

ANNEX B

Caracterització d'un abastament d'aigua

- B.1. INTRODUCCIÓ A LES FASES D'UN ABASTAMENT**
- B.2. CAPTACIÓ**
- B.3. TRACTAMENT**
- B.4. TRANSPORT, EMMAGATZEMATGE I DISTRIBUCIÓ**





b.1. Introducció a les fases d'un abastament

Un abastament d'aigua és un sistema tecnològic que facilita l'accés al recurs hídric. La definició és àmplia. Usualment però es pot caracteritzar un abastament d'aigua com diverses etapes: captació, transport, emmagatzematge, tractament i distribució. L'abastament tipus es pot considerar que consisteix en l'habilitació d'una zona de captació, en el transport de l'aigua d'un lloc a un altre, en l'acondicionament del recurs per assegurar-ne la potabilitat i en la posterior distribució entre els diferents llocs on els usuaris tenen accés al recurs.

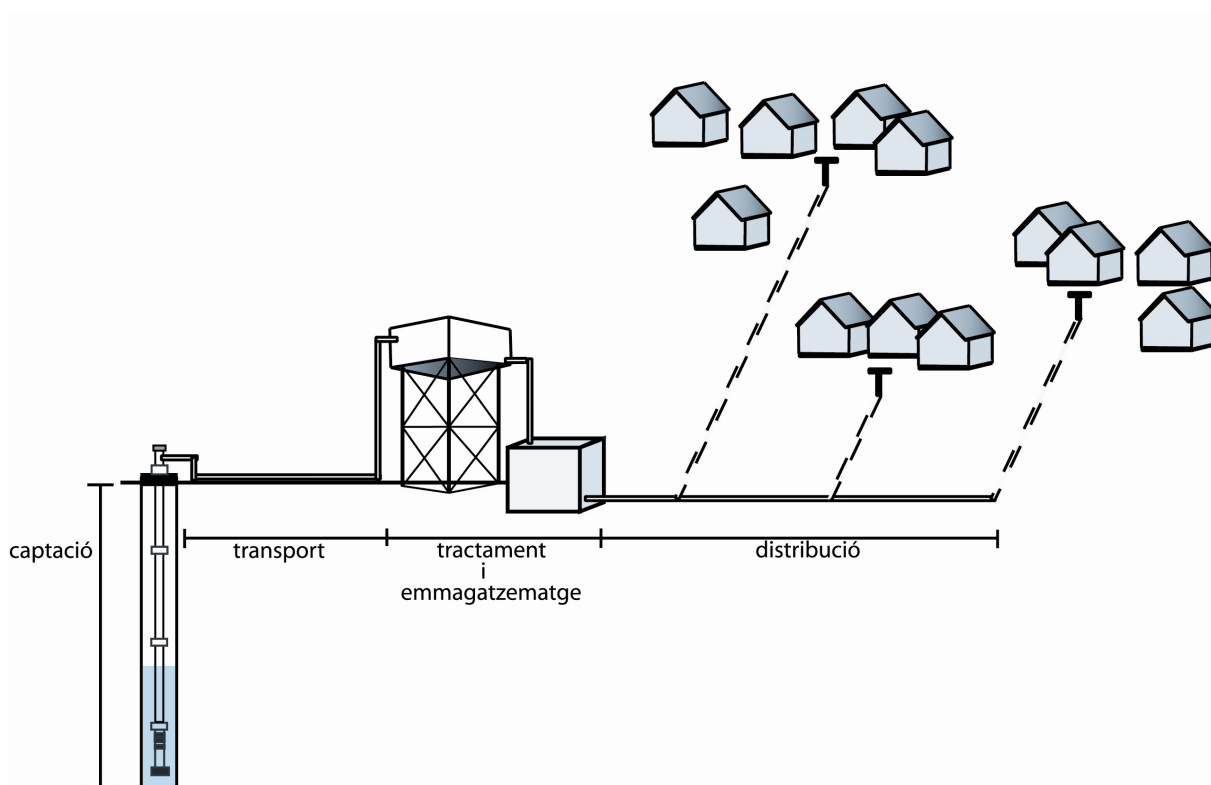


figura b.1 Fases d'un abastament d'aigua

Aquesta segmentació en fases no es correspon sempre amb la realitat. Sovint es troben sistemes que no tenen tractament o que són tan simples en què el transport i la distribució es poden considerar una mateixa cosa (per exemple en el cas d'una bomba d'acció humana). La diferenciació en fases facilita el llenguatge i la comprensió del funcionament d'un abastament però no cal entendre-ho com una estructura estricta.

A continuació es fa una breu explicació de cadascuna d'aquestes fases per a posar en context la problemàtica d'un abastament.





b.2. Captació

En termes generals hi ha tres categories de recursos hídrics: les aigües subterrànies, l'aigua de pluja i les aigües de superfície.

- Les **aigües subterrànies** es troben sota la major part de la superfície terrestre del planeta, encara que la profunditat a què es troben, el seu contingut mineral, la grandària dels dipòsits, les taxes d'infiltració (i per tant el rendiment potencial) i les característiques dels sòls que les cobreixen (i conseqüentment el seu grau d'accessibilitat) són molt variats. En les regions muntanyoses l'aigua brolla de manera natural. En d'altres casos però és necessari excavar pous i instal·lar bombes o altres sistemes d'extracció.
- La recollida **d'aigua de pluja**, ja sigui en els sostres d'edificis o en superfícies de captació més gran, pot ser una font d'aigua potable, especialment on no es disposa d'altres fonts d'aigua pura (per exemple, en les regions on les aigües subterrànies estan contaminades o a massa profunditat). En casos extrems és possible obtenir aigua condensant la humitat de l'atmosfera (com la rosada) en sedassos o artefactes semblants.
- Les **aigües de superfície** dels rius, llacs i estanys són de fàcil accés en moltes zones poblades, encara que quasi bé sempre estan contaminades. Només hauria d'usar-se aquesta aigua si no es disposa de cap altra font d'aigua pura.

La quantitat i fiabilitat de les dades sobre els recursos hídrics varia de país a país. En molts països és necessari realitzar estudis i exploracions addicionals abans de planificar detalladament els projectes, especialment pel que fa referència a aigües subterrànies.

b.2.1. Aigua subterrània

Es tracta de fonts en general bacteriològicament pures. No obstant, els aquífers d'aigües subterrànies poden contaminar-se amb bacteris provinents de latrines, abocadors de residus, estables, cementiris...

Les aigües subterrànies també poden patir contaminació química i no ser aptes per al consum si no se les purifica. Com s'explica en aquest capítol, entre els contaminants més comuns figuren (en quantitats excessives) el ferro, les sals dissoltes i el fluor.

Tots els recursos d'aigües subterrànies tenen els seus límits. El bombament excessiu pot provocar un descens dels nivells de les aigües subterrànies fins al punt que deixi de ser factible continuar extraient aigua. Per tant, és necessari que els recursos d'aigües subterrànies siguin administrats de forma racional. La gestió dels recursos d'aigües subterrànies s'hauria de garantir per mitjà de normes jurídiques adequades i vigilància de les institucions corresponents.



Es troben diferents sistemes de captació pels sistemes d'aigües subterrànies. A continuació se'n fa una descripció.

b.2.1.1. Embassaments subsuperficials

Els embassaments subsuperficials capturen les aigües subterrànies que flueixen més prop de la superfície en les valls i els llits dels rius secs. L'aigua s'emmagatzema en un embassament a poca profunditat sota, la superfície. D'aquesta manera la pèrdua d'aigua deguda a l'evaporació és mínima i l'aigua es purifica naturalment en ser filtrada pel sòl. Perquè l'embassament compleixi la seva funció ha de ser construït en l'ample de la vall o immediatament damunt d'un mantell de terra impermeable. L'aigua emmagatzemada s'obté per mitjà de pous.

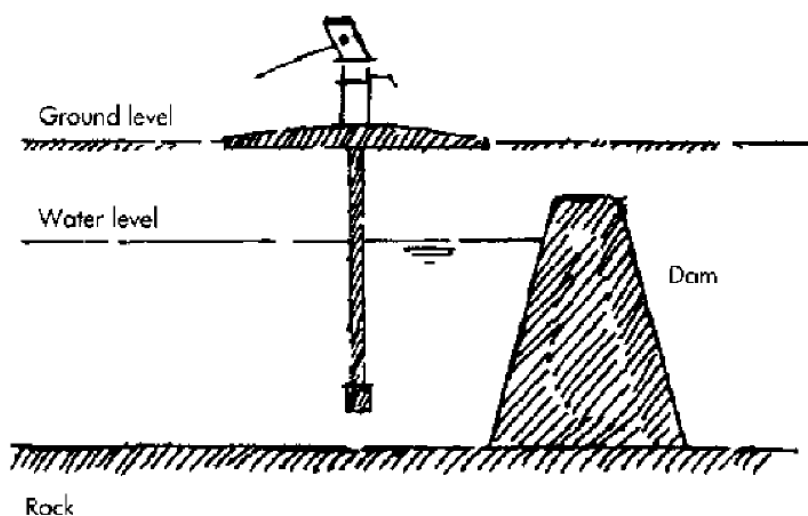


figura b.2 Representació d'un embassament subsuperficial

b.2.1.2. Protecció dels brolladors

Els brolladors afluïxen en la intersecció de les capes freàtiques amb la superfície. Solen constituir les fonts tradicionals d'aigua de les comunitats, especialment de les que habiten en regions muntanyoses, de manera que representen una solució culturalment acceptable al problema de l'abastament d'aigua.

Quan es tracta de realitzar millores només haurien de tenir-se en compte els brolladors que satisfacin les condicions següents:

- El brollador hauria d'abastar una quantitat mínima d'aigua durant tot l'any (amb l'excepció dels casos específics en què les funcions de desenvolupament del brollador estiguin encaminades a augmentar la seguretat de l'abastament d'aigua de la comunitat durant part de l'any; entre nou i 10 mesos, per exemple).



- No hi hauria d'haver cap font important de contaminació aigües amunt del brollador (una població, una planta febril, un escorxador, etc.), i s'hauria de controlar la qualitat de l'aigua per assegurar-se que sigui acceptable.
- La distància entre el brollador i la comunitat que l'aprofita no hauria de superar el que en cada país es consideri normal.

La protecció del brollador requereix generalment la construcció d'un dipòsit que cobreixi el brollador, que sigui hermètic, retengui l'aigua i ofereixi la possibilitat de sotmetre-la a un procés rudimentari de filtració i sedimentació per mitjà d'un filtre de grava i d'un pou de recol·lecció. Aquest dipòsit pot construir-se emprant recursos i coneixements tècnics locals.

En tot cas, s'hauria de protegir la zona ubicada immediatament aigües amunt del brollador amb una tanca per a impedir que els animals defequin a la zona. L'erosió també pot causar problemes en les zones immediates als brolladors. En aquesta situació s'haurien de protegir els terrenys aigües amunt del brollador amb vegetació i petits dics de terra.

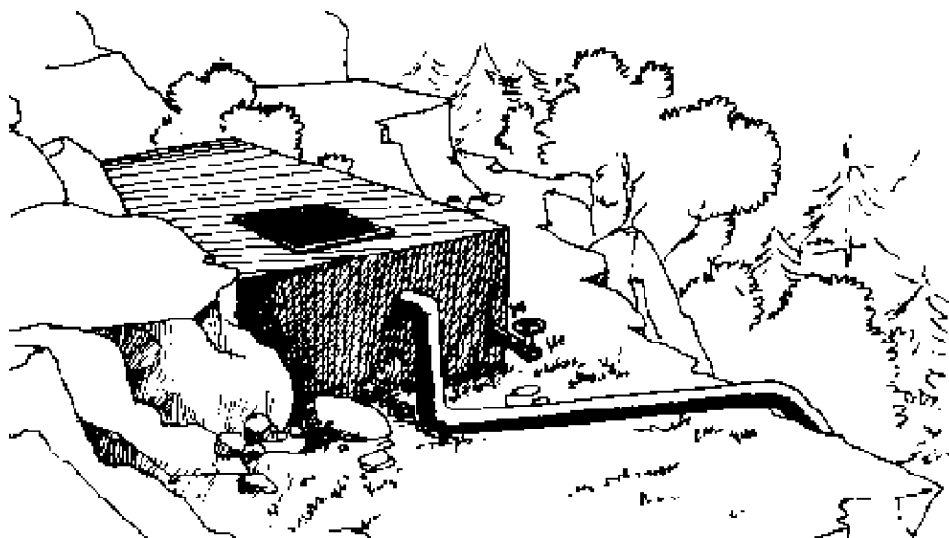


figura b.3 Representació d'un brollador protegit

b.2.1.3. Pous cavats a mà

Els pous cavats a mà són d'ús freqüent en els països en desenvolupament i en moltes regions ho han estat durant molts segles.

Aquesta tecnologia ofereix una àmplia sèrie d'avantatges:

- No requereix mà d'obra altament qualificada
- Per mitjà de l'apropiada participació dels beneficiaris en la construcció és possible incrementar el nivell de participació i de sentiment de propietat de la comunitat



- Pot resultar l'opció més econòmica d'abastament d'aigua
- La millora d'un pou cavat a mà ja existent constitueix sovint el primer pas cap a una font d'aigua potable per a la comunitat
- A diferència de la majoria dels pous de sondeig, és possible continuar extraient aigua d'un pou cavat a mà encara que s'hagi danyat la bomba o no n'hi hagi cap d'instal·lada
- La major part de la construcció del pou pot realitzar-se amb materials locals
- Ofereixen una certa quantitat d'espai per a emmagatzemar suficient aigua com per a abastar els usuaris durant els horaris de màxim ús pel fet que els pous cavats a mà són de diàmetre major que els de sondeig,

No obstant, també s'han de tenir en compte els desavantatges:

- En absència de mesures i equips de seguretat adequats la construcció dels pous pot resultar perillosa
- Encara que hi ha moltes experiències de pous cavats a mà molt profunds, generalment són relativament poc profunds (menys de 20 m) i tendeixen a extreure l'aigua de l'aqüífer més pròxim a la superfície (no confinat), de manera que són més susceptibles a la contaminació bacteriològica i als efectes del descens de les capes freàtiques.
- Els pous cavats a mà que no estan recoberts de material aïllant són particularment susceptibles a la contaminació d'origen humà o animal;
- Aquesta tecnologia només resulta eficaç en formacions geològiques toves amb nivells relativament elevats d'aigües subterrànies i això restringeix la seva aplicació a zones i regions determinades.

b.2.1.4. Pous perforats amb equip de sondeig manual

En certes circumstàncies la perforació dels pous de sondeig amb equips manuals simples i econòmics és una tècnica molt adequada. El pou ha de ser relativament poc profund (generalment menys de 30 metres) i el terreny ha de ser tou. En aquestes condicions, les perforacions amb l'equip de sondeig manual es poden fer més veloçment que els pous cavats a mà i arribar a profunditats lleugerament majors.

L'equip de perforació manual més comú consisteix en un trípod i un cabrestant amb barrines i broques. Diversos operaris (generalment quatre) fan girar manualment la barrina mentre els altres s'assenten a les barres transversals aplicant una força descendent.

Els pous mal dissenyats o mal acabats poden resultar un fracàs si la perforació està a càrrec de mà d'obra no qualificada. En aquest sentit, els pous perforats a mà tenen menys "tolerància" que els pous cavats a mà i depenen en major grau de la mà d'obra qualificada. No obstant, els pous perforats a mà i els cavats a mà comparteixen l'avantatge de permetre un alt grau de participació comunitària, ja que els beneficiaris poden col·laborar en la construcció dels mateixos.



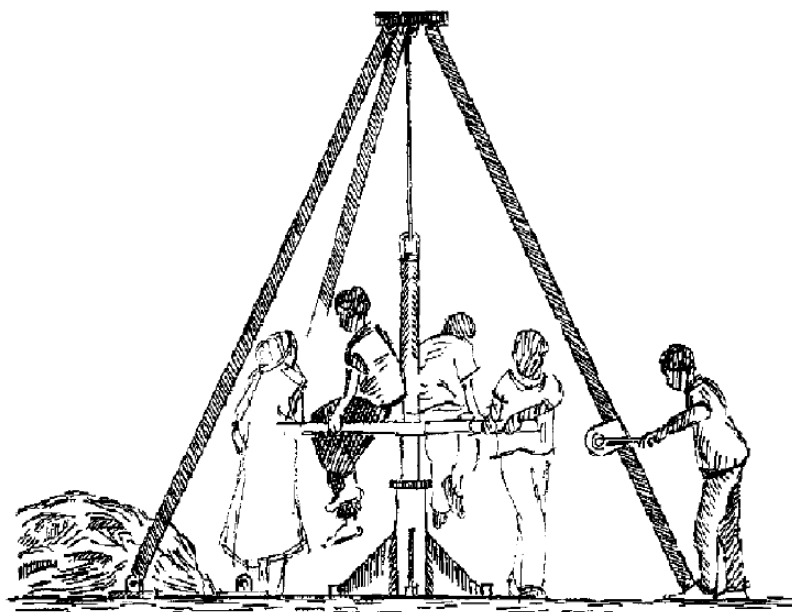


figura b.4 Equip de sondeig manual

b.2.1.5. Pous de sondeig perforats a màquina

Les tres raons principals per les que la perforació mecanitzada molts cops es preferible al cavat a mà o a la perforació manual són les següents:

- És possible perforar pous de sondeig molt més ràpidament
- És possible aconseguir profunditats molt majors
- Es disposa d'equips de perforació per mitjà dels quals es poden fer pous en formacions semiconsolidades i consolidades (dures).

De fet, en moltes regions els equips mecànics de perforació representen l'única opció de què es disposa per accedir a les fonts d'aigües subterrànies. El desavantatge principal són que les despeses d'inversió, operació i manteniment són molt més elevades que les del cavat o la perforació manuals.

Els dos tipus d'equips de perforació mecànic més habituals són la perforadora per cable i la perforadora rotatòria petita.

- Les perforadores per cable, o perforadores de percussió, són de disseny molt simple i s'empren des de fa molts anys. La màquina fa forats impulsant reiteradament un pesat barnillatge de perforació i una broca contra el pis, eliminant les restes de sòl i roca amb una netejadora d'aigua o aire comprimit, i repetint el procés fins a arribar a la profunditat desitjada. El barnillatge de perforació no gira (encara que es produeix certa rotació natural que ajuda a l'operació de tall del sòl), i el pesat barnillatge de perforació és elevat pel motor per mitjà d'un sistema de cabrestants i cables. Tot i tractar-se equips



mecànics, aquests són de disseny simple i els costos d'inversió i operació són relativament baixos. Encara que en formacions no consolidades o semiconsolidades es poden aconseguir velocitats de perforació elevades, el mètode no és adequat per a les formacions dures.

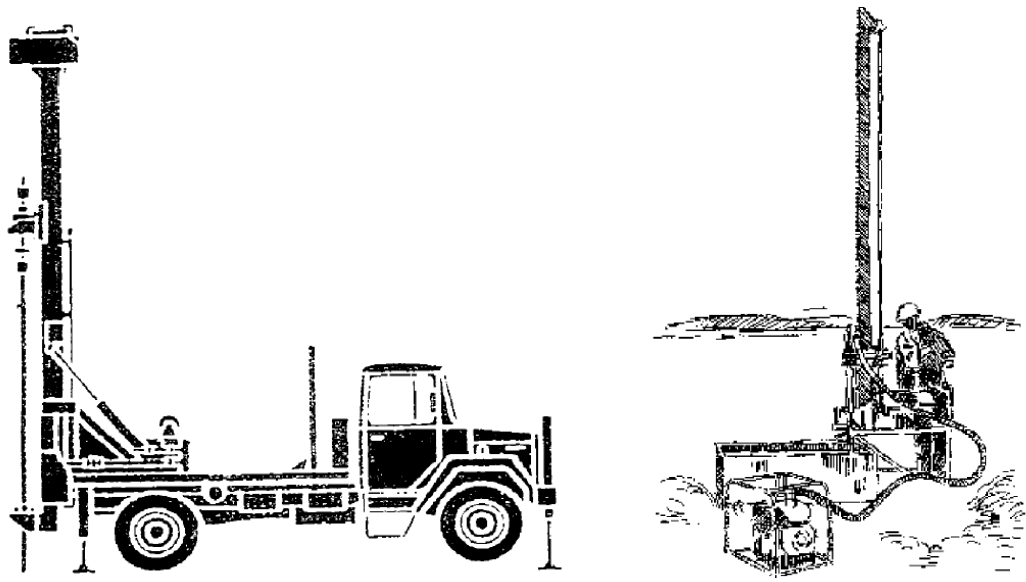


figura b.5 Equips de perforació mecànica

- Les perforadores rotatòries fan forats per mitjà d'un trepant, perquè un motor fa girar el banyarriquer de la tija i una broca amb gran força de torsió. Les perforadores rotatòries de rentada amb aire s'empren principalment en les formacions rocoses dures, i poden realitzar eficaçment perforacions molt profundes a gran velocitat. Encara que no es tracta d'equips excessivament complicats, les perforadores de rentada amb aire requereixen compressors d'aire separats, i aquests són cars, voluminosos i complexos.

b.2.2. Aigua de pluja

Els sistemes de captació d'aigua de pluja són adequats en els casos següents:

- Inexistència d'aigua superficial o aigua subterrània molt profunda o inaccessible a causa d'una formació geològica dura.
- Aigua salada, àcida o no potable.

L'aigua de pluja pot ser arreplegada de les superfícies seguint diversos mètodes:

- **Captació de sostre:** L'aigua transita pels canalons fins a una cisterna. Aquesta cisterna pot tenir capacitat suficient per a satisfer les necessitats d'una comunitat o institució (com una escola), o els requeriments d'una família.



- **Captació de superfície:** L'aigua que s'escorre pels sòls menys permeables durant les precipitacions intenses pot ser captada en pous revestits de material aïllant, o desviada a pous de sondeig dissenyats especialment per a recarregar artificialment aquífers d'aigües subterrànies. A més d'això, es poden construir embassaments per a contenir l'aigua que flueixi per fondalades i valls. És necessari que en l'etapa de disseny s'estudiïn amb detall les conseqüències ecològiques dels embassaments de grans dimensions i altres sistemes artificials de recarrega. Quan es compta amb dissenys que s'adaptin a les condicions locals, les pròpies comunitats, amb l'assistència d'artesans locals, poden construir sistemes de captació a preus relativament baixos.

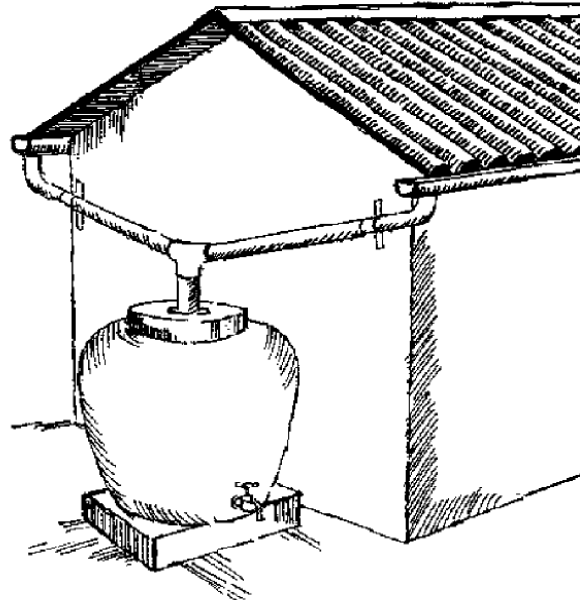


figura b.6. Sistema de captació de sostre

b.2.3. Aigua de superfície

Quan no es disposa immediatament d'altres fonts, és possible captar les aigües de superfície per a usar-les després de sotmetre-les a un procés de filtració.

A continuació es fa un resum dels sistemes de captació d'aigua superficial més usats.



b.2.3.1. Captació lateral protegida

Una entrada lateral protegida proporciona un lloc estable en el banc d'un riu o d'un llac, on l'aigua pot fluir a un canal o entrar en la canonada de succió d'una bomba. Aquesta es construeix per a suportar el dany causat per inundacions i per a reduir al mínim els problemes causats pels sediments. Les entrades laterals són estructures robustes, generalment fetes amb material reforçat, i poden tenir vàlvules o rescloses per a netejar qualsevol sediment que pugui quedar

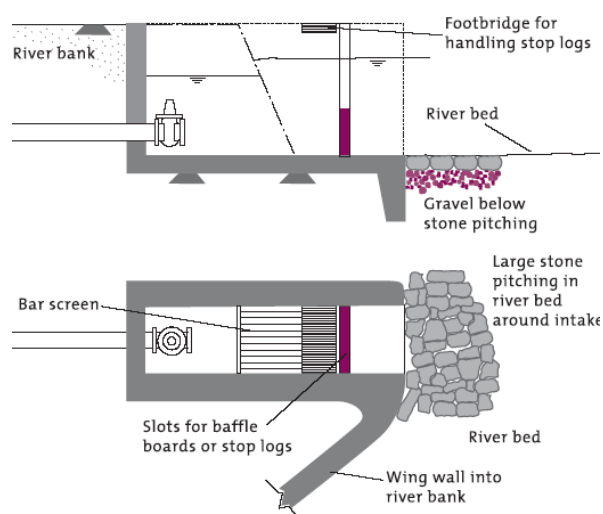


figura b.7 Representació d'una captació lateral protegida

b.2.3.2. Captació del fons del riu

s'utilitza generalment en els rius i cascades per a corrents petits on el transport del sediments és petit. L'aigua s'extreu a través d'una reixa sobre un canal (fet generalment de formigó i construït sobre el llit del riu). Les barres de la reixa es posen en la direcció del corrent i inclinat cap avall, de manera que els materials grossos no puguin entrar.

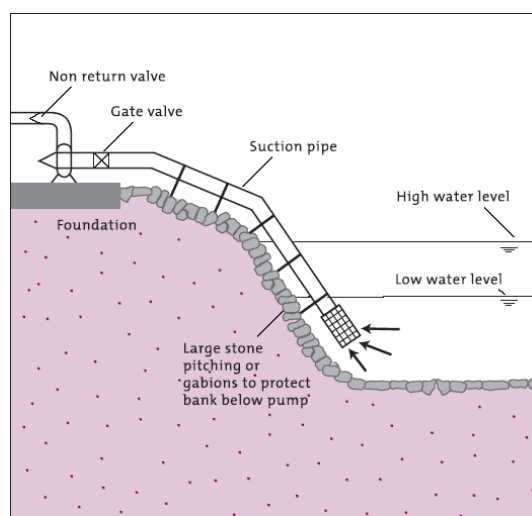


figura b.8 Captació de fons del riu



b.2.3.3. Captació flotant

La captació flotant per als sistemes d'aigua de boca potable permet que l'aigua sigui extreta prop de la superfície d'un riu o llac, evitant així les càrregues més pesades de sediments que es transporten més prop del fons durant les inundacions. La canonada d'entrada a la bomba de succió està situada tot just sota el nivell de l'aigua i connectada amb un pontó flotant.

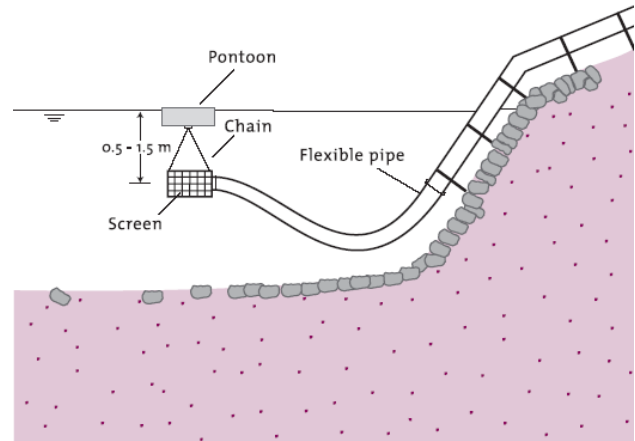


figura b.9 Captació flotant

b.2.3.4. Captació protegida

En una captació protegida l'aigua del riu o del llac travessa una canonada subaquàtica que connecta amb un pou protegit. L'obertura de la canonada subaquàtica es localitza sota del nivell de l'aigua i està reixat.

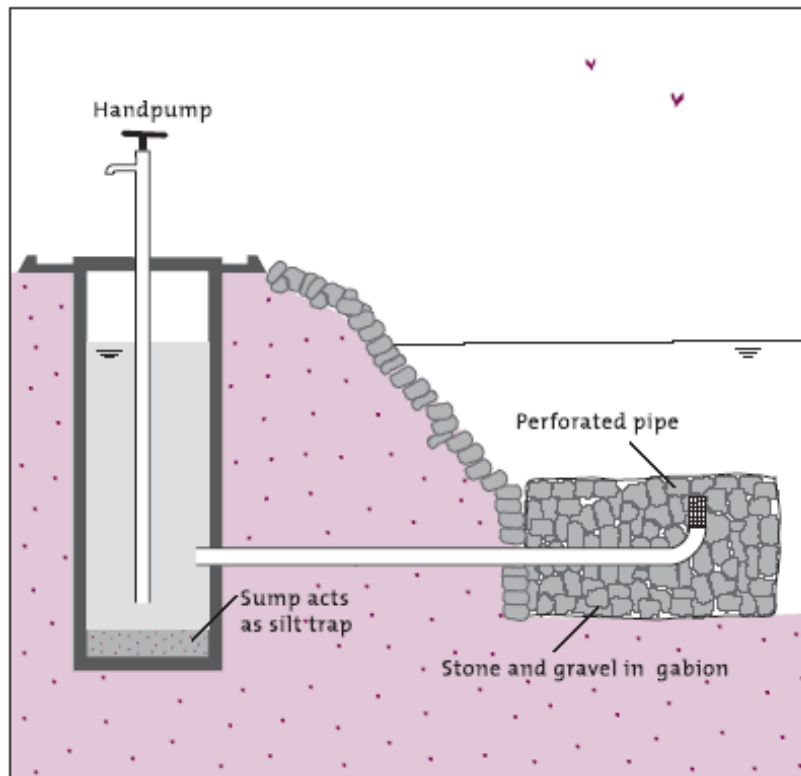


figura b.10 Captació protegida





b.3. Tractament

Pràcticament tots els sistemes d'abastament d'aigua requereixen un tractament per a què l'aigua sigui potable. Sovint però la comunitat:

- No pot assumir el seu cost.
- No pot assumir la seva complexitat tècnica.
- No mostra predisposició favorable envers això.

Per a reduir els riscos de contaminació microbiològica, física i química de l'aigua potable és necessari tenir en compte diversos aspectes durant tot el sistema d'abastament:

- Gestió de l'ús del sòl en la zona de captació.
- Selecció i protecció de les fonts d'aigua.
- Tractament i reciclatge de l'aigua residual.
- Sistema de distribució adequat i ben mantingut.
- Pràctiques segures per part dels usuaris.

b.3.1. Objectius

L'objectiu principal és reduir la contaminació fins a nivells acceptables pels usuaris, de manera que l'ús i la sostenibilitat del sistema no es vegin afectats negativament. Cal tenir en compte que l'aplicació d'un sistema de tractament està sempre condicionat per aspectes tècnics i econòmics.

Tot procés de tractament d'aigua potable pretén:

- Eliminar de tots els organismes patògens.
- Eliminar els elements químics perillosos: metalls pesats, fluor, arsènic, nitrats.
- Eliminar els constituents orgànics.
- Reduir la matèria en suspensió que causa torbesa.
- Eliminar el ferro i el manganès que donen color i gust amarg a l'aigua.

Alguns sistemes necessiten més tractament que altres. Generalment, les aigües subterrànies estan menys contaminades que les superficials; però en aquells casos en què l'aigua subterrània mostra contaminació, bàsicament metalls pesats, el seu tractament és molt més difícil i costós. L'aigua superficial requereix quasi sempre tractament.



b.3.2. Principals sistemes de tractament

b.3.2.1. Aireig i sedimentació

Aireig

S'entén per aireig el procés per mitjà del qual l'aigua és posada en contacte íntim amb l'aire, a fi de modificar les concentracions de substàncies volàtils contingudes en ella.

Les funcions més importants de l'aireig són:

- Transferir oxigen a l'aigua.
- Disminuir la concentració de CO₂.
- Oxidar ferro i manganès.
- Eliminar compostos orgànics volàtils.
- Eliminar substàncies volàtils productores d'olors i sabors.

En la purificació d'aigües s'agrega oxigen per mitjà d'aireig, principalment per a la remoció de ferro i manganès. L'aireig compleix els seus objectius de purificació de l'aigua per mitjà de l'arrossegament o agranat de les substàncies volàtils, causat per la mescla turbulenta de l'aigua amb l'aire, i pel procés d'oxidació dels metalls i els gasos.

Els principals airejadors utilitzats comunament en purificació d'aigües són:

- Toveres.
- Cascades.
- Canals inclinats.
- Airejadors de safates.

Sedimentació

La sedimentació consisteix en la separació, per l'acció de la gravetat, de les partícules suspeses el pes específic de les quals és major que el de l'aigua. El principal objectiu d'aquesta fase del tractament és eliminar les arenes presents en l'aigua.

El seu disseny es basa en la determinació del diàmetre d'arena eliminat, en funció del temps de retenció en el tanc. Com a resultat d'aquest procés obtenim:

- Efluent aclarit.
- Residus fangosos que han de ser eliminats periòdicament.





figura b.11 Exemple de tanc de sedimentació.

b.3.2.2. Filtres d'arena

Habitualment s'usen filtres lents d'arena, al ser aquests els que presenten una major eficàcia per al tractament d'aigües per al consum humà.

El seu funcionament es basa en els processos biològics, físics i químics que es donen quan l'aigua circula lentament a través d'un llit d'arena.

Elements del sistema

- **Prefiltre.** Reté partícules grosses, evita la pertorbació de l'arena en l'aigua que es va a filtrar.
- **Reductor de cabal.** Aquest dispositiu permet restringir el cabal d'aigua i controlar el nivell dins del poal amb l'aigua crua.
- **Arena.** Material filtrant que reté les partícules fines i agents microbians.

Procés

- Durant l'operació, el filtre d'arena queda cobert per una altura d'aigua entre 0.3 i 1.0 m.
- L'aigua entra suaument en el filtre.
- L'aigua passa per una capa d'arena de 0,6 a 1 metre.
- En la superfície d'arena es desenvolupa una població de microorganismes que s'alimenta dels bacteris i la matèria orgànica present en l'aigua.
- L'aigua filtrada es condueix després per un sistema de drenatge inferior.



Tipologies

Hi ha filtres d'arena amb distintes direccions de flux:

- Descendent.
- Ascendent.

Des d'una altra perspectiva, hi ha filtres d'arena que donen servei a tota una comunitat, i d'altres que són d'ús a nivell de vivenda.

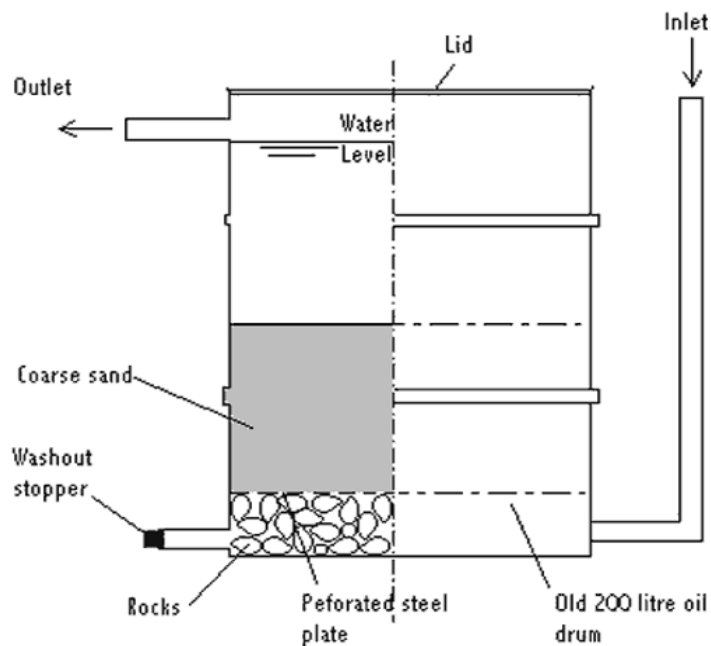


figura b.12 Esquema de filtre d'arena ascendent

Alguns comentaris de disseny

- Es caracteritzen per una baixa velocitat de filtració (0.1 – 0.3 m/hora).
- El tanc filtrant compta amb un drenatge inferior cobert de grava i arena filtrant.
- Quan el filtre serveix a tota una comunitat, el tanc d'infiltració pot ser de formigó, rajola, ferrocement, etc.
- És necessari preveure dos filtres per a garantir el funcionament del sistema durant les tasques de manteniment.
- Hi ha filtres d'arena a nivell familiar.

Manteniment i efectivitat

- És fonamental que l'aigua arribi pràcticament sense força al filtre per a no erosionar la capa biològica superior. Per a això s'acostuma a instal·lar un difusor de cabal.
- En general, un bon manteniment i una operació adequada del sistema garanteix una aigua lliure d'organismes patògens.



- Com a mitjana, s'obté 3,75 litres d'aigua aclarida per hora, que equival a 90 l/dia.
- La seva efectivitat depèn de la pel·lícula biològica que es forma en els primers mil·límetres superiors.

b.3.2.3. Cloració

La cloració de les aigües es considera el mètode més efectiu i econòmicament factible per a la desinfecció d'aigües contaminades.

Efectes

Com a efecte de l'oxidació de l'aigua es veuen modificades algunes de les seves característiques:

- Eliminació de matèria orgànica.
- Oxidació de ferro i manganès.
- Clor residual lliure o combinat.
- Eliminació d'olor, gust i color.

Possibles modes d'aplicacions

En funció del pH de l'aigua, s'ha de seleccionar una de les següents formes desinfectants:

- Àcid hipoclorós.
- Hipoclorit.
- Monocloramina.

Per a la seva aplicació hi ha diversos productes en el mercat en fase líquida (concentrada o diluïda) o sòlida (pols o pastilles).

S'ha de procurar que existeixi una porció de clor residual al finalitzar la desinfecció, a fi d'assegurar la qualitat de l'aigua durant el transport de la mateixa per les canonades.

Factors que afecten l'eficàcia desinfectant del clor

- **Eficàcia germicida:** dels diferents compostos del clor, l'àcid hipoclorós és el més eficaç. No obstant, si el temps de contacte és l'adequat, la monocloramina pot ser tan efectiva com el clor.
- **Mescla inicial:** el clor ha de ser mesclat de forma correcta amb la massa d'aigua a desinfectar.
- **Temps de contacte:** el clor ha d'estar en contacte amb l'aigua a tractar un temps suficient. Aquest temps depèn en gran manera de la qualitat inicial de l'aigua a tractar, però s'estima que una aigua amb característiques mitges hauria d'estar en contacte amb el clor uns 30 min.
- **Característiques de l'aigua:** en presència de compostos orgànics es poden presentar interferències en el procés.



- **Característiques dels microorganismes:** per a un cultiu bacterià jove (1 dia), únicament es requereix un minut per a aconseguir un número reduït de bacteris; si el cultiu bacterià té 10 dies, es requereixen 30 minuts.

b.3.2.4. Altres mètodes

Desinfecció Solar

Actualment l'OMS està promovent el programa Desinfecció Solar de l'Aigua. Aquest sistema es basa en la desinfecció de l'aigua dins d'ampolles transparents de plàstic col·locades horitzontalment durant cinc hores en una superfície plana. Aquesta desinfecció és produïda per la calor i els rajos ultravioletes del sol.

Desinfecció per iode

Avantatges

- Independent del pH (excepte a temperatures baixes).
- Eficax contra els organismes patògens més agressius.
- Persistència de valors residuals.

Desavantatges

- 20 vegades més car que el clor.
- Sabor i lleugera olor.
- Díficil preparació a escala industrial.



b.4. Transport, emmagatzematge i distribució

b.4.1. Funció de les xarxes de transport i distribució

No totes les poblacions disposen de brolladors o de pous pròxims en condicions sanitàries adequades per al consum humà. Per això es fa necessari transportar i distribuir l'aigua.

L'aigua pot captar-se a partir de diverses fonts per diferents mitjans tècnics. Posteriorment, l'aigua pot distribuir-se als usuaris de diferents maneres. Sigui quina sigui la solució tècnica que s'adopti, l'objectiu és que tots, i especialment els sectors més pobres de la societat, comptin amb un accés raonable amb quantitats adequades d'aigua que resulti segura per al consum humà.

La decisió sobre el nivell de servei que es prestarà, com i on s'abastarà d'aigua als usuaris i en quines quantitats, són fonamentals per a la planificació de qualsevol projecte d'abastament d'aigua. Les opcions en matèria de disseny de sistemes són:

- **Sistemes de punt únic**, que consisteixen generalment en pous excavats o pous de sondeig de diàmetre petit dels què s'extreu aigua per mitjà de bombes manuals
- **Font pública d'aigua**: sistema d'aigua corrent que alimenta a un número limitat d'aixetes públiques que abasten d'aigua a totes les llars del veïnat.
- **Connexions domiciliàries**: sistemes d'aigües corrents que transporten el líquid fins a aixetes en edificis de vivendes o llars individuals.

Els sistemes d'aigua corrent s'alimenten per gravetat directament des de la font (per exemple, un brollador de muntanya) o des d'un tanc elevat a què es bomba l'aigua provinent, per exemple, d'un pou de sondeig profund. Quan sigui necessari, l'aigua pot ser purificada en tancs d'emmagatzematge intermedis.

Els punts d'aigua públics, ja es tracti de pous oberts, bombes manuals o fonts públiques d'aigua, han de comptar sempre amb plataformes sòlides i impermeables per evitar què es dreni l'aigua.

Els sistemes d'aigua corrent, especialment els que compten amb connexions domiciliàries, resulten més convenients i, per tant, són els preferits en la majoria de les comunitats. A major conveniència correspon sempre un major consum. Després de la instal·lació d'aixetes en espais públics s'han registrat augments del consum de l'orde del 500%.

La justificació dels costos addicionals del bombament, dels tancs elevats i de les aixetes en els espais públics depèn dels recursos naturals o externs dels que es disposi per a realitzar una



cobertura en gran escala, i de la capacitat i voluntat dels usuaris de pagar els costos d'operacions molt més alts que no pas els de bombament manual.

b.4.2. Transport

El transport des del punt de captació fins al punt de consum es pot realitzar:

- A pressió, per mitjà de canonades i bombament.
- En làmina lliure, per mitjà d'un canal.

La decisió entre les dues opcions de transport ve absolutament condicionada per la topografia de la zona.

Per exemple, si la captació es produeix a una cota superior de la població que consumirà aquesta aigua, és possible realitzar un canal que l'emmagatzemi en un dipòsit pròxim a la població.

Al contrari, si la captació es troba a cota inferior o el terreny és molt accidentat, resulta impossible realitzar un canal i és més barat instal·lar una bomba i una canonada d'impel·lència.

De totes maneres, per motius sanitaris evidents, és molt més freqüent el sistema d'impel·lència amb canonada que el transport per mitjà d'un canal, sent aquests últims més utilitzats en les obres de regadiu.

b.4.2.1. Gravat

Els sistemes per gravetat es basen en la utilització de l'energia gravitatòria per al transport de l'aigua entre el punt de captació i el punt de consum.

La situació òptima d'aquests sistemes és aquella en què la captació es troba a una cota superior a la de la comunitat.

En cas de comptar amb un pressupost reduït i respectar-se les condicions de distància mínima al punt de consum d'aigua (15 min. caminant), també pot adoptar-se aquesta solució si la comunitat es troba per damunt de la captació.

Habitualment, un sistema per gravetat compta amb els elements següents:

- Captació.
- Canonada.
- Dipòsit.
 - Tanc trenca pressió.
 - Canonades de distribució.



- Punts de consum: domiciliari o públic.

Els sistemes de transport i distribució per gravetat són solucions molt bones des del punt de vista de la sostenibilitat, ja que:

- Requereixen poc manteniment.
- Els elements del sistema són senzills.
- Qualsevol problema es detecta ràpidament.

Aquests sistemes solen requerir una inversió inicial superior als pous superficials, encara que el nivell de servei és també molt superior. Això és degut principalment al cost de les canonades i al cost dels dipòsits d'emmagatzematge.

Els costos d'operació són habitualment baixos pel fet que no es requereix de fonts d'energia externes.

b.4.2.2. Impulsió

S'analitzen en profunditat a la memòria d'aquest projecte.

b.4.3. Emmagatzematge

En les següents situacions es requereixen sistemes d'emmagatzematge:

- Per a la majoria de les fonts públiques d'aigua i sistemes d'aigües corrents amb connexions en les llars i per a alguns sistemes dissenyats per a establiments com les escoles o els llocs sanitaris (en alguns casos no cal comptar amb capacitat d'emmagatzematge: com en el cas dels sistemes de captació d'aigües de brollador alimentats per gravetat en què l'aigua fluïx constantment, i on es reemplacen els sistemes d'emmagatzematge amb bombes elèctriques automàtiques de pressió)
- En els sistemes de captació d'aigua de pluja,.
- En alguns sistemes on la font és un sol punt d'aigua, generalment quan s'empra una bomba motoritzada per a extreure aigua d'un pou de sondeig profund a hores determinades del dia (que ben sovint corresponen als períodes en què es disposa d'electricitat).

Els tancs d'emmagatzematge acostumen a ser elevats, i l'aigua flueix d'ells per gravetat. Normalment, els tancs d'emmagatzematge i les torres d'elevació són de formigó armat o acer. No obstant, hi ha una disponibilitat cada vegada major d'opcions més econòmiques, com el ferroçiment (estructures amb parets primes de formigó amb reforç de filat o bambú) i, en alguns països, com l'Índia, tancs prefabricats de polietilè de densitat mitjana o altres materials plàstics.





figura b.13 Els tanc elevats són una solució en zones planes

b.4.4. Distribució

S'entén per xarxa de distribució aquella xarxa de canonades a baixa pressió que connecta el dipòsit de la comunitat i els punts de consum. Els sistemes de distribució sempre haurien de ser dissenyats per professionals o artesans amb experiència, a fi de garantir que resultin econòmics i fiables.

Les canonades poden ser de diversos materials, segons l'ús que se'ls vulgui donar.

- Els tubs de ferro galvanitzat s'empren en els trams d'alta pressió de les canonades i en les regions on no és possible instal·lar canonades subterrànies. Els tubs d'aquest material són molt més cars que quasi tots els altres.
- Els tubs de clorur de polivinil (PVC) s'empren quan la pressió de l'aigua és baixa i en les canonades subterrànies, ja que es tracta d'un material que es deteriora quan està exposat al sol durant períodes prolongats, a més de trencar-se fàcilment per impacte.
- Els tubs de polietilè d'alta densitat es solen emprar en reemplaçament de les canelles de ferro galvanitzat, ja que toleren pressions molt més elevades i resulten més econòmics. Ben sovint són més adequats que els de PVC perquè es distribueixen en rotllos més fàcils de transportar i manipular que les llargues canelles de PVC i que, al contrari que aquests, no es deterioren amb la llum del sol.
- L'ocupació de canonades de bambú només resulta adequat en les regions molt aïllades que no tenen accés per camins (de manera que no se les pot abastar de tubs d'un altre tipus, o el cost d'aquests augmenta a nivells prohibitius), i en les que es disposa de



bambú en abundància, que pot ser empleat en sistemes de baixa pressió (generalment, sistemes d'aigua de brollador alimentats per gravetat). Entre els problemes principals de les canelles de bambú figuren la rapidesa amb què es deterioren si no es preparen amb productes químics, i el problemàtic que resulta connectar les canyes de bambú amb peces d'altres materials, com les vàlvules.

En les xarxes de distribució s'intenta trobar el punt d'equilibri entre **nivell de servei i inversió necessària** per diferents camins:

- Instal·lant elements que faciliten la gestió posterior (comptadors, vàlvules de pas).
- Obviant en alguns casos els dissenys més cars, encara que amb millor servei (selecció de xarxes arborescents enfront de solucions mallades).

Els majors problemes de gestió dels sistemes d'abastament d'aigua se solen donar en les xarxes de distribució. Aquests problemes estan relacionats, entre altres coses, amb aspectes com:

- Gestió del cobrament de la quota d'aigua.
- Disseny adequat dels punts de consum d'aigua (aigua estancada, rentadors insuficients, aixetes amb pèrdues, etc.).

b.4.4.1. Xarxes de distribució a pressió

Tipus de xarxes

Les xarxes de distribució d'aigua potable es poden dividir, en funció de la morfologia de les mateixes, en dos grans tipus:

- **Xarxes arborescents:** sense cap circuit tancat o, dita d'una altra manera, on l'aigua tan sols pot circular en un únic sentit.
- **Xarxes mallades:** amb circuits tancats o, dita d'una altra manera, on l'aigua pot realitzar com a mínim dos trajectes diferents per a servir cada punt de consum.

La figura b.14 mostra els avantatges i desavantatges de cada tipus de xarxa. Si la xarxa és ramificada, els càlculs són immediats ja que es coneixen els cabals en cada un dels trams (sumant les demandes aigües avall del tram) i, per conseqüent, les pèrdues, les pressions, les velocitats, etc.

Si la xarxa és mallada, els càlculs són un tant més complexos, ja que no es coneixen a 'priori' els cabals en cada un dels trams. La solució més fàcil és utilitzar un programa de càlcul de canonades, com per exemple EPANET.



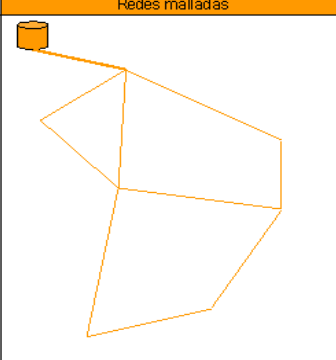
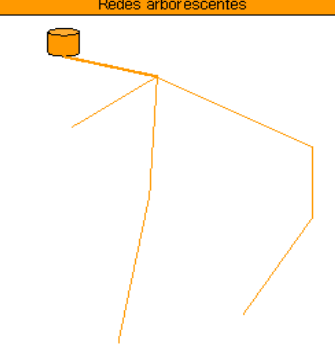
	Redes malladas	Redes arborescentes
Esquema		
Coste	Elevado	Reducido
Servicio	Muy bueno. En caso de avería, poca población queda afectada.	Malo. En caso de avería, mucha población queda afectada
Ámbito de aplicación	Urbano	Rural

figura b.14 Comparació entre xarxes arborescents i mallades

