



Generalitat de Catalunya
**Departament d'Agricultura,
Ramaderia, Pesca i Alimentació**

Integritat i estabilitat estructural

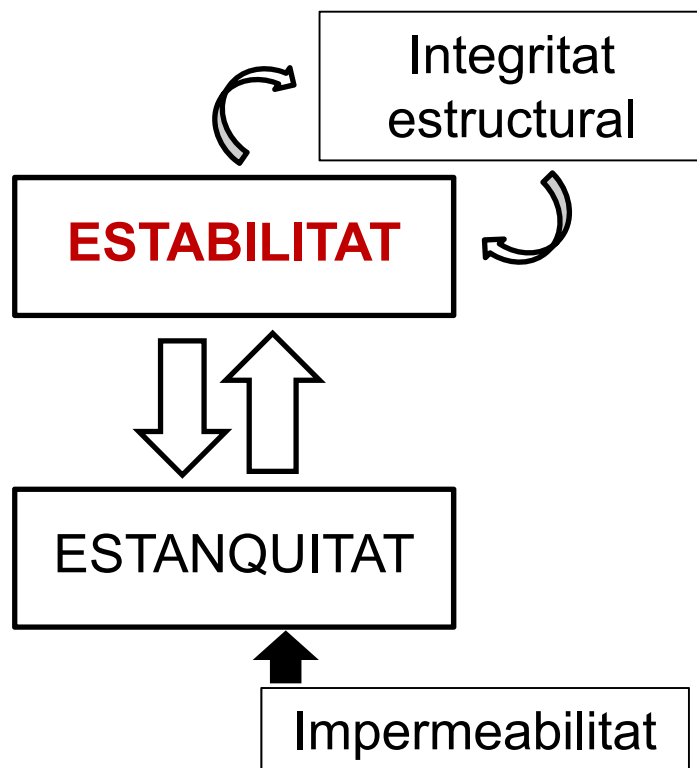
Verificació periòdica de basses i dipòsits de purins

***Joan Gàndara i Tolsà i Pilar Mallol Casals**
Enginyer de Camins, Canals i Ports / Enginyera Agrònoma
GAENA environment*

Índex

- 1. Conceptes, interdependències i altres qüestions prèvies**
- 2. Elements objecte d'inspecció**
- 3. Basses de terra i Basses de làmina**
- 4. Basses de formigó**
- 5. Dipòsits metàl·lics**

Conceptes i interdependències

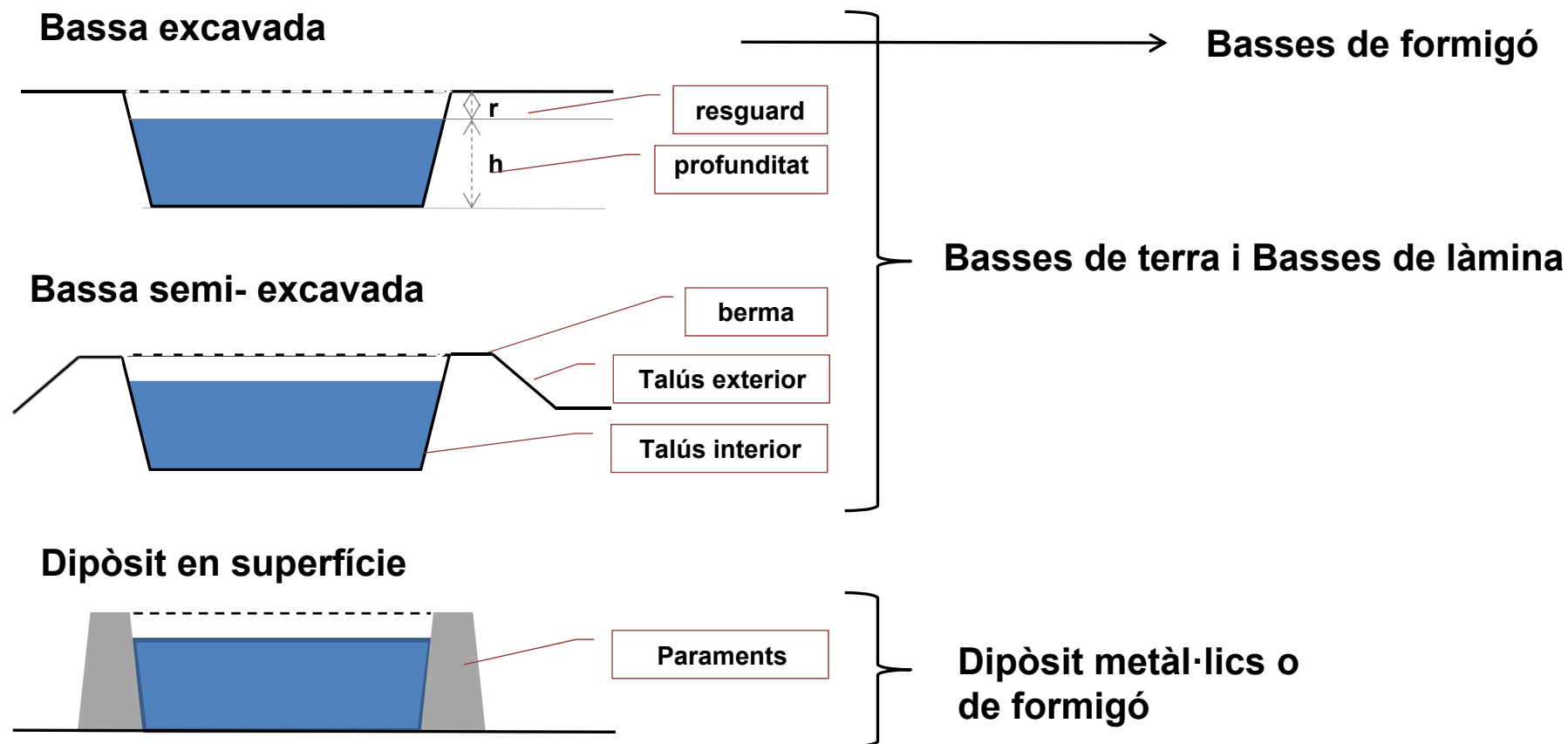


Estabilitat, qüestió inherent a la funcionalitat de la bassa, i una garantia de seguretat per a persones i bens que puguin veure's afectades pel trencament o col·lapse.

Estanquitat es garanteix mitjançant sistemes de protecció (de baixa permeabilitat) que eviten el pas d'aigua o altres líquids a través d'una construcció o elements constructius.

Impermeabilitat és la propietat d'alguns materials d'impedir la penetració d'aigua o d'altres líquids

Tipologia de basses: secció constructiva - materials



1. Conceptes

Circumstàncies que comprometen l'estabilitat

- ❑ En basses de terra totes aquelles circumstàncies que tendeixen a alterar la secció constructiva resistent i l'estabilitat de la bassa i de la seva impermeabilització, en :
 - a) Dics laterals. Poden ser filtracions, erosions o trencaments localitzats, tant en cos de dic com en coronació o talussos del mateix.
 - b) En fons de bassa. Poden ser deformacions inacceptables del terreny subjacent o filtracions localitzades que poden alterar les característiques geotècniques i resistents del mateix.
- ❑ En basses de formigó totes aquelles circumstàncies que redueixen la capacitat resistent del formigó, poden ser fissuracions locals per moviments del terreny, fissuracions tèrmiques o higromètriques que redueixen la durabilitat, obertura de junts que permeten un intercanvi de fluids i una modificació de les característiques del terreny de suport que poden generar majors empentes o deformacions locals.

Elements objecte de la inspecció

❑ Condicions de l'entorn de la bassa

- Ubicació en relació als riscos: inundació, despreniments, etc.
- Naturalesa del terreny subjacent, granular o cohesiu, i drenatge associat
- Pendent local, plataformes laterals i drenatge de les mateixes

❑ Sistema de pluvials

- Recollida de pluvials de cobertes properes
- Recollida de pluvials de camins, plataformes o talussos laterals.

❑ Cos de la bassa

- Sistema d'impermeabilització, amb argila i/o làmina, o amb formigó
- Seccions constructives (pendent dels talussos interior i exterior)
- Qualitat geotècnica i d'alterabilitat dels materials d'execució de la bassa, granulars o cohesius, expansius, etc. Aspecte molt lligat al drenatge de talussos en basses de terra.
- Processos incipients o desenvolupats d'inestabilitat (estat de: paraments, berma de coronació, resguard...)

Condicions de l'entorn de la bassa

❑ Ubicació en relació als riscos

- **Risc d'inundació:** avaluable tenint en compte la proximitat a lleres, el límit del domini públic hidràulic, la zona de flux preferent o la cota d'inundació per a períodes de retorn relativament baixos (10, 25 anys). Consultar la cartografia:
 - <http://iber.chebro.es/SitEbro/sitebro.aspx>
 - <https://sig.gencat.cat/visors/hipermapa.html>, (Zones inundables geomorfològicament, Zona de Policia)
- **Risc d'incendis :** franja perimetral seguretat de 3 m al voltant de la tanca (Decret 64/65, de 7 de març)
- **Riscos geològics i pendent local:** observació signes inestabilitat de vessants de l'entorn, despreniments de roques, pendents elevats afavoridores de la inestabilitat global dels dics de tancament de la bassa, erosió i arrossegament de materials cap a la bassa, ...

❑ Naturalesa del terreny subjacent

- Litologia (naturalesa dels materials: sòls cohesius o granulars, roca i grau de fracturació....)
- Presència d'aqüífers i profunditat, presència de corrents superficials que comprometin la estabilitat del peu de talussos exteriors



Sistema de recollida de pluvials

La xarxa de recollida de pluvials procedents de cobertes de les naus, plataformes de càrrega-descàrrega, camins o plataformes adjacents, etc., ha de garantir l'evacuació d'aquestes aigües fora de la bassa, per dos motius:

- No comprometre el volum corresponent a l'autonomia d'emmagatzematge
- Per evitar que l'aigua sobrepassi el nivell màxim en cas de pluja intensa, circumstància que comprometria la seva estabilitat.

Si aquest sistema de recollida de pluvials no està ben resolta, aquestes aigües podrien produir un soscavament de terres o erosions concentrades en els paraments o talussos interiors o exterior, provocant inestabilitats del cos dels dics.

També es necessari verificar les condicions del drenatge de pluvials de la berma de coronació en basses de terra, cap a l'exterior sense danys en talussos exteriors per acció de l'escorrentiu. En basses d'alçada exterior superior a 5 m ha d'haver dispositius de recollida d'aquestes pluvials i conducció a peu de talús. En qualsevol cas cal garantir el drenatge total de la berma i evitar acumulacions d'aigua en la mateixa.

Cos de la bassa

Qüestions bàsiques a verificar en relació al cos de les basses :

- a. Secció constructiva de talussos exteriors i interiors :** Alçada interior i pendents en basses de terra i de formigó gunitades (superior o inferior a 3H:2V), alçades i amplada de la berma superior de coronació.
- b. Processos d'inestabilitat en la pròpia bassa, basses de terra i de formigó gunitades:** resguard, estat dels talussos exteriors i interiors, estat de la coronació de la bassa (esfondraments, deformacions de la plataforma, esquerdes i fissuracions, etc), estat del revestiment interior d'argila, làmina o gunita (esquerdes, fissuracions, deformacions, continuïtat en junts, etc.).
- c. Processos d'inestabilitat o degradació en la pròpia bassa, basses de formigó:** verticalitat de talussos interiors, planeïtat de la llosa de fons, durabilitat del revestiment de formigó (estat del formigó, esquerdes, fissuracions, continuïtat i obertura de juntes fredes i de dilatació, etc.)

Es concreta per a cada tipus de bassa



Basses de terra i basses de làmina

La verificació de l'estabilitat d'aquest tipus de basses requereix l'anàlisi d'aspectes relacionats a possibles processos d'inestabilitat. Els aspectes a revisar es resumeixen :

❑ Dics de tancament en basses sobre el terreny

- Signes d'erosió en talussos: xaragalls o soscavació basal per la pèrdua de secció estructural.
- Signes d'humitats i/o filtracions exteriors per pressions intersticials interiors i disminució del factor de seguretat davant processos de trencament traslacional o rotacional.
- Indicis de moviment dels talussos reflectits en deformacions plàstiques de berma de coronació en sòls cohesius o trencament lineals en sòls granulars.

❑ Talussos interiors en basses excavades

- Signes d'erosió en talussos interiors
- Esquerdes i deformacions de talussos interiors associades a assentaments del terreny



Basses de terra i basses de làmina

□ Fons de la bassa (basses de terra)

- Moviments del fons de la bassa per assentament o per supressió nivell freàtic
- Fissuracions de retracció de la impermeabilització d'argil.la
- Esquerdes i deformacions associades a assentaments del terreny
- Gruix capa impermeable superior a 1 m, prova de permeabilitat amb $k < 1 \times 10^{-7}$ m/s

Basses de formigó

Tipologia de basses de formigó:

- Basses de formigó armat *in situ*
- Basses de blocs prefabricats
- Basses de formigó gunitat

Les patologies que poden produir-se amb major probabilitat són:

- ☐ Lesions de tipus fissuracions i esquerdes, d'origen divers
- ☐ Atacs químics al formigó per carbonatació en funció del tipus de formigó emprat
- ☐ Atacs químics al formigó per sulfats, àcids inorgànics o derivats de processos biològics anaerobis
- ☐ Atac químic al formigó per clorurs.
- ☐ Danys relacionats amb la pèrdua de capacitat portant i les empentes del terreny.



Basses de formigó

- ❑ Lesions de tipus fissuracions i esquerdes, d'origen divers :
 - Fissuració per retracció hidràulica, no comporten efectes importants sobre la resistència estructural, sí sobre la durabilitat.
 - Assentament plàstic, les fissuracions poden arribar al nivell de les armadures i travessar la secció estructural. Es produeix en casos d'ús de formigons secs i/o vibrats insuficients.
 - Fissuració d'origen tèrmic, en funció de la disposició de juntes fredes de formigonat.
 - Oxidació d'armadures que genera fissuració paral·lela. Té efectes clars sobre la resistència estructural. En estat avançat es produeix una explosió del formigó. S'agreugen amb els processos de carbonatació i atac per clorurs.
 - Sol·licitacions estructurals motivades per assentaments de solera i/o deformacions excessives de murs o talussos laterals.



Basses de formigó

❑ Atacs químics :

- **Carbonatació.** Transformació progressiva dels hidròxids càlcics en carbonats càlcics per combinació amb CO_2 atmosfera. Destrucció de la capa passivant de l'armat i futura corrosió de l'armat. En un estat inicial es manifesta per despreniments superficials del formigó.
- **Atac per àcids inorgànics.** En zones exposades no ventilades.
 - Àcid sulfúric (H_2SO_4) : Neutralitza l'alcalinitat del formigó (despassivació de l'armat) i produeix sulfat càlcic en combinació amb els compostos càlcics del formigó per a donar sals expansives (sulfats de calci) que posteriorment generen fissuració interna i destrucció de la estructura del formigó endurit. Es manifesta per despreniments superficials del formigó.
 - Àcid sulfhídric (H_2S) : Es produeix per la degradació biològica de la matèria orgànica en condicions anaeròbies. El seu atac es pot considerar lleugerament agressiu, la seva reacció amb l'hidròxid càlcic forma sals solubles que posteriorment es poden dissoldre i lixiviar eliminant la capa superficial del formigó. El seu major perill és que en presència d'aigua es pot transformar en àcid sulfúric.



Basses de formigó

❑ Atacs químics :

- Atac per sulfats. Són els més agressius, només ataquen certs components, aluminats càlcics, hidròxids càlcics, silicats càlcics, ions lliures de calci. Es formen sulfats càlcics hidratats i sulfoaluminats càlcics (ettringita) molt expansius, provocant l'expansió, fissuració superficial i desintegració del formigó. Es manifesta clarament amb expansions i desprendiments de formigó.

→ L'atac per sulfats, per àcid sulfúric directament contingut en l'efluent o per transformació d'àcid sulfhídric, pot aparèixer en els casos d'instal·lacions de basses de purins, en zones baixes embassades, amb poca aireació i agitació que permetin la seva evacuació de la massa de purins. El procés de formació d'àcid sulfhídric pot veure's afavorit per la degradació anaeròbia de la matèria orgànica del fons que realitza determinades bactèries.

Basses de formigó

❑ Atacs químics :

- Atac per clorurs. Produeix una destrucció de la capa passiva protectora de l'armat al baixar el pH del formigó per sota de 9 en la zona de contacte armat-formigó. Es caracteritza per una corrosió per picadures i una reducció local de la secció de l'armat.

L'atac per clorurs es produeix quan el seu contingut supera un valor crític. Aquest valor és difícil d'establir, com a xifra orientativa es pot indicar una concentració d'ions clorurs lliures del 0,4% respecte al pes del ciment Portland o bé entre el 0,05% i el 0,1% en relació al pes de formigó.

→ L'atac per clorurs inicialment no és previsible en basses de purins atès que no es preveuen concentracions significatives d'ions clorurs. Només caldria valorar el seu efecte en cas de l'ús d'aigües clorades provinents de la xarxa pública d'abastament per a la neteja de naus.



Basses de formigó

Paràmetres a revisar en basses de *formigó in situ* i *formigó gunitat*

- Estat superficial del formigó: expansions per oxidació de l'armat, despreniments per carbonatació (investigació profunditat fenolftaleïna) o atacs químics, formigó en bon estat sense coqueres ni pèrdues localitzades
- Estat de la llosa de fons i dels paraments laterals:
 - Estat dels junts, sense trencaments, degradacions en parets laterals o pèrdua de material
 - Continuitat i obertura del junts, sense pèrdua d'estanqueïtat ni entrada d'aigua (obertura inferior a 2 mm, discontinuïtats de paraments inferiors a 5 mm, no presència de taques d'humitat)
 - Fissuracions i esquerdes de retracció (localització, distribució, orientació, longitud i profunditat), inferiors a 2 mm i longitud inferior a L/10
 - Enfonsaments locals i moviments horitzontals i/o verticals per fallida del terreny de base en lloses o excessiva empenta lateral en murs, planeïtat de llosa de fons (def. Vertical < L/100) i de parets verticals (def. Hor. < H/50), inexistència de fissuracions per deformació



Basses de formigó

Paràmetres a revisar en basses de formigó *gunitat*

- Qualitat i estat del formigó, fissuracions inferiors a 2 mm i $L < H/10$, inexistència d'esquerdes per assentament plàstic, formigó en bon estat sense coqueres, desprendiments o pèrdues localitzades
- Gruix, superior a 100 mm

Dipòsits metàl·lics

La verificació de l'estabilitat dels dipòsits metàl·lics comporta la revisió de l'estat de la llosa sobre la que s'instal·larà i dels panells laterals de xapa d'acer. Normalment la verificació de la llosa de formigó seguirà els mateixos criteris que per a lloses de dipòsits de formigó in situ

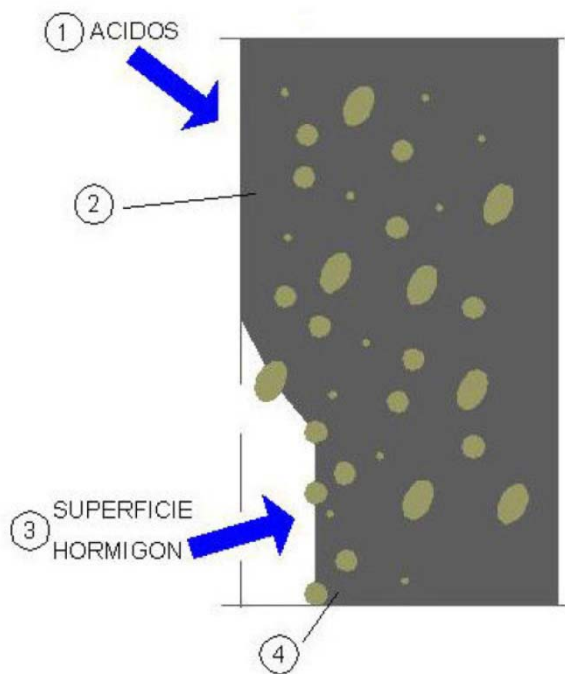
- Lloses:
 - Recobriment d'armadures, formigó en bon estat sense coqueres ni pèrdues localitzades
 - Fissuracions i esquerdes de retracció (localització, distribució, orientació, longitud i profunditat), inferiors a 2 mm i longitud inferior a $L/10$
 - Enfonsaments locals i moviments verticals per fallida del terreny de base, planeïtat de llosa de fons (def. $\text{Vertical} < L/100$) ,inexistència de fissuracions per deformació, estat de la junta del panell de xapa i llosa de formigó
- Panells de xapa d'acer, inexistència de deformació del panell que impliqui una forma de treball diferent a la de tracció pura.
 - Verticalitat: pèrdua màxima de verticalitat 1 grau.
 - Xapes i unions: corrosió de xapes i corrosió de cargolera



Recull fotogràfic

1. Patologies d'estructures de formigó

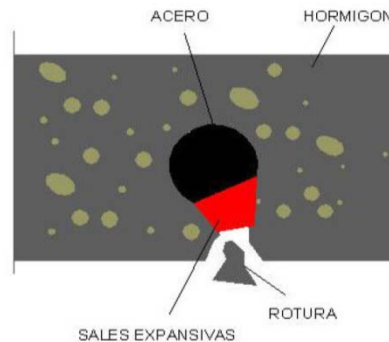
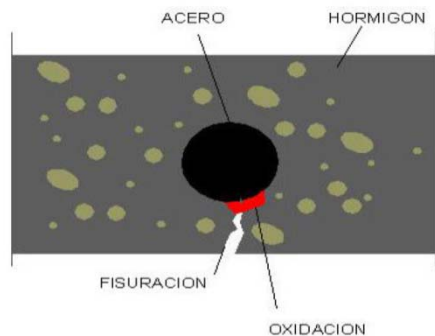
- Atacs químics. Atac per àcids i sulfats (ettringita expansiva). Àcid sulfhídric i àcid sulfúric, reaccions expansives. Reparable.



Recull fotogràfic

1. Patologies d'estructures de formigó

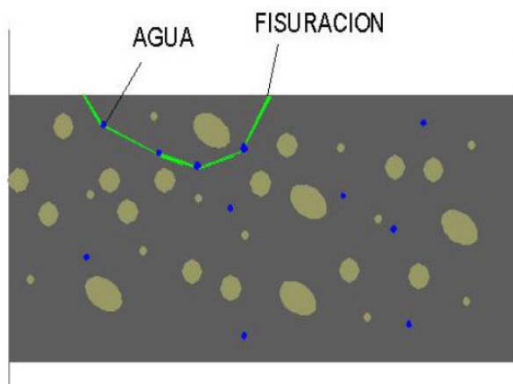
- Atacs químics. Carbonatació, expansions localitzades (CaCO_3) i despassivació de l'armadura. Sovint es produeix en juntes fredes o de dilatació. Reparable.



Recull fotogràfic

1. Patologies d'estructures de formigó

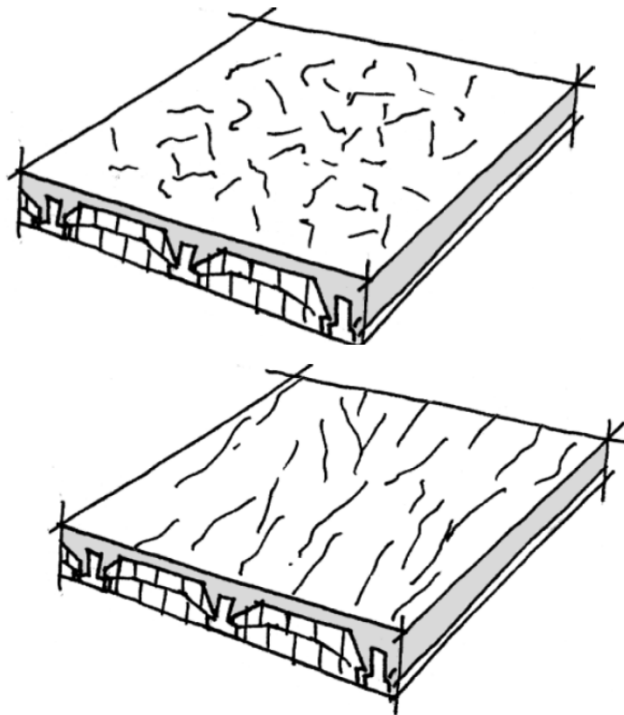
- Atacs físics. Acció gel-desgel, augment de volum de l'aigua intersticial, ruptures locals superfícies. Vigilar junts de formigonat. Fàcilment reparable.



Recull fotogràfic

1. Patologies d'estructures de formigó

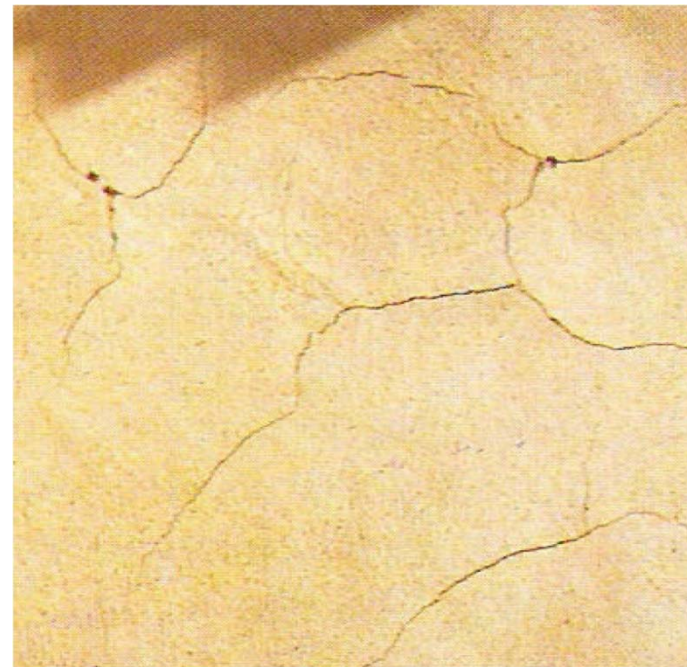
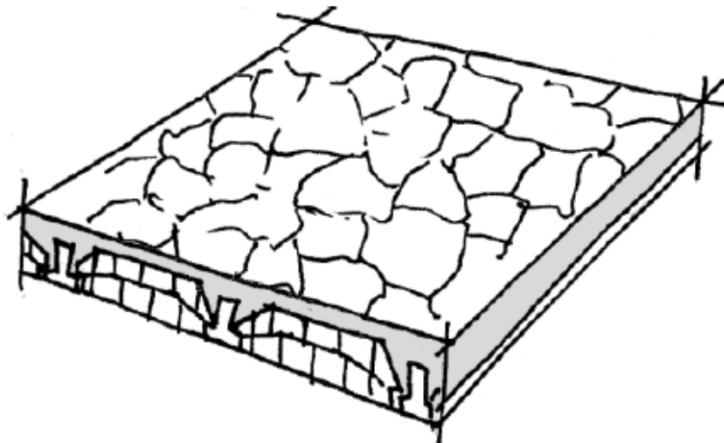
- Fissuració per retracció en elements tipus llosa o placa, distribuïdes de forma aleatòria o de forma paral·lela (insuficient recobriment de l'armat). Caràcter lleu-mig, fàcilment reparable per qüestions de durabilitat.



Recull fotogràfic

1. Patologies d'estructures de formigó

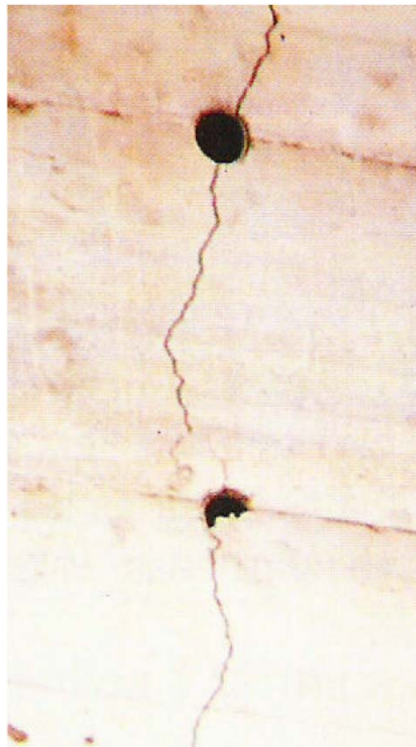
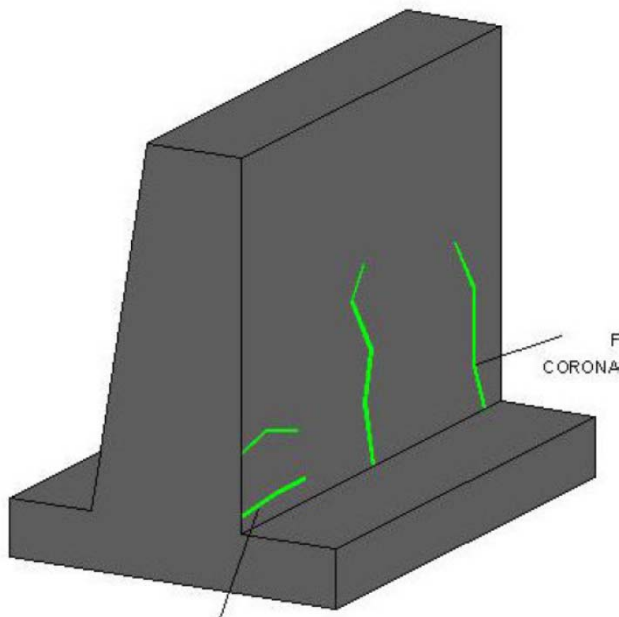
- Fissuració per contracció tèrmica en elements tipus llosa, són superficials, formant una espècie de xarxa, de caràcter lleu i de poca amplada (< 0.5 mm). Fàcilment reparable per qüestions de durabilitat, poca transcendència estructural.



Recull fotogràfic

1. Patologies d'estructures de formigó

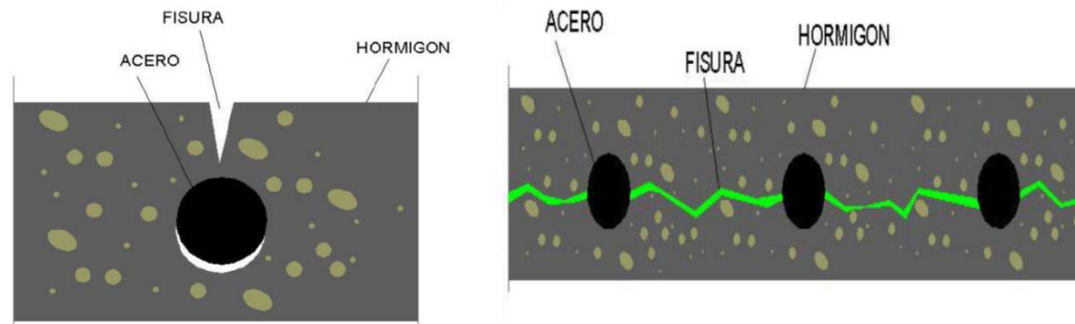
- Fissuració per contracció tèrmica, en peces de gran gruix (murs, lloses). Es poden confondre amb fissuracions degudes a assentaments. Generalment són superficials i poden seguir un procés cíclic. Cal vigilar en elements gunitats de poc gruix ja que poden travessar tota la secció.



Recull fotogràfic

1. Patologies d'estructures de formigó

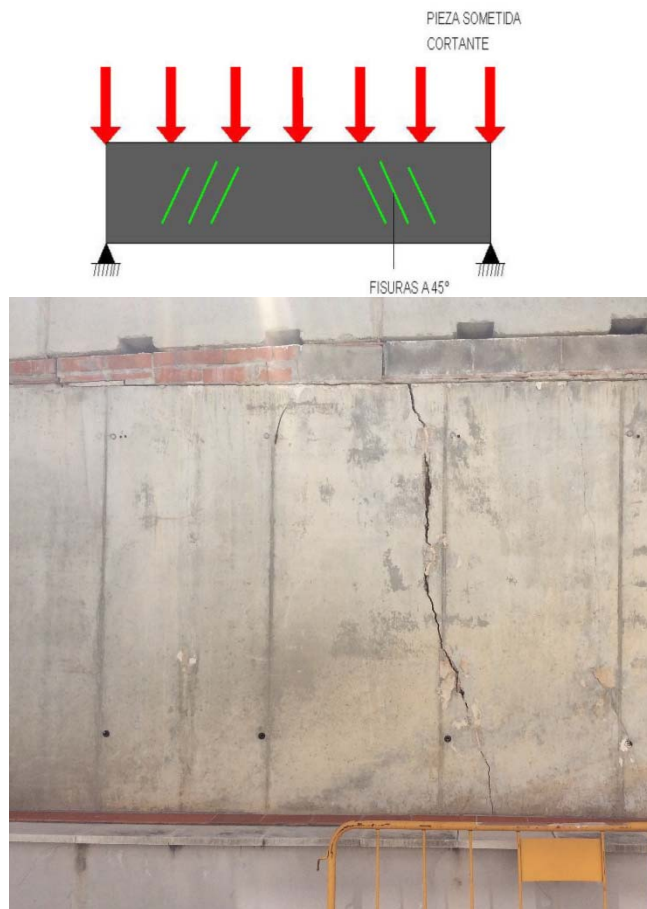
- Fissuració per assentament plàstic. Només reparables amb injeccions.



Recull fotogràfic

1. Patologies d'estructures de formigó

- Fissuració per esforç tallant en elements verticals. Assentaments diferencials. Tenen efecte estructural.



Recull fotogràfic

1. Patologies d'estructures de formigó

- Fissuració i esquerdes per empentes del terreny en elements verticals. Poden venir motivades per fluxos d'aigua en el trasdós, terrenys de baix angle de fregament (argiles) en trasdós. Es detecta sovint en la continuïtat dels junts freds o de dilatació. Tenen efecte estructural.



Recull fotogràfic

1. Patologies d'estructures de formigó

- Fissuració i esquerdes en elements horitzontals. Poden venir motivades per terrenys de baixa capacitat portant, expansius o col·lapsables o per la aparició de sòls expansius en fons de bassa (clar efecte estructural), per efectes de retracció hidràulica o tèrmica del formigó (efecte en durabilitat i impermeabilitat).



Recull fotogràfic

1. Patologies d'estructures de formigó

- Obertura de junts, efecte en durabilitat i impermeabilitat, connexió hidràulica interior-exterior de bassa. Junts freds i junts de dilatació.



Recull fotogràfic

1. Patologies d'estructures de formigó

- Consideracions finals sobre la inspecció de basses de formigó :
 - La inspecció de basses de formigó requereix d'uns coneixements previs de patologia estructural i d'una investigació prèvia de la bassa a inspeccionar (projecte inicial, projecte *As-Built*, estudis geotècnics disponibles, etc.) per tal de tenir una idea propera a les possibles patologies que puguin detectar-se o preveure's. Aquest aspecte s'extrema en el cas de basses de grans dimensions, processos constructius no tipificats, o detecció de problemes associats a moviments de massa o deformacions importants dels elements estructurals (talussos o murs laterals, lloses de fons).

Recull fotogràfic

2. Patologies de basses de terra

- Fissuració i esquerdes en impermeabilització d'argila. Cal comprovar la idoneïtat de l'argila no només a efectes d'impermeabilitat (conductivitat hidràulica K segons Decret 153/2019) sinó també altres paràmetres no desitjables, expansivitat (s'afavoreixen fenòmens de retracció), col·lapse (s'afavoreixen fenòmens d'enfonsament), etc.



Recull fotogràfic

2. Patologies de basses de terra

- Accions no desitjables en bermes o coronació de talussos, fluxos d'aigües pluvials superficials en coronació o en talussos laterals, ús de materials no apropiats en terraplè (continguts elevats de fins), zones d'acumulació d'aigua (empremtes en fase d'obra)..



Recull fotogràfic

2. Patologies de basses de terra

- Accions no desitjables en talussos amb materials cohesius, fluxos d'aigües pluvials superficials, ús de materials no apropiats en terraplè (continguts elevats de fins). Sovint són accions no aparegudes en el moment de la inspecció, apareixen i s'agreugen després d'èpoques humides. Formació de colades superficials



Recull fotogràfic

2. Patologies de basses de terra

- Accions no desitjables en talussos amb materials granulars, fluxos d'aigües pluvials superficials. Sovint són accions no detectables en el moment de la inspecció, apareixen i s'agreuken després d'èpoques humides. Formació de ruptures traslacionals en talús.



Recull fotogràfic

2. Patologies de basses de terra

- Accions no desitjables en talussos amb materials cohesius, fluxos d'aigües pluvials superficials, ús de materials no apropiats en terraplè (continguts elevats de fins). Formació de ruptures circulars des de coronació, sovint combinades amb una colada final



Recull fotogràfic

2. Patologies de basses de terra

- Accions no desitjables en talussos amb materials cohesius (I), fluxos d'aigües d'infiltració del propi dic, ús de materials no apropiats en terraplè (continguts elevats de fins). Increment de la pressió intersticial, formació d'esquerda superior de tracció, desenvolupament de la mateixa i ruptura circular final



Recull fotogràfic

2. Patologies de basses de terra

- Accions no desitjables en talussos amb materials cohesius (II), fluxos d'aigües d'infiltració del propi dic, ús de materials no apropiats en terraplè (continguts elevats de fins). Increment de la pressió intersticial, formació d'esquerda superior de tracció, desenvolupament de la mateixa i ruptura circular final



Recull fotogràfic

2. Patologies de basses de terra

- Accions no desitjables en talussos amb materials cohesius (III), fluxos d'aigües d'infiltració del propi dic, ús de materials no apropiats en terraplè (continguts elevats de fins). Increment de la pressió intersticial, formació d'esquerda superior de tracció, desenvolupament de la mateixa i ruptura circular final en talús. Vigilar l'estat del pas d'elements a través del dic i de la impermeabilització i el seu rebliment per tal d'evitar fenòmens de tubificació.



Recull fotogràfic

2. Patologies de basses de terra

- Accions no desitjables en talussos, xaragalls o soscavació basal del peu de talús.



Recull fotogràfic

2. Patologies de basses de terra

- Accions no desitjables en berms (I), fluxos d'aigües pluvials superficials no drenats adequadament, formació d'empremtes d'obra, acumulacions d'aigua i anivellament deficient de la berma.



Recull fotogràfic

2. Patologies de basses de terra

- Accions no desitjables en bermes (II), fluxos d'aigües pluvials superficials no drenats adequadament, formació d'empremtes d'obra, acumulacions d'aigua i anivellament deficient de la berma, formació d'esquerda de tracció. En materials granulars el procés de ruptura és més perllongat en el temps que en cas de materials purament cohesius, major temps de reacció.



Recull fotogràfic

2. Patologies de basses de terra

- Accions no desitjables en cos de dics, fluxos d'aigües d'infiltració del propi dic. En el cas de grans alçades de talús, materials cohesius de baixa capacitat en dic, terrenys deficientes d'assentament del dic, poden aparèixer esquerdes en la berma de coronació per l'assentament del propi dic o de la base per post-consolidació o deformació plàstica, induït per la saturació del dic. Altres signes són els desajustos de l'alineació de la tanca exterior.



Recull fotogràfic

2. Patologies de basses de terra

- Accions no desitjables en elements d'impermeabilització (I), fluxos directament aplicats sobre la impermeabilització provocant la seva ruptura, zones de tensió.



Recull fotogràfic

2. Patologies de basses de terra

- Accions no desitjables en elements d'impermeabilització (II), fallida local de l'ancoratge superior de la impermeabilització, provocada per fluxos aplicats en coronació de bassa, darrera de la mateixa que provoquen una fallida local del talús interior, en d'altres casos per acció mecànica de vehicles.



Recull fotogràfic

2. Patologies de basses de terra

- Consideracions finals sobre la inspecció de basses de terra (I) :
 - La inspecció de basses de terra requereix d'uns coneixements previs de geotècnia i d'una investigació prèvia de la bassa a inspeccionar (projecte inicial, projecte *As-Built*, estudis geotècnics disponibles, etc) per tal de tenir una idea propera a les possibles patologies que puguin detectar-se o preveure's. Aquest aspecte s'extrema en el cas de basses de gran alçada, detecció de problemes associats a erosió interna o moviments de massa.
 - Com a punts inicials de partida que permeten realitzar l'anàlisi de la verificació geotècnica de la bassa es destaquen les següents inspeccions mínimes :
 - a) En berma de coronació, alineació general de tanques i de berma d'ancoratge de la làmina, assentament diferencials, estat de la plataforma, estat del drenatge superficial, aparició de fissures o esquerdes, existència de vegetació.

Recull fotogràfic

2. Patologies de basses de terra

- Consideracions finals sobre la inspecció de basses de terra (II) :
 - b) En talussos laterals, fissures i esquerdes, filtracions, signes de moviment, enfonsaments locals i existència de vegetació.
 - c) En fonamentació de dics, fissures i esquerdes zona de contacte dic-terreny, filtracions, signes de moviment basal, signes d'erosió basal, enfonsaments basals i vegetació existent.
 - d) En impermeabilització natural amb argiles, moviments diferencials per expansions o col·lapse, fissuració per retracció o per moviments diferencials
 - d) En impermeabilització amb làmina, esquinçaments, punxonaments, pèrdues d'estanqueïtat, zones de tensió de la làmina.
 - e) A l'entorn de la bassa, moviments i lliscaments de vessant, despreniments, enfonsaments del terreny, surgències d'aigua i perillositat associada a la inundabilitat



Generalitat de Catalunya
**Departament d'Agricultura,
Ramaderia, Pesca i Alimentació**

www.gencat.cat