" 0 UFC
 - "Legionella sp" < 100 UFC

4. Tipus de piscines naturalitzades

Segons el grau d'artificialització es divideixen en quatre tipus (creada per l'Associació de Constructores de Piscines Biològiques Austríaca (VÖS))[6], encara que també existeixen classificacions segons la seva construcció i ubicació del vas de regeneració.[7]

4.1. Classificació VÖS (Associació de Constructores de Piscines Biològiques)

4.1.1. Tipus 1: Biotip

En aquest tipus de construcció senzilla s'utilitzen 2/3 de la superfície de l'aigua per la zona de regeneració o plantes. Com a tret principal cal destacar la frondosa plantació de nenúfars i plantes depuratives aquàtiques i subaquàtiques. No s'empra ningun tipus de tècnica, l'equilibri biològic és el que regula la qualitat de l'aigua (Fig. 4.1).

Utilitza un filtre biològic de flux vertical integrat al vas de bany, aquest filtre alberga també les plantes, és a dir, també és la zona de regeneració. La recirculació de l'aigua es produeix de manera natural per l'escalfament de la superfície de l'aigua que la fa circular a través del filtre de grava.

La visibilitat varia segons l'època de l'any. Ja que s'acumula sedimentació al fons, aquests tipus de piscines solen tindre una profunditat superior als 2 metres, per tal d'evitar l'enterboliment de l'aigua degut al propi bany dels usuaris. Durant la primavera l'aigua està més temps enterbolida degut a la formació d'algues. Aquests tipus de piscines necessiten ser netejades un o dos cops l'any per tal de retirar biomassa sobrant i rentar el fons per eliminar restes de les plantes.

En definitiva és un sistema que s'estabilitza biològicament en pocs anys, però que requereix molt poca feina en el moment del projecte i un nul consum energètic.

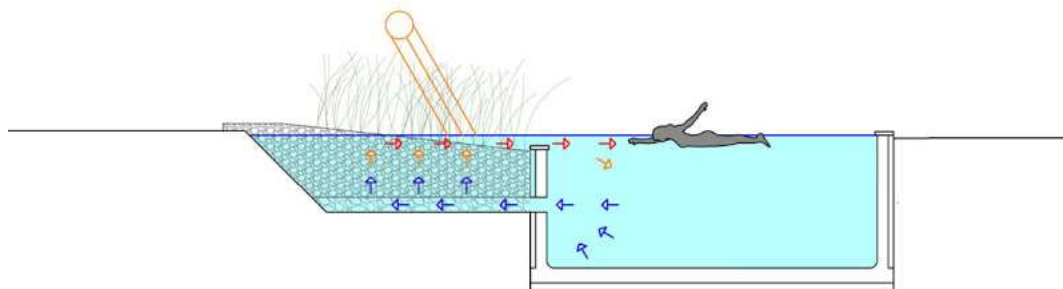


Fig. 4.1 Il·lustració funcionament Biotip [8]

4.1.2. Tipus 2: Piscina ecològica amb recirculació mecànica

Igual que en el tipus anterior s'utilitzen 2/3 de la superfície de l'aigua per la zona de regeneració i s'utilitza una gran frondositat de plantes. Però amb la diferència que utilitza una petita bomba per tal de recircular l'aigua (Fig 4.2), això fa que no necessiti tanta superfície i té els mateixos punts positius que l'anterior.

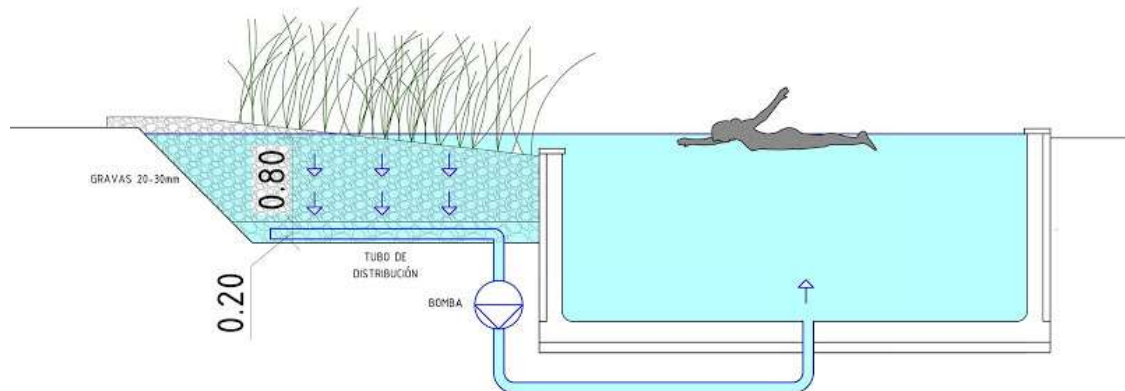


Fig 4.2 Il·lustració funcionament Piscina natural amb recirculació mecànica [8]

4.1.3. Tipus 3: Piscina ecològica parcialment automatitzada

Aquest és el tipus més comú de piscines naturalitzades. Aproximadament un terç de la superfície total és de plantes. Aquest tipus té, almenys, un skimmer flotant i, mínim, una bomba potent que genera una corrent d'aigua a la superfície. El skimmer es la part visible de l'equip de filtració, són les obertures amb porta antirretorn al voral de la piscina. La bomba funciona de 6 a 12 hores i gracies al skimmer la recollida de fulles i restes vegetals és molt més àgil. A més amb un petit sistema de filtratge es pot retirar la matèria orgànica sobrant que cau a la piscina fent el sistema encara més eficient d'una forma automatitzada (Fig. 4.3).

La superfície de l'aigua està neta i la sedimentació és molt escassa ja que gaire bé no es genera biomassa al fons. En aquest tipus de construccions s'usen amb freqüència murs verticals per separar la zona de plantes de la de bany. No sol tindre una profunditat gaire gran. I permet l'ús d'un robot neteja fons especial per piscines naturals.

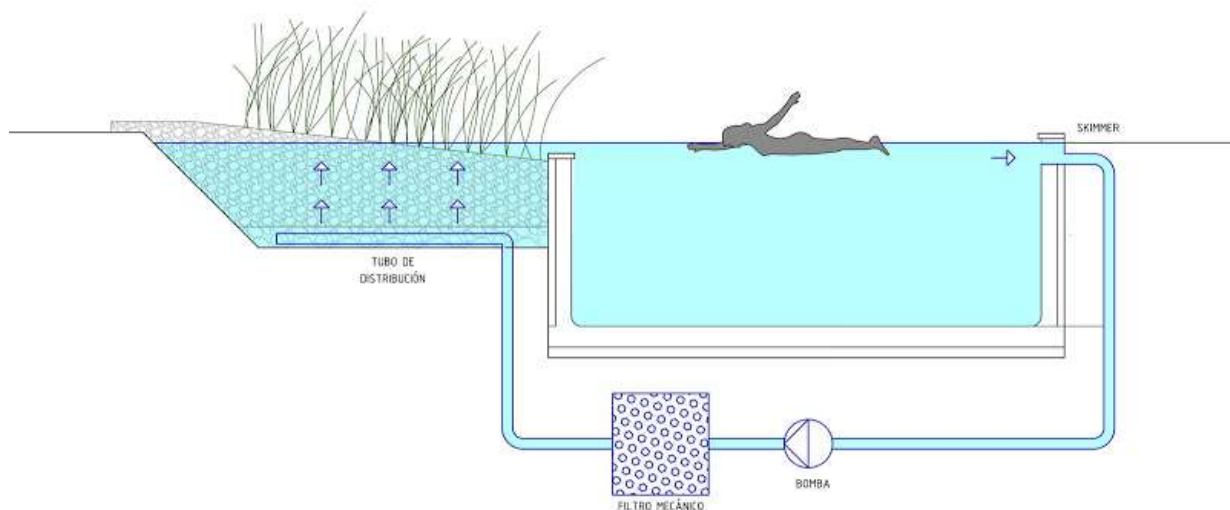


Fig. 4.3 Il·lustració funcionament Piscina natural parcialment automatitzada[8]

4.1.4. Tipus 4: Piscina natural automatitzada

La zona de regeneració en aquest tipus és inferior a un terç del total de la superfície d'aigua. Les plantes pràcticament tenen una funció decorativa. S'empren filtres especials, bombes i skimmer (Fig. 4.4). El sistema es controla amb molta facilitat i no sol presentar problemes amb algues. El preu d'obra és molt més elevat, igualment que el cost de manteniment.

Aquest tipus de piscines és indicat per a zones climàtiques amb gran insolació i altes temperatures en les quals arribar a l'equilibri és més complicat, a més de que són condicions més propícies per la proliferació d'algues.

Per aquests motius es poden implementar una sèrie d'elements per arribar a una piscina amb les condicions perfectes des de l'instant inicial de posada en marxa:

-Filtre sieve o skimmer de tamís corbat: es tracta d'un filtre que retira de forma automàtica matèria orgànica de la piscina.

-Filtre d'algues Scrubber: afavoreix el creixement d'algues de manera que aquestes absorbeixen els nutrients impedit que aquestes proliferin en altres zones de la piscina.

-Llum ultraviolada (UV): elimina les algues unicel·lulars de l'aigua en suspensió garantint que l'aigua sigui completament transparent.

-Filtre de zeolites: elimina els compostos de l'amoníac, font principal de nutrients per les algues.

-Resines per eliminar fosfats: elimina, com bé diu el seu nom, els fosfats, una altre font principal de nutrients per les algues.

No es necessari implementar tots aquests elements pel correcte funcionament de la piscina, és important, en funció del problema que es vulgui prevenir, dotar de la piscina de determinats sistemes per evitar aquests problemes.

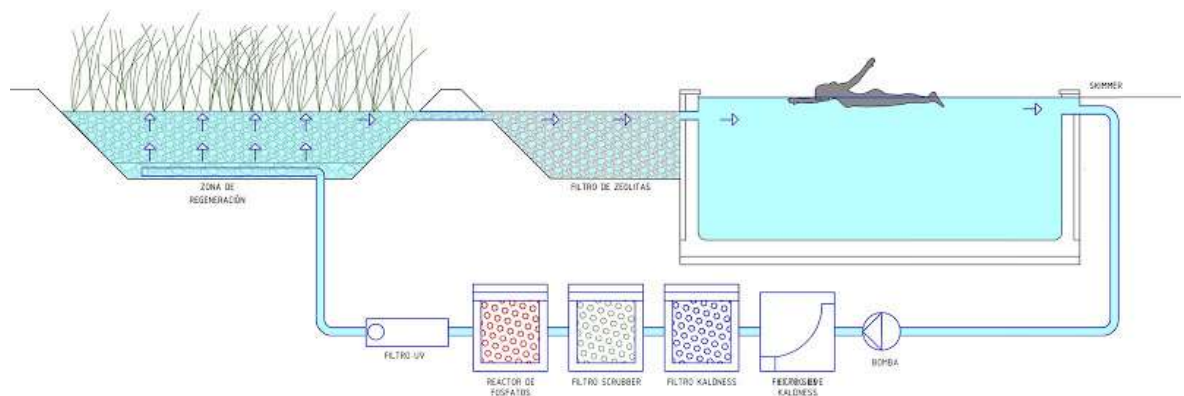


Fig. 4.4 Il·lustració funcionament Piscina natural automatitzada [8]

4.2. Classificació segons construcció

En aquest apartat es diferenciaren els tipus de piscines segons la ubicació del vas de regeneració. [7]

4.2.1. Regeneració en un sol vas

Aquest és el sistema més difós. La zona de bany i la de regeneració comparteixen vas. Aquest model sol incloure un sistema de filtratge natural, juntament amb un sobreexidor per establir el nivell d'aigua. Degut a terme gràcies a zones de poca fondària on s'hi col·loquen les plantes (Fig. 4.5).

Enllaçant amb els punts anterior seria l'indicat per als biotips.



Fig. 4.5 Regeneració en un sol vas [9]

4.2.2. Regeneració parcialment separada

En aquest sistema optimitzat, la zona de regeneració incorporada al vas principal, se li afegeix una altra zona de regeneració de construcció separada. La capacitat filtrant d'aquesta zona es suma a la de la incorporada al vas principal de manera que es millora la puresa de l'aigua. Un sobreexidor manté estable el nivell d'aigua a la piscina durant el procés de recirculació de l'aigua.

Aquest mètode de construcció incrementa la capacitat de la zona de natació (major nombre de persones) i és molt econòmic en termes de consum d'aigua. Però es requereix una superfície mes gran de terreny per a aquest sistema (Fig. 4.6).

En referència als punts anteriors seria el tipus indicat per a piscines amb recirculació mecànica i parcialment automatitzades.



Fig. 4.6 Regeneració parcialment separada [9]

4.2.3. Regeneració separada

La depuració es realitza en un vas de regeneració independent, comunicat amb el vas de bany mitjançant canonades enterrades. La quantitat d'espai necessari en vasos de natació de gran superfície es relativament gran a la seva vegada, però la depuració és excel·lent.

Amb aquest sistema no hi ha necessitat d'ubicar plantes ni graves a la zona de bany, conseqüentment té la mateixa aparença que una piscina convencional. El sistema està especialment recomanat per piscines de gran mida o adaptacions de piscines preexistents a un sistema de depuració natural (Fig. 4.7).

Tenint en compte els punts anteriors aquesta modalitat de piscines s'usaria principalment per a piscines automatitzades o parcialment automatitzades.



Fig. 4.7 Regeneració Separada [9]

4.3. Definició i tipus de filtres biològics

La matèria orgànica en suspensió a l'aigua de la piscina genera amoníac (NH_3), el qual és nutrient per algues però no per plantes superiors, i a més, és tòxic per peixos i persones. Un filtre biològic transforma l'amoníac en nitrat (NO_3^-) oxidant-lo de l'anió nitrat. El nitrat és perfectament assimilable per les plantes que l'absorbeixen i l'eliminen del sistema, de forma que no estigui disponible per les algues.[8]

Aquest procés d'oxidació, el qual s'anomena nitrificació de l'amoniac, el realitzen una sèrie de bacteries beneficioses que viuen al filtre biològic, les *Nitrosomonas* i les *Nitrobacter*, per tal de realitzar aquest procés necessiten les següents condicions:

- Un material porós on assentar-se i crear colònies, com poden ser, kaldnes, graves, zeolites, entre d'altres. Com més porós sigui el material, més superfície d'assentament tindran i per tant, més eficaç serà el filtre.
- Aigua amb amoniac, present ja en aquesta, no se n'afegeix, dissolt circulant a través del filtre.
- Oxigen. Totalment necessari per a aquest procés. Aquest es pot aportar mitjançant l'aeració de l'aigua amb un doll.

Combinant aquests paràmetres s'obtidran els diferents tipus de filtres biològics que es poden utilitzar en piscines naturalitzades:

- **Filtre biològic de graves de flux vertical.** El filtre està format per una sèrie de graves estratificades submergides en el flux d'aigua. Aquestes tenen una granulometria diferent, de major a menor en el sentit de circulació de l'aigua per assegurar un flux constant i uniforme. Convé evitar zones amb excés i sense flux, creant zones on les bacteries no poden realitzar la seva tasca convenientment o fins i tot l'aparició de bacteries anaeròbiques patògenes.

Aquest filtre biològic és el més comú emprat en piscines naturals. Normalment s'usen graves estratificades en dos nivells, 80-100 mm per la distribució de l'aigua i 20-30 mm pel filtrat biològic. Com ja s'ha comentat, és millor usar graves poroses, per tant seran més eficaces graves volcàniques que pedra calissa.

Aquests filtres poden ser també el substrat on creixen plantes, les arrels d'aquestes augmentaran la superfície útil per crear colònies de bacteries i, a més, aportaran part de l'oxigen necessari pel bon funcionament del sistema.

La circulació d'aigua pot ser forçada, mitjançant una bomba, o bé, natural, mitjançant l'escalfament de l'aigua a la superfície de la grava del filtre.

El principal problema que poden presentar aquests filtres, és la saturació del material orgànic i l'aparició de llots (Fig. 4.8).

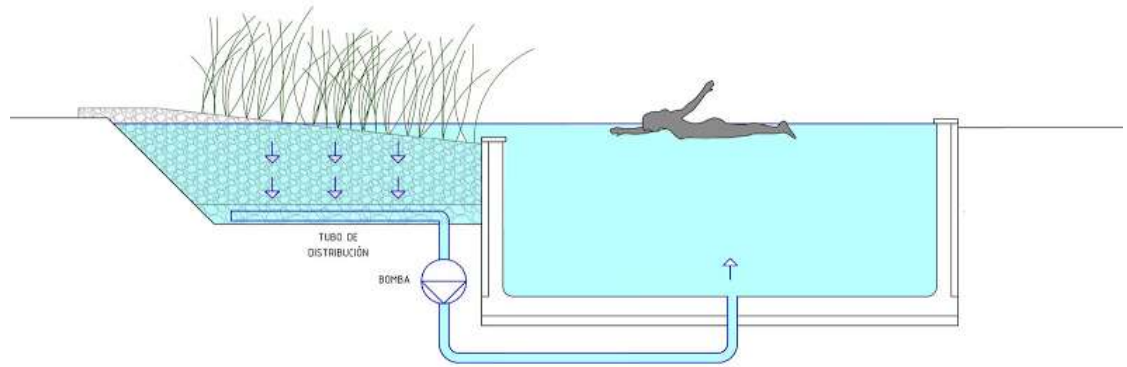


Fig. 4.8 Esquema Filtre biològic de grava de flux vertical [8]

- Filtre biològic percolador.** Aquest tipus consisteix en un llit de grava o d'un altre material que omple el filtre però, no està submergit en l'aigua. Aquesta es ruixa a la part superior del filtre i cau pel material filtrant fins la part inferior on es recull i es bombeja fins a la piscina, estant l'aigua en contacte permanent amb el material (on estan ubicades les colònies de bacteries) i aire (aportació d'oxigen). Es tracta d'un sistema molt més eficaç que l'anterior ja que l'aigua està en contacte amb l'aire a través de tot el procés garantint una perfecta oxigenació (Fig 4.9).

Pel funcionament d'aquest sistema és necessària una bomba que sigui capaç de garantir el ruixat d'aigua amb aspersors per la part superior del filtre biològic.

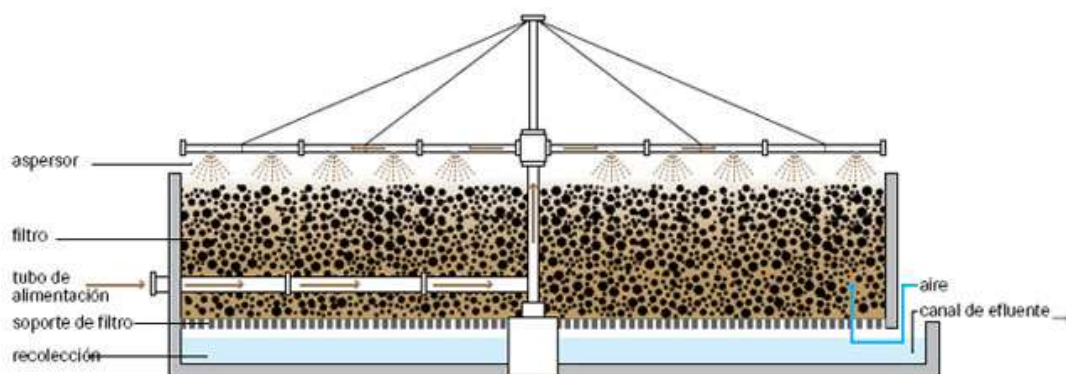


Fig. 4.9 Esquema filtre biològic percolador [8]

- **Filtre biològic de kaldnes.** En aquests cas el filtre està format per un dipòsit ple d'aigua que conté, a més, en menor proporció, una sèrie de peces de plàstic anomenades kaldnes. Aquestes peces estan dissenyades per oferir una gran superfície que pugui ser colonitzada per les bactèries nitrificants. A la part inferior del filtre es situa un airejar que aporta l'oxigen necessari pel correcte desenvolupament del procés de nitrificació (Fig 4.10).

Es tracta d'un sistema molt eficient, ja que l'aportació d'aire provoca que les peces de plàstic xoquin unes amb les altres, destruint la pel·lícula de bactèries mortes de la superfície del kaldnes i facilitant la regeneració. [10]

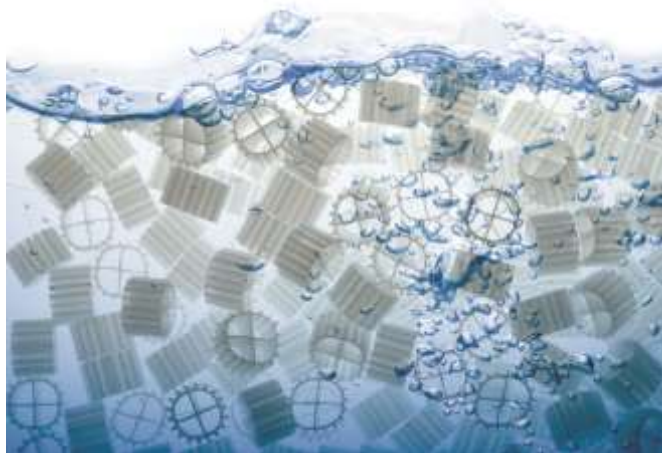


Fig. 4.10 Il·lustració de kaldnes [8]

- **Filtre de zeolites.** Els filtres de zeolites són molt més eficients, no només són un material porós capaç d'albergar colònies, sinó que també ho és de retindre molècules d'amoniac. S'utilitza normalment en filtres de flux vertical, sobretot en fluxos de filtrat lent.

El principal inconvenient d'aquest tipus de filtre és que aquest mineral va perdent progressivament les seves propietats al saturar-se, per tant s'ha de substituir o regenerar. Això és un inconvenient força greu depenent de la mida de la piscina i de la accessibilitat a aquestes graves dins del sistema.

El dimensionat de la superfície del filtre varia segons la mida del vas de bany i la zona climàtica on estigui ubicada.

5. Funcionament d'una piscina naturalitzada

Tal com s'ha pogut veure en l'apartat anterior, es tracta d'una piscina amb aigua depurada mitjançant biofiltració gràcies a l'actuació conjunta de plantes aquàtiques i graves, les quals mantenen l'aigua en una qualitat acceptable per complir la normativa europea de la qualitat d'aigua de bany en un entorn natural. Al tractar-se d'una depuració natural es pot dissenyar d'una forma més sostenible, sense utilitzar productes químics com el clor, ozó, sals o d'altres additius necessaris per a mantenir l'aigua en òptimes condicions de bany. I això també permet mantenir el pH de forma natural per tal de que no sigui abrasiu. [1]

5.1. Zones d'una piscina naturalitzada

A continuació es mostren les diferents zones i components de les piscines naturalitzades per el seu òptim funcionament.[1] [5]

5.1.1. Zona de filtració

Aquesta zona està composta per diverses capes de materials de diferent composició i mides. Cadascuna és dissenyada segons el projecte, les necessitats i dimensions desitjades. Les principals funcions d'aquesta zona són:

- Eliminació de matèria orgànica: duta a terme pels microorganismes que viuen adherits a les diferents plantes.
- Eliminació de nitrogen: absorció directa per les plantes i en menor contribució, per bacteries, gràcies a fenòmens de nitrificació-desinfecció.
- Eliminació de fòsfor: absorció per les plantes, adsorció sobre partícules d'argila i precipitació de fosfats insolubles.
- Eliminació de microorganismes patògens: per filtració i adsorció en partícules d'argila, per altres microorganismes depredadors (bacteries i protozous) , toxicitat per productes derivats de les arrels i per la radiació ultraviolada del Sol.

L'ús de plantes aquàtiques té una gran importància en el funcionament d'ecosistemes aquàtics, contribuint a la mineralització de la matèria orgànica dipositada en l'aigua, a la seva oxigenació i transparència.

En les piscines naturals s'usen plantes pròpies d'aiguamolls. N'hi ha de flotants que contribueixen amb una gran producció d'oxigen i ajuden a mantenir a les bacteries

nitrificants que s'encarreguen de produir nitrats a partir de matèria orgànica, essencials per les plantes. Les amfíbies són les més importants pel procés de depuració, gràcies a que tenen les seves arrels enfonsades al sòl de llac de depuració, i les seves tiges i fulles, al estar fora de l'aigua desenvolupen les funcions pròpies dels vegetals (fotosíntesis, flotació, fructificació i desaminació, entre d'altres) en contacte amb l'aire atmosfèric.

La forma habitual de plantació és d'unes cinc plantes per metre quadrat, més densitat de plantes pot portar a una falta de nutrients i per tant, problemes greus pel nostre sistema. També és recomanable escollir bé les espècies segons el seu creixement, flotació, entre d'altres característiques com podrien ser plantes aromàtiques o segons la seva estètica. A més, s'ha de tindre en compte no usar plantes invasores per tindre cura del medi ambient, sobre tot, per perjudicar les plantes autòctones.

En el biofiltre es desenvolupa fitoplàncton i zooplàncton, el qual s'encarrega de digerir fulles, pol·len i matèria orgànica en general, i transformar-la en nutrients (N-P-K) per les plantes. L'oxigen necessari per a aquests organismes per tal d'oxidar la matèria orgànica, és subministrat principalment per les pròpies plantes, produït per fotosíntesis. Aquesta transferència d'oxigen també afavoreix el creixement de les bactèries nitrificants.

El sistema és aeròbic i per tant, sense riscos sanitaris pels usuaris, té l'avantatge de ser natural, integrat al paisatge, elimina la matèria orgànica, els elements eutrofizants i els microorganismes patògens que no es podran desenvolupar degut a la falta de nutrients a l'aigua, així passarà també l'aparició d'algues o altres espècies fent l'aigua cristal·lina.

5.1.2. Oxigenació

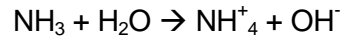
L'oxigenació és molt important en aquest tipus de piscines ja que un dèficit o un excés d'oxigen dissolt en l'aigua pot ser perjudicial per a l'ecosistema, afectant a tant plantes com a microorganismes.

Sobretot l'oxidació anaeròbia de l'amoníac, procés pel qual es descomposa en altres de menor toxicitat com els nitrits i nitrats, mitjançant processos biològics, servint d'adob i nutrients per les plantes.

Formació de l'amoníac

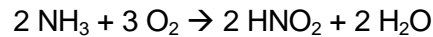
La majoria de materials de rebuig que es produeix en un estany contenen amoníac, com són els excrements dels microorganismes o fulles en descomposició.

L'amoníac és la primera substància que es forma durant el cicle del nitrogen, i la més perjudicial de totes. Per tant, és la que s'haurà de descomposar primerament.



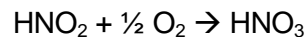
Oxidació d'amoníac a nitrit

La presència d'amoníac en l'aigua fa prosperar bacteries del gènere Nitrosomas o Nitrosococs, les quals s'encarreguen de convertir l'amoníac en nitrits. Per a dur a terme aquest procés es necessita oxigen, oxidant l'amoníac per obtenir àcid nítrós, però a l'aigua es troba parcialment dissociat en forma de nitrits.



Oxidació de nitrit a nitrat

L'aparició dels nitrits donarà lloc a l'aparició de bacteries del gènere Nitrobàcter o Nitrospira, que gràcies a l'oxigen convertiran nitrits en nitrats.



Al biofiltre es desenvolupa fitoplàncton i zooplàncton que digereixen les fulles, pol·len, escames de la pell i matèria orgànica en general, transformant-lo en nutrients (N-P-K) per les plantes.

En la mesura que aquest biotip natural sigui suficient no hi haurà prou nutrients a l'aigua per tal que es desenvolupin algues o altres espècies oferint un aigua de bany cristal·lina.

5.1.3. Zona de regeneració

Un cop aconseguit obtenir nitrit de l'amoníac, aquest s'ha d'absorbir i retirar de l'aigua, tasca realitzada per les plantes en la zona de regeneració.

La poda de les plantes i retirada de les restes de les mateixes és clau per al correcte funcionament de la piscina natural. Si no es duu a terme aquesta tasca es generarà més nitrogen, augmentant els nutrients per les plantes fent que alhora aquestes augmentin el seu nombre, entrant en una espiral de generació de biomassa fins l'aparició d'algues i de bacteries patògenes.

La zona de regeneració pot estar integrada al filtre biològic, en els tipus que aquest sigui de flux vertical o percolador, també pot estar separada o integrada dins del vas de bany, existeixen infinitat de possibilitats depenent del tipus de filtre que s'empri, de la aparença estètica que es vulgui per la piscina o del nivell de tecnificació que s'instal·li.

En una piscina on hi ha cloració no existeix vida, ja que els nivells de biocida existent a l'aigua són suficients per eliminar els éssers vius que en ella podrien existir (bacteries,

larves, algues, entre d'altres) és una aigua que mai podríem fer servir per fer proliferar plantes, ni animals. Als éssers humans, com a éssers vius que són, també els hi pot afectar aquests nivells de biocida de forma perjudicial. L'aigua química tractada està neta perquè és una aigua, inerta, morta.

5.2. Manteniment

L'objectiu bàsic de les mesures de manteniment és procurar que el contingut de substàncies nutritives sigui l'adequat per tal d'afavorir els processos de degradació i evitar alhora el desenvolupament d'algues. [1] [12]

5.2.1. Consideracions prèvies

Donat el fet que les piscines naturalitzades empen aigua natural, sense productes químics, no es pot evitar l'aparició d'algues (biofilm), que a més, seran les primeres en aparèixer en el vas. Aquestes faran que l'aigua s'enterboleixi, però de grau diferent segons la qualitat i quantitat d'aigua utilitzada (per tant, es recomana fer un estudi previ a l'ompliment amb les característiques organolèptiques, físico-químiques i microbiològiques), la càrrega de nutrients o el clima. El biofiltre s'encarregarà de disminuir la quantitat de nutrients, entre d'altres, afavorint la eliminació de les algues i fent que aquestes no es puguin reproduir.

L'aigua es capta constantment de la zona de bany gràcies als skimmers conduïda a la zona de filtratge i un cop neta torna al vas. En 24 hores es pot filtrar tota l'aigua de la piscina de dues a tres vegades.

El manteniment dependrà de l'època de l'any, a l'hivern és pràcticament nul, a la primavera i tardor serà més intens i cap a l'estiu, un cop a la setmana de mitjana. És molt aconsellable usar un robot neteja fons i limitar l'entrada de matèria orgànica per un funcionament acurat del biofiltre.

Durant la tardor el manteniment consistirà en retirar l'excés de fulles, per tal de mantenir actius els processos de degradació que continuen realitzant-se a l'hivern també, però no rebrà aportació en forma de matèria orgànica.

El manteniment durant la primavera consistirà en retirar l'excés de depòsits creats durant la temporada hivernal. L'aigua bruta aspirada durant els processos de manteniment no s'hauria de tornar a introduir a la zona de bany. També és convenient netejar les parets per eliminar la brutícia que s'hi acumula, aquest procés es pot minimitzar posant parets i superfícies fàcils de netejar.

Gràcies a una neteja preventiva i a l'extracció de matèria orgànica, així com la posada en marxa del sistema de filtratge a la primavera, es podran evitar les màximes concentracions de substàncies nutritives de l'any i s'activarà a temps la microbiologia. El manteniment i neteja són les eina del sistema per impedir la eutrofització del mateix.

Les plantes aquàtiques no requereixen massa manteniment, s'han de podar per tal que torni a rebrotar pel seu òptim funcionament. Cal evitar l'adob i altres productes químics ja que pot incorporar components que desestabilitzin el sistema i reduint la seva capacitat depuradora.

El biofiltre haurà de ser renovat o canviat cada cert temps, es poden prendre com a referència uns 20 anys, mitjançant l'extracció de les graves i la seva neteja o la substitució d'algunes d'aquestes, segons, és clar, les característiques del sistema.

5.2.2. Guia de manteniment

A més de la neteja de l'aigua s'ha de realitzar una inspecció dels equips i de les plantes, algunes d'aquestes s'hauran de reemplaçar durant la primavera. Seguidament es descriuen les diferents tasques a realitzar.

Control a l'inici de temporada de bany:

- Revisió de l'equip de bombeig: arqueta de la bomba, funcionament dels manòmetres, comprovació del temps de bombeig, ajust del cabal filtrat.
- Control del biofiltre: revisió i neteja del skimmer, revisió del desaigua, superfície del biofiltre i boral del llac, reposició de l'aigua si és necessari.
- Neteja del vas, tenint especial cura de retirar l'excés de biofilm si és necessari.
- Poda de plantes, retirada de restes i replantació.

Control setmanal durant l'època de bany

- Revisió i neteja del skimmer i revisió del biofiltre.
- Nivell d'aigua i reompliment, en cas que sigui necessari.
- Retirada del biofilm si és necessari.

5.2.3. Neteja

Es poden diferenciar dos tipus d'equips diferents per netejar, tot i que no és necessari disposar dels dos per un òptim funcionament poden ser complementaris en ús. [1]

- Robot neteja fons: Equip indicat per la realització de la neteja diària a l'època d'ús continuat pel seu fàcil maneig i mínim manteniment. És convenient revisar-lo un cop per setmana per tal de netejar-lo si fos necessari.
- Aspirador de llots-netejafons: Equip especialment indicat per la neteja de les zones de plantació i filtració. L'aigua aspirada amb aquest equip ha de ser usada per reg o evacuada. Especialment recomanat per la neteja primaveral.

5.3. Extracció de l'aigua del vas

Es tracta de extreure l'aigua del vas i conduir-la fins a la zona de regeneració, fent un procés de recirculació que asseguri que no s'estanqui l'aigua en ninguna zona de la piscina i es renovi tot el volum d'aquesta, amb les impureses que porta.

Com que tota la brutícia que pot estar present a la piscina té densitats diferents, s'hauran d'extreure d'una forma diferent ja que estaran distribuïts per tot el volum d'aigua.

5.3.1. Extracció i neteja de la superfície exterior de l'aigua

Existeixen dos solucions diferents per extreure l'aigua de la piscina, recomanades segons la mida d'aquestes. [12]

5.3.1.1. Sistema Skimmer

S'usa fins a superfícies de 200m², és un aparell connectat a una bomba d'aspiració, que extreu l'aigua de la superfície i la condueix a la instal·lació depuradora, introduint-la de nou a la piscina, per uns orificis situats a la paret oposada, preferentment.

Es compon de dos cossos, una peça quadrangular amb una obertura en contacte amb l'aigua, dotada d'una comporta antiretorn, i un altre cilíndric interior amb un filtre per captar fulles, insectes, entre d'altres, que floten a la superfície (Fig. 5.1).

El nombre de Skimmer que s'han d'instal·lar depèn de la mida de la piscina, però és obligatori un mínim de un per cada 25m² de lamina d'aigua.

Existeix també un altre tipus de Skimmer, el de tamís corbat. La mida de la malla del tamís és de 0,3mm. El principal avantatge d'aquest enginy és que les impureses més lleugeres i les algues queden al tamís fent que els nutrients que contenen siguin eliminats abans d'entrar en contacte amb l'aigua. La criba s'autoneteja, ja que les impureses s'aclareixen al fons. El flux d'aigua és regulat gracies a un calibre flotant que permet sempre passar la quantitat exacte d'aigua a fluir pel tamís.

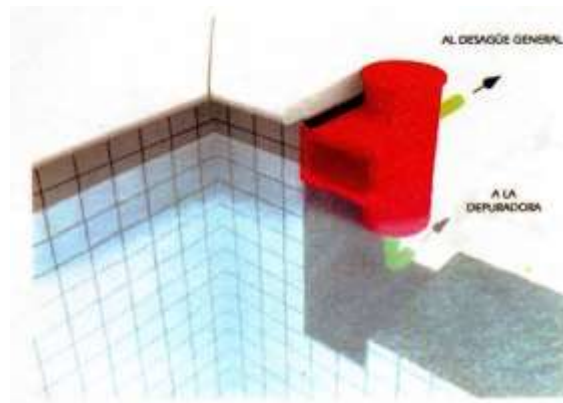


Fig. 5.1 Esquema d'un skimmer [12]

5.3.1.2. Sistema de sobreiximent

S'empra per superfícies superiors a 200m², consisteix en un canal perimetral continu, amb un pendent adequat perquè quan s'hi introdueixi l'aigua, vagi fins als desaigües, i a la instal·lació depuradora.

Posteriorment, l'aigua tractada s'introdueix des de les zones profundes del vas, cosa que facilita la recirculació.

Aquest sistema permet extreure les impureses de la superfície, manté el nivell de l'aigua al màxim previst i facilita que els banyistes s'hi puguin agafar.

Les dimensions dels sobreixidors estaran en funció del volum de l'aigua i de l'onatge i el desplaçament de l'aigua que produeixin els usuaris.

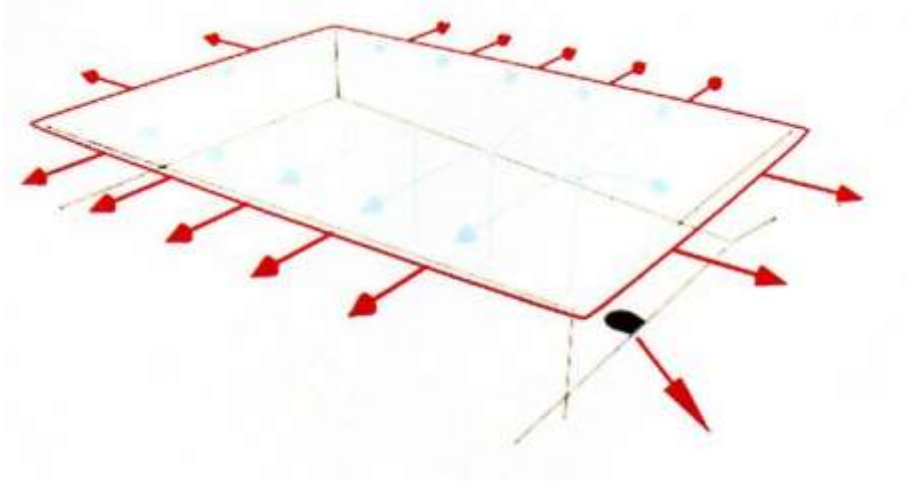


Fig. 5.2 Esquema de funcionament de sobreiximent [12]

5.4. Principals problemes d'una piscina naturalitzada

5.4.1. Eutrofització

L'acumulació de matèria orgànica a les piscines ajuda a la proliferació d'algues que creixen i moren el que genera més matèria orgànica i nutrients en una espiral de generació de biomassa, és el que es coneix com eutrofització. [8]

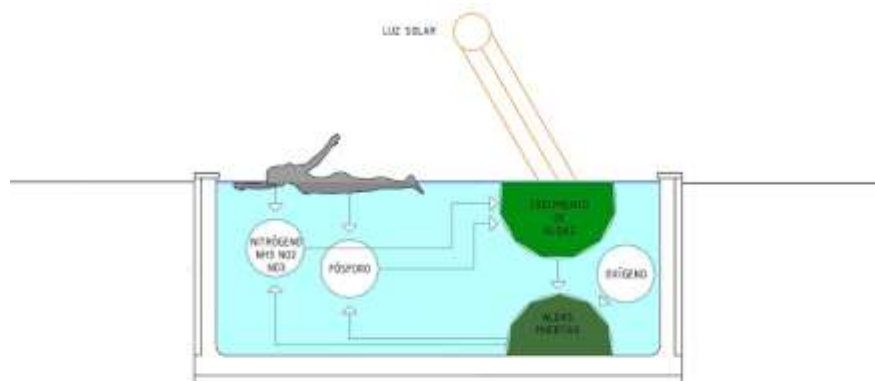


Fig. 5.3 Esquema eutrofització [8]

Un cop s'arriba a aquest punt de proliferació d'algues unicel·lulars fa que es perdi el primer paràmetre de qualitat, la transparència de l'aigua. No obstant, és un paràmetre que no

afecta a la salut humana, en principi es pot renunciar a ell. Però la eutrofització continua fins que la quantitat de matèria orgànica que hi ha a la piscina és tal que apareixen organismes patògens (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aureoginosa* y *Legionella spp*) que són perjudicials per la salut i són, per tant, el veritable problema. Aquests organismes apareixen en condicions d'absència de llum solar i acumulació de matèria orgànica en descomposició que generen situacions anaeròbiques.

Per arribar a la qualitat desitjada de l'aigua en una piscina natural, el que s'ha de tindre en compte es tallar la espiral de generació de biomassa i per tant, eliminar tots aquests problemes aconseguint, en la majoria de casos, que la qualitat de l'aigua es mantingui en els paràmetres ja esmentats. A fi d'aconseguir això, cal retirar la matèria orgànica del sistema, impedit així que les algues s'alimentin d'ella. Les plantes aquàtiques són les úniques que són capaces de realitzar aquesta funció.

S'ha de tindre en compte que existeixen diferents tipus d'algues que són molt eficaces alhora d'absorbir els diferents nutrients de l'aigua, fent-ho només apareixen, per tant s'ha de facilitar que aquesta tasca la realitzin les plantes, per aconseguir això s'usarà un filtre biològic. [8]

6. Construcció de piscines naturalitzades d'ús privat

S'entén per piscines privades o d'ús particular, aquelles de qui la titularitat s'orienta a una persona física o jurídica a títol individual. [2] [12]

Fonamentalment es refereix a les destinades a l'ús per habitatges unifamiliars, encara que pot donar-se el cas d'alguna altre possibilitat, des del punt de vista jurídic.

6.1. Criteris generals de disseny

Per tal de concretar el disseny i la construcció de la piscina privada es convenient raonar les necessitats i possibilitats de l'usuari.

La definició, clara i concreta d'aquestes característiques permet acotar un primer conjunt de possibilitats que predeterminaran la solució final. També orientarà pel que fa a les dimensions i fondària, segons les necessitats dels usuaris. I obligarà a tornar a donar unes mesures de seguretat més o menys estrictes, per garantir la tranquil·litat i el gaudi sense preocupacions. A partir d'aquestes condicions ja es pot definir un primer esbós de la piscina.

L'espai disponible per la seva construcció, amb el ús previst i el nombre i tipus d'usuaris habituals influiran de manera important en la mida i forma de la piscina.

Si es vol practicar la natació, s'ha de preveure una longitud mínima a la superfície de l'aigua, que permeti executar adequadament l'exercici sense interrupcions (aproximadament 10 metres).

Per a un ús versàtil de la piscina es convenient dotar-la d'un fons variable, que oscil·li entre 0,5 metres, per als nens petits i 2,10 metres al fons màxim per posar-hi un petit trampolí, o llançar-se des del marge. Tenint en compte, que no s'han de construir fons amb un pendent excessiu.

En funció de la mida de la piscina i de l'espai lliure existent per la seva construcció, es disposa de més o menys llibertat per al disseny d'aquestes.

Com plantejament bàsic, es poden establir les següents recomanacions complementaries:

- Espai per la ubicació d'una dutxa.
- Proximitat d'un lavabo.
- Espai per la ubicació de balles de seguretat, que impedeixin l'accés no controlat de nens a la superfície d'aigua.
- Espai diversificat (Sol i ombra) per les proximitats d'aquesta.
- Espai per la instal·lació de depuració i climatització de l'aigua.
- Espai per l'accés a la superfície de l'aigua i per l'estància de les seves proximitats.

Seguidament s'estableixen unes pautes bàsiques per a una piscina, de característiques mitjanes, tant pel que fa a ubicació com a la mida i pressupost:

- Bona disposició d'irradiació solar.
- Facilitat per l'excavació o per la construcció sobre el terreny existent, amb bon accés pels subministraments.
- Fàcil accés a les instal·lacions de sanejament i de manteniment.
- Allunyament adequat d'arbres o arbustos que puguin aportar més matèria orgànica a l'aigua.
- Protecció d'exposició a vents excessius.
- Facilitat d'accés a les feines de manteniment.
- Terrenys compactes i estables, però no rocosos, per evitar despeses innecessàries a l'excavació, en el cas que sigui necessària.

Tenint en compte aquests factors s'obtidria una orientació bastant definida, respecte a la piscina que es vol construir, però el camp de possibilitats encara és molt ampli, si es té en compte l'estil que es vulgui donar a l'aspecte final, perquè això influirà en els materials, els mètodes de construcció i el cost total del conjunt de les instal·lacions i elements que componen una piscina.

Es poden establir més pautes, que serveixin de guió, per acabar de definir el projecte:

-El disseny del propi habitatge unifamiliar pot ser un condicionant important, si la ubicació de la piscina és propera a l'habitatge.

-L'entorn general, des d'un punt de vista urbanístic pot influir a la decisió, ja que aquest pot ser molt variat, des de parcel·les i localitzacions urbanes fins a llocs vinculats amb la natura, com pot ser el mar, la muntanya, o el món rural i agrícola.

-Per últim, no ens hem d'oblidar dels aspectes purament estètics, que van des de la funcionalitat més estricta fins al caprici visual i contemplatiu, que considera la piscina com un element compositiu fonamental del disseny global de la llar. [12]

6.2. Tipus de vasos de piscines privades

Com que no existeix una normativa específica de disseny, per als casos de piscines privades, s'estableix una primera classificació i síntesis, en funció de la forma i el mètode de construcció utilitzat, que es pot resumir a les taules:

Taula 6.1. Formes rectilínies o corbes predefinides [12]

Construcció "in situ"	Formigó
	Totxo
	Blocs de formigó
Construcció prefabricada	Polièster
Desmuntables PVC	
Construcció modular	Acer
	Alumini
	Polièster

Taula 6.2 Formes lliures [12]

Construcció "in situ"	Formigó
	Totxo
	Bloc de formigó

6.3. Sistemes per a la construcció del vas

Sigui quin sigui el sistema utilitzat, és necessari que complexi unes característiques bàsiques pel que fa a resistència, estabilitat i estanquitat.

Ha de resistir esforços externs que fa el terreny, quan està enterrada en el mateix i si es troba buida d'aigua.

Ha de resistir els esforços interns de l'aigua, quan està plena i sense tenir en compte l'ajut del terreny, en el cas que n'hi hagi.

Ha de ser capaç d'assegurar la estanquitat, evitant fugues d'aigua que posin en perill l'estabilitat del conjunt, com a conseqüència del constant deterior del mateix. [8] [12]

6.3.1. Parets i fons del vas

El sistemes de construcció més utilitzats són els següents:

- Formigó armat.
- Formigó gunitat.
- Prefabricats de polièster.
- Modulars: xapes d'acer galvanitzats, xapes d'acer inoxidable, i panells de materials sintètics.
- Sistemes mixtos.
- Formigó i panells modulars.
- Altres: blocs de totxo o de formigó, panells de fusta.

6.3.1.1. Formigó armat

Es pot realitzar mitjançant la execució de murs encofrats a una cara o dos cares, encara que és més recomanable d'utilització de dos cares, perquè es garanteix la protecció de l'armadura d'acer de la cara exterior i els encofrats són més segurs.

És necessari cuidar especialment les juntes de treball i les juntes de dilatació, incorporant juntes de PVC o de neoprè als punts conflictius i dissenyant de forma adequada els trobaments entre els diferents tipus de formigó.

La consistència del formigó serà plàstica, per afavorir la estanquitat, encara que també es poden incorporar additius per millorar-la. Pel que fa a la dosificació i armadura es farà tal com diu la instrucció vigent sobre formigó.

S'han de deixar previstos els trepants necessaris per les instal·lacions de depuració, il·luminació, desaigua, etc.

En funció del sistema de coronació i boral elegit, del mètode de recirculació i depuració de l'aigua, de la fondària del vas i de l'ús de la piscina, s'obtidran diferents dissenys del mur i del seus punts singulars. Al ser un material molt modelable, sempre es trobaran solucions adequades per totes les variants.

6.3.1.2. Formigó gunitat

Es denomina així a un formigó projectat contra un suport, mitjançant un tub d'impulsió amb un flux d'aire comprimit, que arriba fins a una llançadora manejada manualment per un operari.

El formigó així projectat es compacta per la força de l'impacte, el que col·labora a l'estanquitat futura del vas així construït. El sistema d'aplicació és per capes i, normalment, es realitza per el mètode que es denomina de mescla en sec. L'aigua s'incorpora en l'últim tram del tub que maneja un operari, la llançadora.

Normalment s'aporta un additiu accelerador del procés de farga i es necessita un període de curat del formigó que duri, almenys, deu dies, mantenint la humitat de la superfície exterior. L'espessor mínima serà de 10 cm.

Aquest sistema és molt utilitzat actualment, perquè és ràpid d'execució i per la seva versatilitat per realitzar formes lliures, difícils de fer amb el formigó tradicional per l'encariment dels encofrats.

6.3.1.3. Prefabricats de polièster

Aquest sistema, conegut popularment com piscines de plàstic, està molt difós al mercat de les piscines d'ús privat, tan pel seu cost com per la seva facilitat i velocitat de muntatge.

Es realitzaran mitjançant un motllo previ, executat amb un material d'elevada duresa i resistència, a més de un acabat perfectament llis, ja que serà el negatiu definitiu de la piscina.

Sobre aquest motllo s'aplica un producte desemmotllant i, a continuació, comença el procés d'aplicació de les diferents capes que conformen el resultat final:

- Capa d'acabat exterior, de resines sintètiques i pigments per la coloració.
- Capes de fibres sintètiques.
- Capes de teixits de fibra de vidre impregnades amb resines de polièster.
- Capes de teixits per aconseguir espessor.
- Col·locació dels elements de reforç que germanitzin el seu caràcter d'element no deformable.
- Aplicació de l'última capa de fibres per uniformar el conjunt.
- Col·locació dels accessoris necessaris per la instal·lació.

El resultat final és un element monocasc, amb tots els seus accessoris incorporats, que pot ser transportat fins al lloc de muntatge.

El procés de fabricació es poden incorporar efectes decoratius puntuals i, en una altre fase d'obra, es poden revestir amb peces de ceràmica o de vidre, amb una prèvia preparació de la superfície perquè s'hi adhereixi el material escollit.

És necessari realitzar una prova general d'estanquitat i funcionament de les instal·lacions, abans de omplir el perímetre amb terra.

No es poden superar els 10 m de longitud, com a conseqüència de la legislació de transport especial per carretera.

6.3.1.4. Modulars amb panells

Consisteixen en una successió de panells prefabricats que es munten en obra, mitjançant un sistema d'assemblatge estàndard i que confien la seva estanquitat a una lamina de PVC que forma el revestiment d'acabat final.

Aquest procés de construcció està obrint un important mercat al sector, perquè incorpora múltiples possibilitats per construir, ràpida i eficaçment, piscines de diverses mides i usos, fins al muntatge d'una piscina en un temps rècord, com ha estat el cas de la feta per al Campionat Mundial de Barcelona, al 2003, o la de les Olimpíades d'Atlanta.

Es poden construir amb diversos materials i mètodes, encara que els més utilitzats són els panells d'acer galvanitzat, acer inoxidable i materials sintètics com el PVC extrusionat.

6.3.1.5. Acer galvanitzat

S'utilitzen panells de capa d'acer galvanitzat en calent, de 2 mm d'espessor, aproximadament, amb elements de reforç del mateix material, per la part posterior.

En el procés de muntatge en obra s'incorporen els contraforts, diagonals que traslladen els esforços fins a la base.

També amb el mateix material es realitza el canal de desguàs i el graó de descans, quan sigui necessari.

Els panells es recobreixen al lloc de muntatge amb una membrana de PVC armada, el denominat LINER.

Tots aquests elements tenen previstes els acoblaments dels sistemes necessaris per al equipament esportiu i els elements de recirculació de l'aigua per la depuració.

6.3.1.6. Acer inoxidable

De forma semblant als panells d'acer galvanitzat, es poden realitzar panells amb acer inoxidable, recobert amb LINER i muntats en obra amb un segellat posterior a les juntes.

Hi ha una ampla gama de solucions per als diversos punts especials que es poden plantejar a una construcció d'aquestes característiques, garantint l'ajust i regulació dels panells.

Si és necessari, es pot modificar el sistema de contraforts de la part posterior del panell, per permetre la realització de un passadís d'inspecció de les instal·lacions.

Aquests mètodes són útils per la remodelació de piscines en mal estat o fora de normativa.

6.3.1.7. Materials sintètics

El sistema de panells es pot fer mitjançant planxes de fibra de vidre i plàstic reforçat, que conformen un sistema modular amb una cara llisa i una altre amb reforços verticals. Aquesta cara serveix per disposar els contraforts d'acer galvanitzat, que trasllada els esforços fins a la base de formigó assentada al terra.

Igualment que en altres sistemes, els panells es recobreixen amb un LINER per l'acabat extern.

Una altre possibilitat és la construcció amb uns mòduls que s'encaixen i conformen el vas, tan en les seves parets com en el fons, i les unions es realitzen mitjançant reblons estancats amb silicona.

6.3.1.8. Sistemes mixtos

Alguns dels sistemes modulars utilitzen un mètode mixt, que consisteix en panells de encofrat de material sintètic que es perden, un cop s'ha afegit el formigó. Prèviament s'han d'incorporar armadures i deixar previstes on aniran col·locades les instal·lacions que s'hi vulguin incorporar, mitjançant panells especials.

També és molt important realitzar una base inicial de formigó anivellada, per garantir el bon assentament dels panells.

6.4. Revestiments interiors del vas

Els sistemes per construir vasos de piscina no tenen aparellada una solució que permeti el bany un cop acabada, sinó que necessiten un revestiment afegit, que aporti confort i seguretat.

Les característiques bàsiques que necessiten són les següents:

-Resistència a les agressions que hi ha al medi on estaran (aigua, llum, usuaris entre d'altres).

-Superfície exterior llisa, però no lliscant, i sense arestes que puguin ferir als usuaris.

-Facilitat de neteja, reparació i substitució.

Existeix una gran varietat de materials i sistemes que compleixen aquestes condicions, però normalment s'utilitzen uns en concret. [8] [12]

6.4.1. Revestiment ceràmic

És el més utilitzat des de fa bastant temps.

El més elemental és el revestiment amb rajoles, que s'aguanten a la paret del vas mitjançant morter de ciment. Compleix casi tots els requisits, excepte el lliscament i la fragilitat.

Una variant més adequada és el mosaic de gres o el mosaic vitrificat, que són més petits i tenen més juntes, això fa que llisquin menys, són més resistents i s'adapten millor a les zones corbes i llocs difícils.

Les plaquetes de gres són una solució intermèdia, que permet resoldre el lliscament mitjançant tractaments a la cara exterior i és molt resistent a impactes, desgast i llum ultraviolada.

Els processos de fabricació d'aquests materials permeten la obtenció de peces especials per resoldre tot tipus de problemes.

Les seves possibilitats ornamentals són molt variades i depenen només de la imaginació del dissenyador.

6.4.2. Revestiment sintètic

Aquest tipus de revestiment s'està desenvolupant molt ràpidament, pel que fa a la seva manipulació, l'obra i l'acabat ornamental.

La base fonamental de fabricació parteix d'una membrana de PVC unida mitjançant soldadura. Es denominen LINERS. Aquest pot ser simple o armat.

Els seus avantatges són que és flexible, extensible i inamovible, una vegada col·locat. És estanc, resistent als rajos ultraviolats i a la majoria de productes químics d'ús habitual al tractament de l'aigua. Manté un bon comportament pel que fa al rebuig de la formació de microorganismes i és fàcil de netejar. Té molta varietat de motius ornamentals i solucions tècniques de muntatge per escales i punts especials. Pel que fa a inconvenients, s'ha de mesurar amb molta precisió el vas a revestir, perquè la fabricació i la obra no causi problemes. Es pot veure afectat per un excés de temperatura de l'aigua. Els colors no són permanents.

6.4.3. Revestiments amb pintura

És el mètode més elemental i, segurament, el més econòmic.

Per aplicar-lo és necessari que el suport estigui el més llis possible i ha d'estar net i sec.

Les pintures més utilitzades són les de clor-cautxú, les que tenen bases de resina epoxi o les de base de ciment.

El seu principal inconvenient és el manteniment periòdic.

6.4.4. Altres revestiments

Menys freqüents són els revestiments amb pedres. Això és degut al cost del material, i a que no és impermeable per naturalesa, amb algunes excepcions com és el cas de la pissarra.

Aquest material, que proporcionarà tonalitats molt suggerents al vas, té l'inconvenient que quan es col·loquin es trenquin i apareguin arestes que puguin ocasionar talls a la pell.

S'adapten a tota classe de formes, tenen moltes tonalitats i aconsegueixen superfícies antilliscants, però suficientment llises per netejar-les.

7. Adaptació d'una piscina privada a una piscina naturalitzada

Es vol estudiar una proposta per a adaptar una piscina privada en una piscina naturalitzada. A continuació s'exposarà el que actualment la compona, es farà un estudi del que es podria dur a terme i es descriurà finalment el que es portarà a terme per tal de fer l'adaptació.

7.1. Situació actual

La piscina està ubicada a la població de Begues (Baix Llobregat), en una zona residencial. La parcel·la és de 939m² dels quals 339m² són construïts, segons el cadastre municipal.

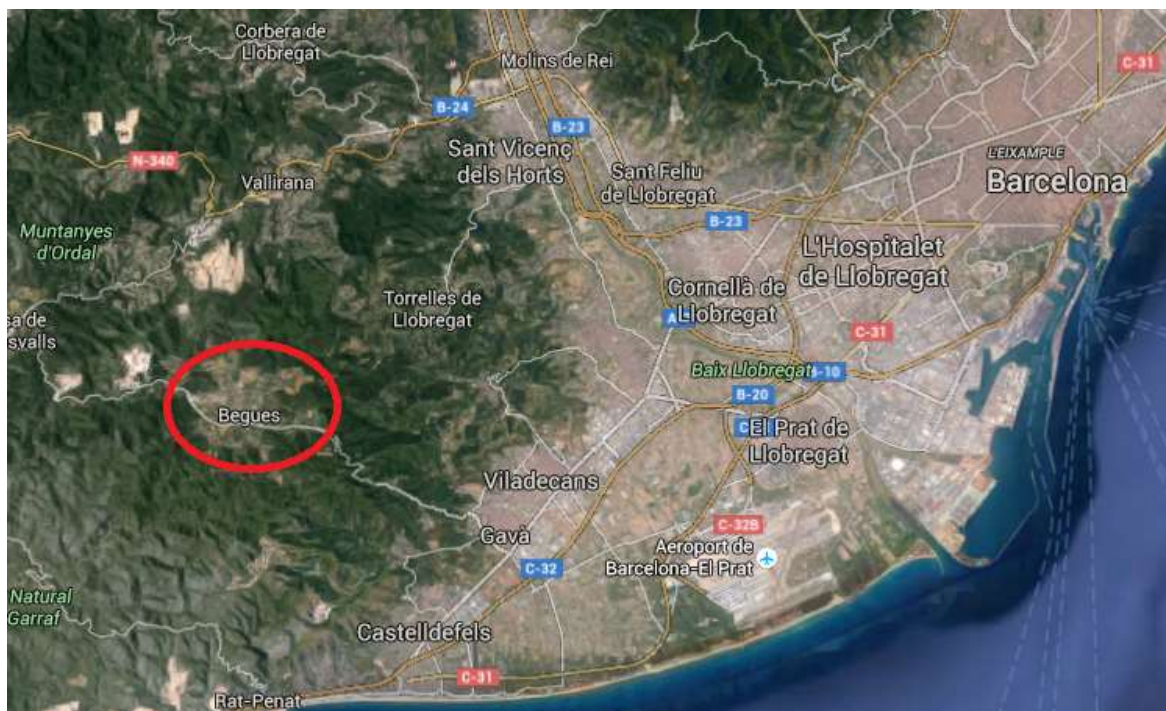


Fig. 7.1 Mapa situació Begues respecte Barcelona [13]



Fig. 7.2 Vista aèria de la parcel·la [13]

Es disposa d'una piscina de 6,3 metres de llarg per 3,15 metres d'ample, amb una profunditat variable entre 1m i 2,1m (profunditat mitjana de 1,4m), per tant, d'uns 30m³. Aquesta, ja disposa de tots els acabats i accessoris que es volen.

La piscina està equipada amb un skimmer connectat a un filtre de sorra i amb un robot netejafons automàtic. Disposa d'una bomba de recirculació Silen I Iris 750 amb un cabal de treball de 5,3m³/h, però que és capaç de treballar amb un cabal de fins a 13m³/h. També té dos llums, equipats cadascun amb bombetes de 300W.

Ni al jardí, ni als voltants de la finca, hi ha arbres grans caducifolis (si perennes) que puguin fer un aport extra de matèria orgànica a la piscina naturalitzada i, per tant, tampoc faran ombra a la zona de regeneració. I aquest és de mida suficient per tal de realitzar l'adaptació (es necessita entre el 50% i el 100% de la superfície de bany per fer l'adaptació).

7.2. Propostes

Es proposaran dues solucions diferents segons el tipus de piscina que es vulgui construir, a més de diferents solucions per a problemes concrets.

7.2.1. Un sol vas

Aquesta proposta es basa en ampliar el vas de bany per tal de fer la regeneració en un sol vas, és a dir, el vas de bany i el de regeneració seran el mateix.

Aquesta solució consistirà en ampliar el vas actual, que serà des de 1,5 vegades a 2 vegades més gran que el vas actual.

En aquest supòsit, s'hauria d'ampliar el vas en direcció cap a la casa, ja que és l'única opció possible. Per dur a terme aquesta solució seria necessària una remodelació pràcticament completa de la piscina actual, incrementant els costos d'execució (Fig 7.3).



Fig. 7.3 Ampliació aproximada del vas existent. [13]

El passos a seguir serien els següents:

-Excavació del terreny solidari a la piscina, uns 0,6m de fondària i d'uns 2,5m de longitud, mantenint l'amplada de la piscina. S'hauria de revisar l'emparedament elèctric, ja que els llums són al costat que es vol excavar.

-Posterior adequació del terreny, revestiments, accés a la zona de bany, biofiltre, substrat per les plantes, etc.

-Al canviar les dimensions de la piscina, caldria també canviar la ubicació del skimmer, i possiblement, afegir-ne un altre. Igualment passa amb les conduccions al filtre (que es mantindrà en tots els casos) i reentrades d'aigua a la piscina.

-Finalment, reompliment de la piscina.

Com es pot observar, es requerirà molta inversió, ja que s'haurà de modificar o fins i tot, tornar a construir la piscina de nou.

7.2.2. Dos vasos separats

Es construirà un vas nou de regeneració, apartat de la piscina existent, connectat a la piscina.

En aquest cas la piscina actual no patiria cap modificació, es deixaria tal com està, es faria una nova conducció fins al nou vas i de tornada (Fig. 7.4).



Fig. 7.4 Superfície aproximada del vas de regeneració. [13]

Els passos a seguir serien els següents:

-Excavació del vas de regeneració, d'uns 20m³ (entre un terç i dos terços el vas de bany), depenent de la forma que es vulgui donar tindrà unes dimensions o altres.

-Excavació i modificació de les conduccions d'aigua, del filtre de sorra al nou vas i del nou vas a la piscina. Amb les corresponents bombes d'aigua, una existent que servirà per enviar l'aigua de la piscina al vas de generació i una altre de nova per fer el camí invers.

-Adequació del nou vas, revestiment, biofiltre, substrat per les plantes, elements decoratius, etc.

La problemàtica d'aquesta casuística seria el transportar l'aigua del vas principal al vas de regeneració i, sobretot, a la inversa. Del vas de bany al de regeneració es podria aprofitar part de la instal·lació existent, no es modificaria la conducció skimmer-bomba-filtre de sorra existent però si la conducció de retorn que en aquest cas aniria al vas de regeneració aprofitant l'impuls suficient de la bomba. Per solucionar problema de la conducció del vas de regeneració al vas de bany, es presentaran diverses solucions:

- Sínia. Tractaria d'adaptar la forma del vas per encabir-hi una sínia la qual agafaria l'aigua del vas, l'elevaria i mitjançant una conducció introduiria un altre cop l'aigua regenerada al vas de bany, aquesta funcionaria gracies a un motor que la faria rodar. Els principals avantatges d'aquest mètode és que al elevar l'aigua es podria retornar l'aigua mitjançant un salt, afavorint l'oxigenació d'aquesta, també dotaria al jardí d'una estètica rústica. I els inconvenients serien que es necessitaria una bomba per fer girar la sínia (emparentada elèctrica) i que la forma del vas estaria totalment condicionada a aquesta.
- Cargol d'Arquímedes. Aquesta solució seria semblant a la anterior, però adaptant aquest giny per aconseguir el mateix objectiu que la sínia, elevar l'aigua per crear un salt per tal d'oxigenar-la, gracies a una conducció entre aquest i el vas de bany. El cargol també seria mogut mitjançant una bomba. Les avantatges serien també que convertrien al jardí en únic, especialment si es dotés al cargol d'una aparença especial gracies a diferents formes i materials, per exemple si fos de fusta amb la part superior oberta a l'exterior, proporcionaria una fusió entre materials orgànics, ginyes amb més de 2000 anys d'antiguitat i la modernitat que suposen aquests tipus de piscines. Per contra, seria molt costós, caldria un disseny especial per al cas, i a més si els materials fossin orgànics un elevat cost de manteniment, ja que es degradarien fàcilment si no estiguessin ben tractats per a tal propòsit.

- Conducció subterrània. Bàsicament unir el vas de regeneració amb el de bany amb una canalització. Dintre aquesta proposta hi ha incloses diverses solucions, segons com es vulgui fer. Se'n proposaran unes quantes i si s'escull com a solució final s'adaptaria una d'elles al model final.
 - o Conducció descendent, aprofitant la gravetat per transportar l'aigua. Caldria fer un molt bon anàlisi d'aquesta casuística.
 - o Conducció amb bomba, aprofitant part de la antiga instal·lació, és a dir, les antigues entrades d'aigua a la piscina que es connectarien al vas de regeneració, impulsant aigua gracies a una bomba.

Entre d'altres possibles solucions que només tenen límit en el pressupost.

S'ha omès en tot moment fer el vas de regeneració contigu a la piscina però elevat. Primerament sembla una molt bona solució, s'aconseguiria una bon salt d'aigua per oxigenar-la i aportaria infinitat de solucions estètiques, però es necessitaria un gran aport de material per tal de portar-lo a terme i el que és més important, els usuaris volen seguir tenint el jardí tot en un nivell, per tant, tot i ser una molt bona solució queda descartada des d'un bon principi.

7.2.3. Problemes concrets de la zona

7.2.3.1. Duresa de l'aigua

L'aigua de boca, que a priori seria la emprada per omplir la piscina, en aquesta zona és molt dura, aquest factor pot fer que el sistema tardi més temps en establitzar-se. A més de dura l'aigua de l'aixeta pot tindre altres característiques no optimes per al sistema per tal de dur a terme una correcte regeneració.

Una solució per a aquest problema seria un recol·lector d'aigua de pluja. No n'existeixen de comercials de la mida desitjada, per tant s'haurà de construir de forma autònoma, aprofitant dipòsits d'aigua amb conduccions construïdes a mida, s'aprofitarà un dipòsit que es tenia a la propietat de 500 litres de capacitat. La pluviometria de la zona es d'entre 530 i 580mm anuals [13], cada mm equival a litre per metre quadrat i si la superfície construïda és de 339m², és a dir el que es pot captar, anualment es podran recollir idealment 196,62m³.

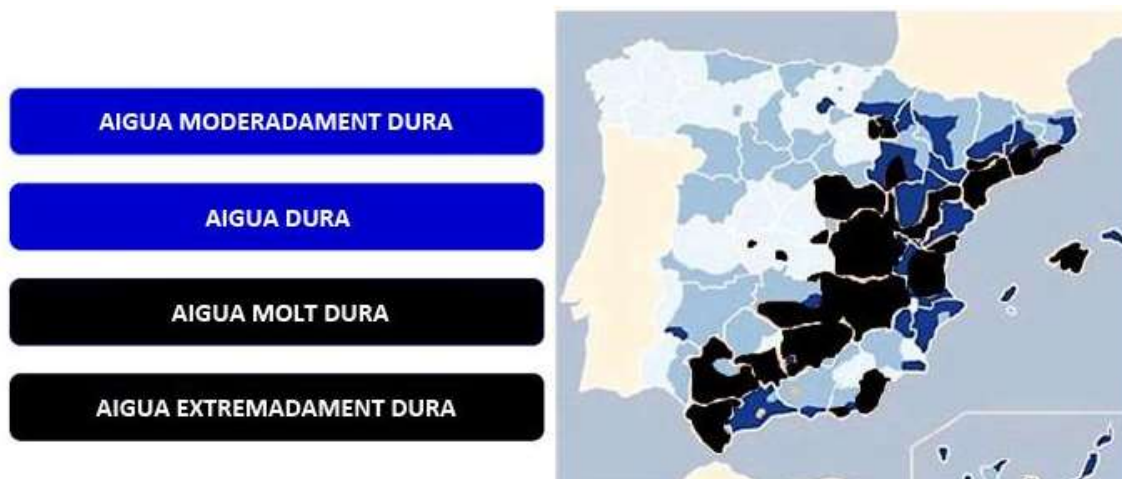


Fig. 7.5 Grau de duresa a Espanya, any 2015 [15]

7.2.3.2. Excés de matèria orgànica

L'excés de matèria orgànica recollible, com podria ser la fullaraca que cau al vas de regeneració pot suposar un aport de matèria orgànica que ajudaria a desestabilitzar el sistema. Una solució podria ser recollir-la i ja que es recull podria fer compost i ser usada com a adob per al jardí i/o petit hort que es pugi tenir, donat el cas. Per tal d'aconseguir això es pot disposar d'un compostador, al qual també s'hi poden posar les deixalles orgàniques que es poden generar a la llar.

Existeixen compostadors comercials, però sempre és recomanable construir-ne un de casolà amb material reciclat, són fàcils de construir i tenen pràcticament un manteniment mínim.

7.2.3.3. Gelades

A l'hivern són comuns les gelades a la zona, factor a tindre en compte alhora d'escollir les plantes per a la piscina naturalitzada. Per tant, es plantaran espècies autòctones capaces de resistir el fred de l'hivern o si més no que rebrotin al canvi d'estació, que tornin a créixer amb la primavera.

7.2.3.4. Al·lèrgies

Un altre factor en tindre en compte són les possibles al·lèrgies de la família. Existeixen diversos tipus de plantes aquàtiques com ara les gramínies, el pol·len de les quals pot

causar al·lèrgia als usuaris de la piscina, aquesta al·lèrgia pot arribar a ser molt molesta, per tant, s'haurà d'estudiar cas per cas per no provocar un malestar als usuaris.

7.3. Model final

Primerament, abans fins i tot de decidir el model, s'hauran d'establir unes dates de construcció ja que es tracta d'un sistema que es basa en la recreació d'un ecosistema natural i per tant està limitat al cycle dels éssers vius que s'hi utilitzen. Per tant, es disposarà de temps necessari per pensar i dissenyar el projecte durant tota la època que el sistema viu es troba en repòs, de setembre a març.

El període òptim per realitzar el projecte és de març a juliol, essent complicat posteriorment a aquestes dates la posada en marxa del sistema, ja que les plantes no arribarien a realitzar una adequada instal·lació al substrat de cara al següent hivern.

Un cop definit el període en que es pot realitzar el projecte, es passarà a escollir quina de les dues opcions, amb quins accessoris s'escolliran per el model final.

S'escollirà el segon model, en el que es construirà un altre vas independent del existent connectat amb aquest. S'escull aquest model pels següents motius:

- Operatiu/tècnics: resultarà més fàcil construir un vas nou que modificar l'existent, tenint que modificar no només el vas, sinó també l'emparamenta elèctrica i la posició del skimmer.
- Econòmics: com ja s'ha dit en el punt anterior s'hauria de modificar l'emparamenta elèctrica i el skimmer el que suposaria un cost afegit. El cost de fer el nou vas o ampliar-lo, seria pràcticament el mateix, tindria les mateixes dimensions (encara que segurament no la mateixa forma) . El fet de construir-lo a part, farà que s'hagin de fer canalitzacions soterrades, cost que no caldria en l'altre model, però també és cert que segurament al ampliar el vas existent, aquest quedaria malmès i s'haurien de reemplaçar parts o construir de nou, cosa que faria incrementar molt el cost.
- Estètics: en els dos casos la imaginació serà el límit que es posarà alhora de crear el vas de regeneració. Però en el cas de vasos separats, la llibertat és major ja que es partirà de zero.
- Rendiment regeneratiu: en els dos casos serà pràcticament el mateix, l'aigua s'ha de recircular en els dos casos per fer-la passar pel biofiltre. La segona opció però, ens pot donar una oxigenació major ja que es pot fer el retorn al vas de bany mitjançant una cascada o similar.

Per aquests motius i per la llibertat de disseny que pot donar fer un vas de regeneració nou s'escollirà el segon model amb el vas de regeneració separat del vas de bany.

7.3.1. Fase de disseny

Dintre d'aquest punt es podrà diferenciar en dos parts, el disseny del nou vas (forma, dimensions, característiques, entre d'altres) i el disseny de les conduccions entre el vas existent i el nou.

7.3.1.1. Disseny de vas: geometria

Pel que fa al vas les mides per una òptima regeneració són d'entre la meitat i una vegada el volum del vas de bany, segons la bibliografia. Es plantegen diverses formes per tal de dissenyar aquest vas que haurà de tindre un volum d'uns 20m^3 , aquestes podrien ser, quadrat, rectangular, semiesfera, toroïdal, cilíndrica o formes lliures.

Les mesures venent limitades per volum i per amplada, de 6,3 m, màxim establert per l'amplada de la piscina. A més a més, la fondària haurà de ser de 0,9m per tal de que el procés de regeneració es dugui a terme òptimament.

Una opció podria ser en forma toroïdal, degut a aquesta forma pot donar lloc a creacions paisatgístiques i del jardí úniques, i a més, maximitza la superfície de biofiltre, per totes les parets del toroide.

Sabent que es vol un volum d'uns 20m^3 i que d'amplada no ho pot ser més que la piscina, 6,3m, es passarà a calcular les dimensions òptimes.

$$V = \frac{\pi^2(r_2 + r_1)(r_2 - r_1)^2}{4}$$

(Eq. 7.1)

Amb:



Fig. 7.6 Esquema toroide per calcular volum del vas de regeneració [16]

Tenint en compte que no es vol obtenir un toroide complet sinó la meitat d'aquest, per tant, la formula anterior estarà dividida entre dos. I imposant un r_1 de 0,25m i un volum proper als 20m^3 obtenim que amb un r_2 de 2,6m obtenim finalment un $V=19,42\text{m}^3$.

Obtindrem per tant la meitat d'un toroide amb un diàmetre interior de mig metre, que ens permetrà construir un biofiltre al mig del vas i a més un aport estètic que pot anar combinat d'alguna peça decorativa, i exterior de 5,2m inferior als 6,3m.

Però amb aquesta opció obtenim una fondària màxima de 1,175m que podria ser massa per a un vas de regeneració. Es recomanable que sigui d'uns 0,9m de fondària.

Un cop descartada la forma toroïdal quedaran dues opcions que satisfan als propietaris, casquet esfèric i forma lliure. Es decantarà primer per una forma de casquet esfèric, degut a que proporciona més uniformitat al filtre biològic, tot i que limitarà molt els aspectes estètics.

Igualment que pel cas del toroide, el volum desitjat és d'uns 20m^3 i l'ample ha de ser menor o igual a 6,3m, es passa doncs a calcular les mesures del vas de regeneració en forma de casquet esfèric.

$$V = \frac{\pi h}{6}(3a^2 + h^2)$$

(Eq. 7.2)

Amb:

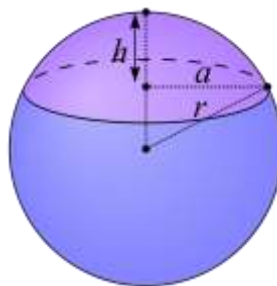


Fig. 7.7 Esquema casquet esfèric per calcular volum del vas de regeneració [17]

Imposant un radi de secció "a" de 3,15m obtenim una h de 1,22m, encara més fondo que amb la opció toroïdal, per tant la descartarem ja que és massa fondo.

Es buscarà per tant una altra opció. Si fos totalment quadrat imposant un costat de 6,3m s'obtidrà una fondària de 0,5m. Aquesta opció, a part que estèticament seria poc agraïda, proposaria una fondària insuficient per a un bon procés de regeneració.

La ultima solució proposada seria cilíndrica, les restriccions són les de sempre. Amb un radi de 2,7 metres i una fondària de 0,9 metres s'obté un volum de 20,61m³. Aquesta serà doncs la solució definitiva i la que s'aplicarà al projecte. L'alçada de 0,9 metres és suficient ja que es necessiten uns 30 centímetres per al substrat de les plantes i una altura suficient per fer una distribució d'aigua uniforme, això es pot aconseguir amb uns 50 centímetres de distribució de graves de diversa granulometria.

$$V = \pi r^2 h \quad (\text{Eq.7.3})$$

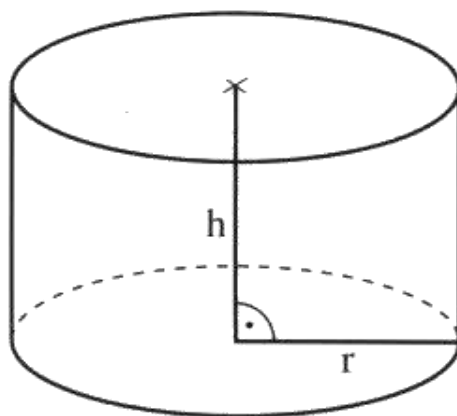


Fig. 7.8 Esquema del cilindre per calcular volum del vas de regeneració [18]

La forma final seria aproximadament com la que s'ha vist anteriorment en la Fig 7.4.

7.3.1.2. Disseny del vas: materials

Un cop definida la geometria del vas de regeneració, cilíndrica en aquests cas, es procedeix a decidir els materials i la distribució d'aquests.

Per tal d'afavorir la regeneració de l'aigua es necessiten dues parts diferenciades, una distribució de graves de diferents mides, és a dir, un filtre biològic i les plantes.

Primerament es procedirà a impermeabilitzar el vas amb EPDM (Etile Propile Dien tipus M) blanc, s'usa aquest material ja que facilita la neteja d'algues adherides al mateix. Com a

biofiltre s'usarà una distribució de graves de diferent granulometria, més gran al fons i de menys diàmetre a prop de la superfície. S'usaran graves blanques ECOMAG amb un diàmetre que oscil·larà entre 4 i 7 mm (6 sacs per metre quadrat). Sobre la grava es plantaran les plantes que ho necessitin, unes cinc plantes per metre quadrat.

7.3.1.3. Disseny de les conduccions

Part de les conduccions existents es deixaran tal com estan, aquestes són del vas de bany (skimmer) fins el filtre de sorra, d'aquí caldrà una conducció fins al fons del vas de regeneració.

Caldrà també construir una conducció entre la part superior del vas de regeneració i el vas de bany.

L'aigua del vas de regeneració s'aconsella que es renovi dos cops al dia, això suposa uns 40m³ d'aigua al dia. Com que la bomba actual només funciona 3,5 hores i pot treballar amb un cabal de 13m³/h, vol dir que amb 3 hores seria capaç de moure aquest volum d'aigua, per tant, no cal posar una altre bomba. Però si un sistema de vàlvules que regulin les conduccions. S'aprofitaran al màxim les conduccions antigues, que s'empraran per l'entrada y la sortida de l'aigua de la piscina.

S'ha de tenir en compte que la conducció al vas de regeneració, el tub de subministrament estarà foradat i recorrerà al màxim la superfície inferior circular del vas de regeneració, per tal de que l'entrada de l'aigua al vas sigui lo més homogènia possible.

El diàmetre d'aquestes conduccions serà de 60mm, imposat per les dimensions de la bomba ja existent i que són les que ja hi havia instal·lades.

7.3.2. Fase de construcció

Aquesta fase es durà a terme durant els mesos de març a juliol, sent complicat posteriorment a aquestes dates, ja que les plantes no arribarien a realitzar una adequada adaptació al substrat de cara al següent hivern.

Aquest procés es podrà executar en un temps d'unes quatre setmanes, segons la complexitat del mateix i per possibles contratemps que es puguin produir en el moment de l'execució de les obres.

Primerament s'excavarà el nou vas de regeneració i les noves conduccions, tenint en compte on estan les velles per no fer-les malbé. Fase que tindrà una durada aproximada de dues setmanes.

En la setmana posterior es procedirà a la impermeabilització de la instal·lació, del vas de regeneració i la instal·lació de les conduccions. La impermeabilització del vas es farà amb EPDM blanc com ja s'ha comentat anteriorment.

Un cop acabada la operació anterior es procedirà a la col·locació de les graves de més diàmetre a menys de forma ascendent, preveient la col·locació de les plantes que es farà més endavant, en la fase de posada en marxa.

En aquest punt també s'instal·larà el recollidor pluvial esmentat en el punt anterior. Estarà destinat a l'ompliment de la piscina quan aquesta es posi en marxa i en reomplir-la quan aquesta s'evapori. En el cas que no sigui necessària també podrà ser útil per a regar el jardí i l'hort de la casa.

7.3.3. Fase de posada en marxa

El primer pas consistirà en omplir el nou vas amb aigua, aquesta serà procedent del dipòsit recollidor de pluja, instal·lat prèviament. Aquesta no serà suficient per omplir tot el sistema així que també es farà servir aigua de boca, evitant-ne el seu ús en propers reompliment de la piscina deguts a la evaporació.

El segon, serà la plantació, s'optarà per plantar majoritàriament espècies consumibles autòctones, Créixens "*Nasturtium officinale*", Apis "*Apium nodiflorum*", Menta poliol "*Mentha pulegium*", "*Mentha aquatica*", "*Nuphar lutea*", entre d'altres, amb l'objectiu no només d'aconseguir l'equilibri biològic de la piscina sinó també que es pugui gaudir d'una piscina hort. També es plantaran algunes plantes decoratives com el lliri groc "*Iris pseudacorus*", Salicaria "*Lythrum salicaria*" o "*Juncus sp*". Totes elles es troben presents a les riberes del Mediterrani i aguanten les gelades pròpies de la zona.

I per últim, posar en marxa la bomba per tal de que l'aigua recorri el seu cicle de regeneració. Cal tenir en compte que per tal de que s'estabilitzi el sistema i l'aigua sigui clara, passaran de 10 dies a un mes, un cop passat aquest període ja es podrà dir que es pot fer servir, tot i que es pot fer servir des del primer instant de posada en marxa.

Durant l'època que no s'usa la piscina, la conducció del filtre de sorra no s'emprarà i per tant la bomba només farà un cicle dels dos que fa durant l'època de bany. Renovant l'aigua del vas de regeneració cada dia.

7.3.4. Possibles problemàtiques i solucions

En aquest apartat es plantejaran, diverses problemàtiques que són freqüents que sorgeixin en la piscina un cop acabada, durant el seu funcionament normal i es proposarà una solució a aquests problemes.

7.3.4.1. Aparició d'algues

Aquest fet anirà acompanyat d'un dèficit d'oxigen, que produirà un excés de nutrient per a les algues i per tant la seva ràpida proliferació. Fet que provocarà un mal funcionament del sistema fins a ser un factor molest per als usuaris.

La solució a aquest problema serà la oxigenació de l'aigua. La primera solució seria augmentar el nombre de plantes. Una altra solució s'aconseguiria modificant l'entrada de l'aigua al vas de bany. La bomba es suficient per elevar l'aigua i canviant les conduccions es pot aconseguir crear doll d'aigua que al impactar amb la lamina d'aigua l'oxigenarà. Però només es durà a terme aquesta solució en un cas extrem.

7.3.4.2. Marciment de les plantes

Si les plantes es marceixen o panseixen segurament serà degut a que hi ha pocs nutrients en l'aigua, degut a que no hi ha suficient aport de matèria orgànica. També pot ser degut a algun paràsit, en aquest cas s'hauria d'analitzar quin és l'origen.

En el cas que no es tracti d'un agent extern, és a dir, per falta d'aportació de matèria orgànica, en cap cas s'ha d'abonar o afegir productes químics, desestabilitzarien el sistema per complet. S'hauria de reduir el nombre de plantes, buscant sempre un equilibri en el sistema.

8. Comparació d'una piscina convencional amb una de naturalitzada

En aquest apartat es farà una comparativa entre una piscina privada convencional i una naturalitzada. Es basarà en dades cedides pel propietari de la piscina de l'estudi del punt anterior i un supòsit contrastat amb diferents informes del futur consum de la mateixa piscina operada de forma natural.

Es realitzarà comparativa econòmica i mediambiental, però primerament s'anunciaran les característiques i consum de la piscina d'estudi.

8.1. Costos de manteniment de la piscina privada convencional

El consum d'una piscina privada com aquesta, no calefactada ni coberta, és nul en l'època hivernal, temporada en que no s'usa i pràcticament no té manteniment. Com que no té manteniment a l'hivern, l'aigua que ha passat tota l'època hivernal no es podrà reutilitzar, el cost d'adequar-la seria molt elevat i per tant es buida i es torna a omplir, això suposa uns 30m³ d'aigua, més tota la que s'evapori durant l'època de bany.

Els productes químics que s'usen, obtinguts pel propietari de la piscina, són de pastilles de clor cada setmana, és a dir, amb un paquet de 25 pastilles se'n té de sobres per tres mesos (que és el que dura la temporada de bany) A més, també disposa de clor en pols, que usa per "emergències" quan l'aigua està molt verda o a principi de temporada, es gasta un pot de 5kg per temporada. Per últim, també s'usa reductor de pH líquid.

La bomba és de 750kW i funciona 3,5 hores al dia, si el preu de l'electricitat és aproximadament de 0,18€ el kWh, el consum és de uns 50 cts al dia. Aquesta funcionarà uns 3 mesos, per tant, uns 100 dies.

Les dues bombetes de 300W cadascuna, no funcionen sempre ni cada dia, es posarà de mitja una hora al dia durant la temporada de bany, és a dir, tres mesos.

El cost de l'aigua principalment ve per l'ompliment d'aquesta, és a dir, 30m³ d'aigua per temporada.

Es calcularan també les pèrdues d'aigua per evaporació, que en aquest cas es reemplaçaran amb aigua de boca. Aquestes pèrdues dependran molt de la zona on estigui

situada, de la exposició al Sol i al vent. Per fer el càlcul, es tindrà en compte l'experiència del propietari, que reomple la piscina un cop cada dues setmanes uns 5cm, això suposa 30 cm d'aigua durant tota la temporada, sabent que les mesures de la piscina són de 6,3 metres de llarg per 3,15 metres d'ample, les pèrdues d'aigua seran de 5,95m³.

Resumint, es gastaran uns 35,95m³ d'aigua a l'any, amb un cost de 3,94€/ m³.

Taula 8.1 Costos de manteniment anuals proporcionats pel propietari

	Cost en €
Pastilles Clor	35
Clor en pols	40
Reductor de pH	30
Funcionament Bomba	47.25
Funcionament Bombetes	10.80
Consum Aigua	141.64
TOTAL	304.69 €

8.2. Costos i manteniment de la piscina naturalitzada

Com a referència es tindria en compte una adaptació feta per BioNova Piscinas Naturales d'unes dimensions i adaptacions similars. De totes formes es desglossaran tots els costos de construcció.

Taula 8.2 Costos de construcció proporcionats per BioNova Piscinas Naturales

	Cost en €
Excavació de 20m ³	221.52
Construcció vas	1071.62
Impermeabilització	996.80
Regeneració (graves)	640
Recirculació (tubs)	600
Plantes	150
Transport	440
Instal·lació	600
Acabats i decoració	300
TOTAL	5019.89 €

I pel que fa a costos de manteniment en tindrem de dos diferents, d'aigua i d'electricitat. El d'aigua derivat de l'ompliment del vas i de la reposició de l'aigua evaporada i el d'electricitat per la bomba de recirculació.

El consum elèctric serà més elevat que en l'anterior funcionament tindrem el de la bomba durant 6,5 hores en època de bany i 1 en la resta de l'any, a més de les bombetes que serà idèntic. Això són 0,88 cts/dia de la bomba època bany, 0,13 cts/dia resta de l'any.

Taula 8.3 Costos de manteniment anuals proporcionats pel propietari

	Cost en €
Funcionament Bomba	141
Funcionament Bombetes	10.8
TOTAL	122.45 €

El consum d'aigua per evaporació, estarà totalment cobert per el recollidor de pluja, per tant no es gastarà aigua de boca, tot i que en casos extraordinaris de sequera es podria fer servir.

El primer ompliment del vas de regeneració si que serà amb aigua de boca ja que es necessiten 20m³ d'aigua. Això suposa un cost de 78,80€.

8.3. Estudi econòmic

En aquest punt s'estudiarà el període de retorn de la inversió pel convertiment de la piscina convencional a piscina naturalitzada, tenint en compte les dades obtingudes en l'apartat anterior i suposant que els preus es mantenen invariables en el decurs del temps.

Taula 8.4 Període de recuperació de la inversió. Elaboració pròpia

Any	0	1	2	3	4	5
Caixa	-5098.69	-4916.45	-4734.21	-4551.97	-4369.73	-4187.49
Any	6	7	8	9	10	11
Caixa	-4005.25	-3823.01	-3640.77	-3458.53	-3276.29	-3094.05
Any	12	13	14	15	16	17
Caixa	-2911.81	-2729.57	-2547.33	-2365.09	-2182.85	-2000.61
Any	18	19	20	21	22	23
Caixa	-1818.37	-1636.13	-1453.89	-1271.65	-1089.41	-907.17
Any	24	25	26	27	28	29
Caixa	-724.93	-542.69	-360.45	-178.21	4.03	186.27

El període de retorn és de 28 anys, un temps molt elevat, en el qual segurament s'haurà invertit més en la piscina, reposició de les plantes, netejament del biofiltre, entre d'altres.

Per tant, aquest projecte no és rentable econòmicament, no surt a compte econòmicament fer aquests tipus de canvis. Per tant, s'haurà d'atendre a altres motius per a decidir-se a fer el canvi.

8.4. Estudi mediambiental

El principal objectiu d'aquests tipus de projectes és el minimitzar al màxim l'impacte ambiental durant el funcionament d'una piscina. Es basa sobretot en el no ús de productes químics i l'estalvi d'aigua potable.

L'absència d'ús de productes químics a més derivarà en una millora de la salut dels seus usuaris. Ja que aquests poden provocar en les persones diverses malalties derivades dels subproductes de desinfectants i molèsties com la irritació de la pell, ulls vermells, entre d'altres.

L'estalvi de productes químics, en aquest cas clor i reductor del pH, és de 500 grams de clor, cada pastilla és de 20 grams, i de reductor de pH uns 20 litres. Reduint per tant l'impacte que es genera al obtenir aquests productes i els seus envasos.

El consum d'aigua és reduirà en 35,95m³ a l'any, cosa que suposarà un estalvi tant mediambiental com econòmic. Tenint en compte també que abans es buidava l'aigua de la piscina un cop l'any abocant-la a la xarxa pública, minimitzant ara aquest efecte sobre el medi.

9. Pressupost

En el present punt, a la taula següent es presenta una estimació del pressupost del projecte. S'han considerat costos de gestió, de construcció i de manteniment de la piscina naturalitzada.

Taula 9.1 Pressupost de la Piscina Naturalitzada. Elaboració Pròpia

PRESSUPOST				
Descripció	Unitats	Amidament	Preu unitari	Subtotal
COSTOS DE GESTIÓ				
Projecte de l'obra - Empresa d'Enginyeria	€	360 (h)	8	2880.00
Cost d'impressió	servei	1	80	80.00
Total Costos de Gestió	€			2960.00
COSTOS DE CONSTRUCCIÓ				
Excavació del vas de regeneració	m ³	20.61	10.75	221.52
Construcció del vas de regeneració	m ²	15.27	70.18	1071.62
Impermeabilització del vas de regeneració	m ²	15.27	65.28	996.80
Adequació de la zona de regeneració (graves) i instal·lació de la mateixa	m ³	20.61	60.16	1240.00
Adequació de la nova recirculació (tubs, bomba)	m ²	1.20	500.00	600.00
Plantes	m ²	22.90	6.55	150.00
Transport de residus	m ³	24.00	18.33	440.00
Acabats i decoració	m ²	22.90	13.10	300.00
Total Costos de Construcció	€			5019.94
COSTOS DE MANTENIMENT €/any				
Funcionament de la bomba i les bombetes	h	8760	0.01	122.45
Reposició de les plantes mortes	m ²	22.90	0.44	10.00
Total Costos de Manteniment	€			123.45
PRESSUPOST FINAL	€			8103.39

10. Impacte ambiental i social

Durant el transcurs del projecte s'ha posat especial atenció en reduir tot el possible l'impacte ambiental de les piscines naturals en contraposició de les piscines clorades convencionals.

Aprofitant processos que es desenvolupen de forma natural a basses i llacs per la depuració de l'aigua, dutes a terme, en part, per plantes aquàtiques que contribueixen activament en l'eliminació de la matèria orgànica existent. També hi tenen part fonamental el fitoplàncton i el zooplàncton, digerint aquests nutrients d'origen divers, principalment matèria orgànica, transformant-la en nutrients (N-P-K) per les plantes.

A més a més, creant espais verds i minimitzant l'impacte al construir el nou vas i durant el funcionament d'aquesta.

Es dividirà en tres fases, etapa de construcció, operació i cessament de l'activitat.

10.1. Construcció

Es procedeix a estudiar tots els possibles impactes en la fase d'adaptació de la piscina naturalitzada.

Primerament, es tindran en compte les emissions a l'atmosfera. Aquestes seran pràcticament totes en forma de CO₂ i d'altres gasos emesos per motors de combustió interna, emeses per les màquines que intervinguin a l'obra i pels vehicles que transportin els materials necessaris a la obra i els que transportin els residus generats.

Els residus generats seran bàsicament embolcalls i embalaments dels materials utilitzats, i les torretes de les plantes, que es podran reutilitzar. A més també es generarà una gran quantitat de terra i es produirà impacte per les partícules generades al aire.

S'haurà de tindre en compte també la contaminació acústica generada durant el període de les obres. Produïdes per l'excavació de terreny.

10.2. Operació

Durant la fase d'operació, funcionament normal de la piscina adaptada, pràcticament no hi haurà impacte ambiental. És més, serà molt més reduït que amb el funcionament anterior de la piscina. No hi haurà consum de productes químics i el consum d'aigua es veurà

dràsticament reduït, gràcies a que la piscina no es buidarà i omplirà i es reomplirà amb aigua de pluja.

El consum elèctric augmentarà, comparat amb el funcionament anterior, però no de forma significativa.

S'haurà de tindre en compte també la renovació de les plantes quan es morin i si la piscina segueix operativa durant més de 20 anys s'haurà de canviar el biofiltre, és a dir, les graves o almenys netejar-les, fet que comportaria un impacte ambiental similar al de la fase de construcció.

10.3. Cessament de l'activitat

Si es produeix el cas que el propietari es vulgui desfer de la piscina aquest fet provocarà també un cert impacte ambiental. Que seran molt similars als que es van produir en el moment de la construcció.

Es tindran també emissions de CO₂, entre d'altres gasos produïts per la combustió de combustibles fòssils, degudes als vehicles i maquinaria necessària per tancar els dos vasos. Aquests es taparan amb terra, fet que també produirà un impacte en la zona on s'extregui. Fet que també produirà certa contaminació acústica i de l'aire degut a les partícules generades.

També es produiran un munt de residus, tot el que conformava les piscines i no es pot deixar en el seu lloc, és a dir, tot menys la grava; tubs, rajoles, bombes, plàstics, entre d'altres, que s'hauran de reciclar degudament. De tots aquests residus se n'encarregarà l'empresa contractada per fer les obres.

10.4. Matriu d'impactes

A la Taula 10.1 es pot veure la matriu d'impactes generats tant a la fase de construcció com d'exploració. A la columna d'avaluació d'impactes s'estableix el rànking d'incidències per poder valorar el grau d'incidència de cada un dels impactes.

Taula 10.1. Matriu d'Impactes Ambientals. Elaboració Pròpia

		MATRIU D'IMPACTES														AVALUACIÓ D'IMPACTES												
		SOL			AIGUA			MEDIO AMBIENT			BIODIVERSITAT		FACTORS SOCIO-ECONÒMICS I CULTURALS				LEGISLATIU											
FASE	TRACIO	Capacitat del terreny	Forma del terreny	Estructura/Recursos del terreny	Característiques singulars	Aigües superficials	Aigües subterranies	Aigües murades	Qualitat de l'aigua	Clima	Temperatura	Sòl·ls	Vegetació	Plantes aquàtiques	Ouverts	Fauna marina		Insectes	Especies d'interès o en perill	Vitabels	Zones agrícoles	Zones residencials	Zones naturals	ús del sòl	Infraestructura	DOCCORAL	ECONÒMIC	LEGISLATIU
		Excavació i moviment de sòl	█	█																								Ranking d'incidència
		Ambientament i compactació	█	█																								1
		Generació i alocament de residus																										2
		Generació de sorolls																										3
		Generació de gasos i partícules de combustió																										4
		Transport del material																										5
		Construcció dels elements																										6
		Presència de gestions																										7
		Reaprofitaments de l'aigua																										2
		Possibles fugides																										Impacte positiu
		Costos de manteniment																										Impacte positiu

Llegenda:

█ Impacte positiu

█ Impacte negatiu

█ Impacte no significatiu

Conclusions

La construcció de piscines naturalitzades no està gaire estesa. Degut a la poca divulgació, es tracta d'un model més costós econòmicament, sobretot pel disseny, és molt més fàcil construir una piscina convencional ja que esta tot modelitzat.

Les piscines naturalitzades són la fórmula perfecte per al futur en concordança amb la naturalesa. Integrant totalment el paisatge de l'entorn, on la imaginació és el límit amb una àmplia varietat de solucions presentades als problemes concrets de cada projecte.

Permet disposar d'un jardí aquàtic durant tot l'any i el bany en les èpoques més caloroses, estant en completa harmonia amb l'entorn.

Evita l'ús de substàncies químiques per a la desinfecció de piscines, i tots els inconvenients que això suposa. Evitant la contaminació tant local com global degut a la dissolució d'aquests compostos en aigua i el cicle natural d'aquesta. I evitant també les possibles afeccions o malalties derivades d'aquests als usuaris de la piscina.

Es pot adaptar una piscina convencional que funciona amb clor a una piscina naturalitzada amb una varietat molt gran de solucions. La solució final per a la problemàtica en concret d'aquest estudi consisteix en vasos separats reaprofitant al màxim les instal·lacions existents i els recursos de l'entorn ja que és la forma més econòmica possible.

Si bé, la reconversió d'una piscina existent, no és rentable econòmicament si que ho és mediambientalment.

Agraïments

Vull donar les gràcies a totes les persones que m'han ajudat a la realització d'aquest treball. Sobretot a les orientacions, suggeriments i suport de la directora, Núria Miralles, la qual ha mostrat total simpatia i disposició davant les dificultats aparegudes durant aquests mesos.

Agrair a l'empresa BIONOVA PISCINAS NATURALES per contestar les qüestions presentades desinteressadament i per la seva amabilitat. A la família propietària per proporcionar-me totes les dades necessàries i per la seva simpatia.

En especial, agrair als meus pares i a amics que no han dubtat en ajudar-me en qualsevol moment fos l'hora que fos, la seva paciència i suport incondicional al llarg de tots aquests anys i sobretot per escoltar-me i distreure'm.

Gràcies a tots.

Bibliografia

Referències bibliogràfiques

- [1] Quarta Natura SL. (2013). *Piscinas de Manantial*. [Manual en línia]. Recuperat el 15/Març/2016 de http://www.academia.edu/4153452/Piscinas_de_Manantial
- [2] «BOE.» *Boletín oficial del Estado. Núm. 244*. 11/Octubre/2013. https://www.boe.es/boe_catalan/dias/2013/10/11/ (15/Març/2016).
- [3] Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad.. <http://www.msssi.gob.es/profesionales/saludPublica/saludAmbLaboral/calidadAguas/piscinas/preguntasFrec.htm> (15/Març/2016).
- [4] The Swimmingpond Company. <http://www.theswimmingpondcompany.co.uk/about/> (15/Març/2016).
- [5] Aloe de Sobras. <https://aloedesorbas.wordpress.com/2014/03/24/piscinas-naturales-depuracion-biologica/> (20/Març/2016).
- [6] Arquitectura Verde. <http://www.arquitecturaverde.es/en/blog-en/piscinas-naturales-2/> (20/Març/2016).
- [7] Sitiosolar.com. <http://www.sitiosolar.com/las-piscinas-naturales/> (20/Març/2016).
- [8] ArquitecturaDiseño pasado/presente/futuro <http://infotarquitectura.blogspot.com.es/2016/01/piscinas-naturales.html> (20/Març/2016).
- [9] BioNova Piscinas. <http://www.bionovapiscinasnaturales.com/> (20/Març/2016).
- [10] Estanques EU. <http://www.estanques.eu/kaldnes.html> (20/Març/2016).
- [11] Bipiscinas Magina. <http://biopiscinasmagina.es.tl/BIOPISCINAS-MAGINA.htm> (20/Març/2016).
- [12] Segovia, A. (2004). *Detalles de Arquitectura 6.1*. Madrid: Munillaneria Ediciones.
- [13] Google maps. <https://www.google.es/maps?hl=es> (17/Abril/2016).

- [14] Diputació de Barcelona. <http://parcs.diba.cat/documents/182160/2399764f-f711-4298-8312-c47186d1e1be> (17/Abril/2016).
- [15] Roigsat. <http://www.roigsat.com/quines-son-les-principals-zones-amb-aigua-dura-de-catalunya/> (17/Abril/2016).
- [16] Ingeniería y cálculos. <https://www.ingenieriaycalculos.com/matematicas/geometria> (17/Abril/2016).
- [17] Wikipedia. "Caquete Esferico" .
https://es.wikipedia.org/wiki/Casquete_esf%C3%A9rico (17/Abril/2016).
- [18] Städtische Realschule Oelde. <http://www.rsoelde.de/projekte/regeln.htm> (17/Abril/2016).

Bibliografia complementaria

Bitotiop Natural Pool. <http://www.biotop-natural-pool.com/> (23/Març/2016).

GatenArt. <http://www.gartenart.co.uk> (20/Abril/2016).

GIABN (Grupo Iberico de Aguas de Baño Naturalizadas)
http://www.giabn.org/cms/iob/es/cms?cms_knschluessel=HOME (20/Abril/2016).

Hoffman, Margaret C. (2013) *Nutrient removal in natural swimming pools*. Tesi doctoral. Department of Plant Science. The Pennsylvania State University (director: Robert D Berghage).

Littlewood, M. (2005) *Natural Swimming Pools*. Schiffer Publishing.

TeichMeister. <http://www.teichmeister.es/es/> (23/Març/2016).