

La presa de la Llosa de Cavall

L. Berga
JM. Moro
A. Claramunt
R. Vergés

Junta d'Aigües de Catalunya i Escola Tècnica Superior
d'Enginyers de Camins, Canals i Ports



Fotografia 1: Vista de la tancada aigua amunt

La presa de la Llosa de Cavall és una de les actuacions d'obres públiques que s'estan realitzant per a aconseguir, a curt termini, augmentar els recursos disponibles i regular al màxim raonablement els cabals dels rius catalans, tal com es descriu al Pla hidrològic de les conques internes de Catalunya.

La construcció de la presa, al terme municipal de Navès, a l'alt Cardener, crearà un embassament de 80 hm³, que representarà un volum regulat a peu de presa de 56 hm³/any, és a dir, un cabal mitjà d'1,8 m³/s, per a demanda constant i amb una garantia del 95%. A més, representarà una notable millora per a la regulació del riu Llobregat, ja que mitjançant l'explotació conjunta amb l'embassament de la Baells, de 115 hm³, i amb l'embassament de Sant Ponç, de 24,7 hm³, s'augmentarà la disponibilitat de recursos a Abrera en 94,5 hm³/any, és a dir, en uns 3 m³/s, per a una demanda constant i amb una garantia del 95%.

Aquest nou embassament regulador es fa necessari perquè les comarques de Barcelona i el seu entorn (Maresme, Vallès Oriental, Vallès Occidental, Baix Llobregat, Alt Penedès i Garraf) representen una gran concentració de població i un important nucli industrial que ha experimentat un continu creixement

els darrers anys i que ha originat una important demanda d'aigua per al seu abastament. Fonamentalment, els recursos d'aigua provenen dels rius Ter i Llobregat, que s'han regulat en el pas dels anys mitjançant els embassaments de Sau, Susqueda, la Baells i Sant Ponç. Això significa disposar d'una capacitat d'em-

bassament de 540 hm³ que, davant unes demandes mitjanes anuals d'uns 470 hm³/any, són relativament insuficients per a garantir de manera adequada i amb característiques hiperanuals la satisfacció de les necessitats d'aigua, i crea una problemàtica creixent en les èpoques de sequera.

L'embassament de la Llosa de Cavall contribuirà també, de manera molt significativa, a la laminació de les avingudes del riu Cardener, i així disminuiran aigua avall els nombrosos danys que es produeixen en aquestes situacions d'avingudes i també augmentarà la seguretat davant les riudes de la presa de Sant Ponç. Com a benefici marginal hi ha prevista la construcció d'un aprofitament hidroelèctric del conjunt la Llosa-Sant Ponç.

Antecedents

Els antecedents més remots de la presa de la Llosa de Cavall van relacionats amb els de la presa de Sorba, a la qual ha substituït en la funció de regulació dels cabals de l'Alt Cardener (1).

La primera referència a la presa de Sorba figura en el Pla general d'obres hidràuliques de Rafael Gasset de 1902, el qual preveu la realització al riu Cardener de les preses de Sant Ponç, Cardona, Malagarriga i Sorba, amb 27 hm³ a la riera de l'Aigua d'Ora. Però aquesta presa, igual com va succeir amb unes altres del Pla Gasset, va caure en l'oblit fins que l'any 1954 s'inclou, junt amb la Baells,

a la Llei del 15 de juliol, dins del Pla general d'obres públiques. Tanmateix, es va haver d'esperar 25 anys més fins que el Ministeri d'Obres Públiques aprovés, el 20 de juliol de 1979, el projecte de la presa de Sorba amb uns 150 hm³ de capacitat d'embassament. Les afeccions eren importants: un total de 710 ha, de les quals 237 ha eren de terrenys de conreu i 13.350 m² de superfície edificada. Aquests significatius impactes a la vall de l'Aigua d'Ora van fer que la Generalitat de Catalunya considerés unes altres solucions possibles i així l'«Estudi d'alternatives de regulació de l'alt Cardener amb l'embassament de la Llosa de Cavall» va proposar de substituir la presa de Sorba per la de la Llosa de Cavall, ja que l'efecte regulador no es disminuïa de manera molt important i sí que, en canvi, les afeccions de l'embassament de la Llosa de Cavall eren poc significatives, 323 ha, de les quals només 40 ha eren de terrenys de conreu, i només hi havia una casa afectada, a més de trobar-se la presa i la major part de l'embassament en una zona molt poc transitada i quasi oblidada a la comarca del Solsonès.

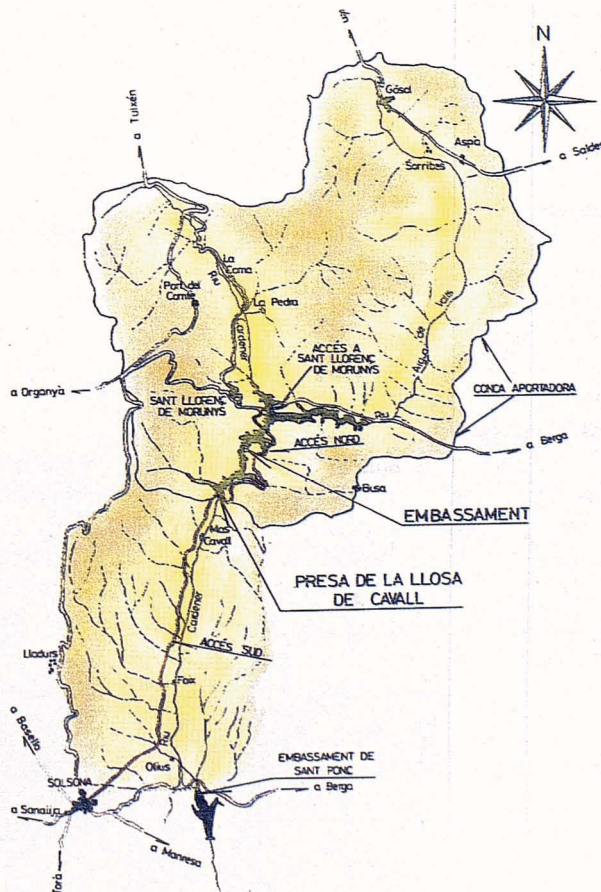
Durant els anys 1982 a 1984 es van realitzar, per part de la Direcció General d'Obres Hidràuliques de la Generalitat de Catalunya, diversos estudis per demostrar la viabilitat tècnica i econòmica de la presa de la Llosa de Cavall i així, cal esmentar els estudis previs de permeabilitat del vas de l'embassament i de la geologia de les possibles tancades, treballs que van requerir la millora d'uns deu quilòmetres d'accessos i l'obertura d'aproximadament un quilòmetre de nous camins per permetre el pas de tècnics i maquinària de sondeigs. D'aquests estudis es va deduir la viabilitat del projecte i la selecció del tram més convenient per a la col·locació definitiva de l'estructura. Vista la possibilitat d'ubicació de la presa, es va fer un estudi geològic de detall d'una franja d'uns 300 metres situada immediatament aigua avall de la confluència del riu Cardener amb el barranc de Vilamala, zona que havia



Fotografia 2: Vista de la tancada aigua avall. Mostra els primers camins que foren oberts per a l'accés al coronament.

estat seleccionada com la més convenient per a la situar-hi la presa, que podia ser de qualsevol tipologia. Les fotografies núm. 1 i 2, preses abans de l'inici de les excavacions, quan es van realitzar els treballs previs

d'esbrossada, mostren l'aspecte de la tancada escollida per a la ubicació de l'obra, i la fotografia núm. 3, el llit del riu immediatament aigua avall de la futura presa. En aquesta última fotografia es pot observar la major



EMPLACAMENT

FIGURA 1

ESC: 1/150000

suavitat de la vall i l'eloqüent canvi de morfologia del paisatge que produeix la brusca transició dels conglomerats en què s'assenta la presa a les pedres d'esmolar tapissades de bosc que hi ha més avall.

L'estudi de tipologies realitzat posteriorment, va fer arribar a la conclusió que la forma més adequada per a l'estructura de la presa era la volta, i això per dues raons fonamentals:

- a) El massís rocós que li serviria de suport té una capacitat mecànica adequada per a resistir les empentes que transmet una estructura d'aquest tipus.
- b) És la solució més econòmica de totes les que ofereixen una total seguretat.

Partint d'aquests antecedents, es va demostrar la viabilitat i oportunitat de la presa de volta de la Llosa de Cavall per a la regulació dels cabals de l'alt Cardener, i així es va concretar definitivament en el Conveni de Col.laboració en matèria d'Obres Hidràuliques entre la Generalitat de Catalunya i el Ministerio de Obres Públiques y Urbanisme, de 27 de desembre de 1985 (BOE 12 de febrer de 1986), en què entre més

actuacions, es preveia la construcció de la presa de la Llosa de Cavall. Posteriorment, la Direcció General d'Obres Hidràuliques de la Generalitat de Catalunya, va redactar el Projecte de la presa de la Llosa de Cavall que va ser aprovat definitivament el 13 d'abril de 1989 (2, 3, 4). L'esmentat projecte inclou, a més de la presa mateixa, la construcció d'uns 24 km de carreteres (accessos i variants), per unir, seguint la vall del riu Cardener, les poblacions de Sant Llorenç de Morunys i Solsona i que, sens dubte, constituïran un element principal essencial de la comarca del Solsonès.

Emplaçament de l'obra

La conca aportadora a l'embassament de la presa de la Llosa de Cavall és situada al nord de la zona central de Catalunya, a la comarca del Solsonès i comprèn tota la capçalera del riu Cardener (figura núm. 1). Té una superfície de 200 km² i una altitud mitjana aproximada de 1.400 metres amb una aportació mitjana anual de 76 hm³.

L'embassament produït per la presa tindrà una capacitat total de 80 hm³ i tenint en compte el fort pendent del riu a la zona i l'estretor de la tancada, el volum útil serà pràcticament igual

al total. Aquesta mateixa estretor de la tancada, és característica també en més o menys grau de la resta del vas ocupat per les aigües, cosa que fa que gairebé el 70% de l'aigua retinguda ho sigui en la quarta part superior de la presa.

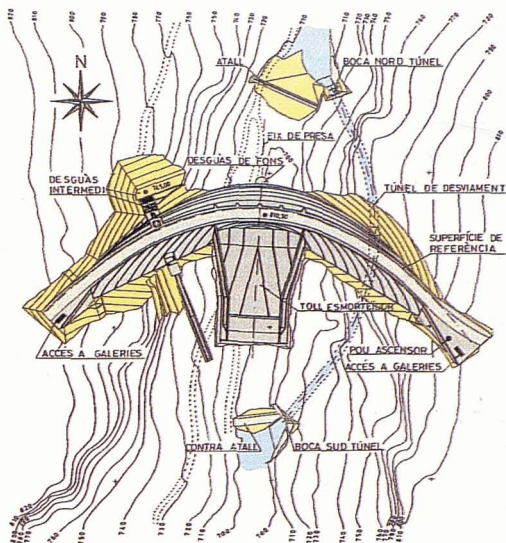
A causa també d'aquesta forma de la vall, i tal com ja hem assenyalat, les afeccions de l'embassament són reduïdes i, per tant, les expropiacions necessàries van ser petites per a una obra d'aquest tipus.

L'emplaçament escollit s'ha mostrat anteriorment en comentar les fotografies núm. 1 i 2. Correspon a un estret congost pel qual discorre el riu aproximadament a la cota 700 i en el paisatge del qual ressalten els farallons de conglomerats, amb paraments verticals superiors a 50 m a les zones de suport de la presa. Es pot observar en les mateixes fotografies la intercalació entre els conglomerats d'unes altres unitats sedimentàries (gres, lutites) que en tenir una perfecta continuïtat lateral i frontal han produït una morfologia típica de relleu modelat per erosió diferencial de nivells litològics de competència diferent. En efecte, una primera erosió de la capa d'escarpament i lutites basal amb formació de cavitats, seguida del despreniment de les capes de conglomerats calcaris superiors amb el consegüent retrocés de talús, produeix les costes amb vegetació i les formes verticals tan típiques d'aquesta vall.

Finalment, cal destacar la fracturació que afecta el massís de suport de la presa, ja que ha estat un factor condicionant tant del projecte com de l'execució de l'obra. A més dels plànols d'estratificació sedimentària, existeixen dos sistemes principals de diàclasi, el primer subvertical i sensiblement paral·lel al riu, i el segon també subvertical i perpendicular a l'anterior. Aquests sistemes, que són profunds i persistents, produeixen en superfície els característics blocs montserratins, enormement freqüents



Fotografia 3: Perspectiva del riu aigua avall de la presa. És notable el canvi de morfologia del terreny.



PLANTA GENERAL

FIGURA 2

ESC: 1/2150

a la nostra tancada i part més pròxima de l'embassament.

Descripció de l'estructura de la presa i dels seus elements complementaris

Al quadre núm. 1 es mostren les principals característiques de la presa.

L'estructura, de la qual es representen la planta, l'alçat i la secció per la seva part central a les figures núm. 2, 3 i 4, respectivament, correspon a una volta de doble curvatura, les seccions horitzontals de la qual estan formades en l'intradós i extradós per arcs de tres centres. És simètrica respecte del seu eix central amb una alçada sobre ciments de 122,3 metres i una relació corda/alçada d'1,9.

En la seva part superior es recolza lateralment sobre estreps de gravetat, més gran el del marge esquerre, i mitjançant una estructura que acaba el seu coronament, s'obre amb l'amplada suficient per a establir la calçada que hi permeti el pas de vehicles.

La volta té un gruix variable en el seu perfil central des de 18 m en la seva part inferior, fins a 5 m en la seva part superior.

Per a la seva construcció es divideix en vint blocs d'aproximadament 17 metres d'amplada, separats per junts transversals, que són finalment injectats per conferir monolitisme al conjunt.

Aquesta estructura aturarà les aigües del riu fins al nivell màxim ordinari d'explotació (cota 806), encara que es pugui elevar el nivell d'aigües sobre aquesta cota amb la finalitat d'evacuar grans avingudes, per la qual cosa el pas pel coronament esmentat amb anterioritat s'ha situat a la cota 810,3. L'evacuació d'aquestes avingudes es realitzarà mitjançant un sobreexidor de llavi fix, per la qual cosa s'ha previst, a més a més, situar a peu de presa un toll esmorteïdor (vegeu figura núm. 2) que mitjançant la formació d'un matalàs d'aigua de 12 m d'alçada, dissiparà l'energia de l'aigua rebuda i la retorni a la llera sense produir danys ni als fonaments de la presa ni a la llera mateix.

El cos de la presa és travessat d'una part a l'altra per sis galeries que serviran per a l'observació del seu futur comportament, i també per a realitzar, des d'aquestes, nombroses operacions durant la seva construcció. Algunes d'aquestes galeries es prolonguen fins a l'interior del massís rocós, permetent l'accés a zones

profundes del terreny, per tal de permetre'n el drenatge de forma eficaç i el tractament mitjançant injeccions d'amplis volums de roca que altrament forma serien difícilment accessibles.

S'han projectat dos desguassos de fons formats per sengles conductes circulars metàl·lics d'1,20 m de diàmetre regulats per comportes tipus «Bureau» per tal de poder netejar fangs acumulats en el fons de l'embassament, i així mateix, ajudar a rebaixar el nivell de l'embassament o, fins i tot, procedir al seu buidatge si això fos necessari.

La presa també tindrà un altre desguàs situat en una cota superior a la dels desguassos de fons esmentats. Aquest desguàs de mig fons o intermedi és format per un conducte metàl·lic circular d'1,80 m de diàmetre accionat per comportes del mateix tipus i termina en un trampolí prop de la llera que restitueix al riu el cabal regulat.

La complexa reologia del formigó, les eventuals modificacions en el decurs del temps de les condicions del ciment o el seu entorn més pròxim, les variacions externes i internes de temperatura i les oscil·lacions de l'embassament, fan de la presa un «ésser viu» i, així, susceptible de respondre a les diferents situacions ambientals, mecàniques i hidràuliques que se succeeixen en el transcurs de la seva vida. Per conèixer aquesta resposta, s'ha projectat un complet sistema automatitzat d'aparells per a l'amidament dels paràmetres més importants associats al seu comportament estructural, com és ara temperatures, moviments, tensions, subpressions, filtracions, etc. La lectura i el processament de totes aquestes dades permetrà, durant tota l'explotació de la presa, «auscultar» el seu estat de forma pràcticament immediata, aproximar-se al problema, sempre complex en una presa, de relacionar causes i efectes i posseir en tot moment una detallada informació que permeti jutjar si el seu comportament s'ajusta als requisits



Fotografia 4: Realització de l'excavació dels fonaments al marge esquerre.

amb què fou projectada i avaluar la seva gran seguretat.

Finalment, per a completar l'obra, s'ha previst el tractament del massís rocós que constitueix el seu fonament. Aquest tractament consisteix en la consolidació, la impermeabilització i el drenatge del terreny circumdant. Aquest treballs es realitzen actualment en dues fases: tractament generalitzat de tota la zona de fonaments i tractament específic i complementari d'aquelles parts de la roca que presenten majors discontinuïtats, siguin fractures o superfícies de sedimentació.

L'excavació de la presa

L'excavació dels ciments d'una presa volta constitueix gairebé sempre, un dels fets més importants del programa de treballs i una operació de gran envergadura, no solament per les seves dificultats i cost, sinó també perquè, una vegada descoberta la roca de suport de la presa, poden modificar-se parcialment algun o alguns dels criteris utilitzats durant el seu projecte.

Prèviament a l'inici de les excavacions i per tal de poder realitzar aquestes operacions i les següents de formigonatge, es va procedir a deixar

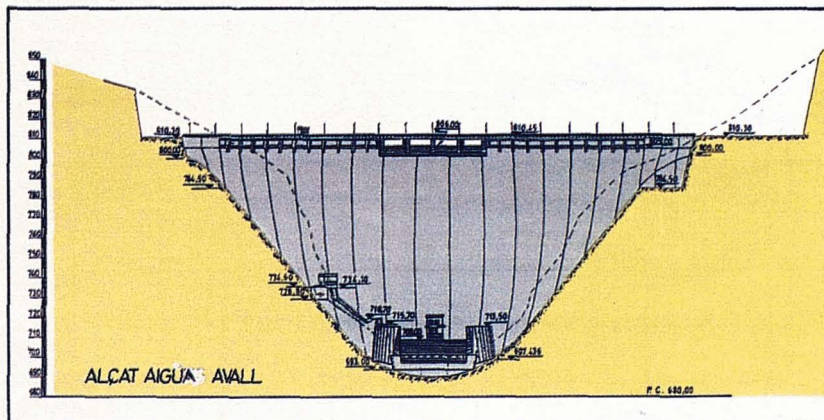
la llera seca a la zona d'obres mitjançant el desviament del riu a través d'un túnel de 234 m de longitud, excavat al marge esquerre.

Aquest túnel, la planta del qual s'esquemmatitza a la figura núm. 2, és projectat per a una capacitat de desguàs de 135 m³/s, suficient per a les riudes previstes durant el període de construcció. A la figura esmentada es pot veure, a més, l'atall i el contraatall que completen el desviament provisional de les aigües.

L'estudi de l'excavació dels ciments, que comportava l'extracció de 345.000 m³ de roca, va estar condicionat per diversos factors, com ara la litologia de la tancada, la fracturació existent, les difícils condicions d'accés i la seguretat en els treballs.

Atesa la competència general de la roca i com que no eren d'esperar problemes geoestructurals, es va decidir -malgrat les alçades dels desmunts resultants (fins a 50 m)- realitzar les excavacions amb talussos francament verticals (tots de prop d'1:3) i un sistema de perforació i voladura amb escalonament en feixes descendent per nivells horitzontals, com es pot observar a la fotografia núm. 4, presa quan l'excavació al marge esquerre es trobava realitzada aproximadament en la seva primera meitat. Per a accedir amb la maquinària a cada una de les plataformes horitzontals, es van construir rampes a les costes immediatament aigua amunt de l'excavació, i algunes es poden observar encara en la mateixa fotografia.

A mesura que s'anava fent l'excavació i, per tant, baixant la plataforma horitzontal en la qual es perforava i volava, l'accés per mitjà de rampes es feia més difícil i costós, per la qual cosa, i segons s'havia previst, a partir d'uns 50 m sota de la cota de coronament en els successius bancs horitzontals fins a trobar la llera del riu, l'accés de maquinària i personal es va aconseguir mitjançant noves



QUADRE NÚM. 1**FITXA TÈCNICA DE LA PRESA**

El quadre que s'exposa a continuació resumeix de forma esquemàtica els principals paràmetres d'aquesta presa:

a) Embassament	
Conca aportadora	200 km ²
Aportació mitjana anual	76 hm ³
Volum total	80 hm ³
Volum útil	79,9 hm ³
Volum mort	0,1 hm ³
Nivell màxim d'explotació	806,00 msnm
Nivell mínim d'explotació	711,90 msnm
Màxim nivell d'avingudes	808,70 msnm
Nivell de l'embassament mort	711,30 msnm
Superfície inundada	3 km ²
Perímetre línia d'aigua al màxim nivell d'explotació	38 km
b) Presa	
Tipus	Volta de doble curvatura formada per arcs de tres centres
Cota de coronament	810,3 msnm
Cota mínima als fonaments	688,0 msnm
Alçada màxima de la presa sobre fonaments	122,3 m
Amplada de coronament (camí)	10,0 m (7 + 2 x 1,5 m)
Amplada de l'arc superior (cota 805)	5,0 m
Amplada en la base de la mènsula central (cota 700)	18,54 m
Radi de la superfície de referència zona central	125,985 m
Radi de la superfície de referència zona lateral	190,985 m
Longitud total al coronament (comptant estreps)	326 m
Angle de la zona central	45°
Angle total al coronament	91,015°
Relació corda/alçada	1,90
Volum total de formigó	350.000 m ³
Volum total d'excavació	345.360 m ³
c) Sobreeixidor	
Tipus	Llavi fix en coronament
Amortiment de la làmina vessant	Toll esmorteïdor a peu de presa
Avinguda de disseny	500 anys
Cabal punta	625 m ³ /s
Cabal desguassat	472,82 m ³ /s
Nombre de vànols	4
Longitud d'abocador	48 m
Cota del llindar dels vànols	806
Cota de la solera del toll esmorteïdor	696,0
Alçada de l'aigua al toll esmorteïdor	12 m
d) Desguàs intermedi	
1 conducte metàl·lic circular d'1,8 m de diàmetre.	
Situació	lateral al marge dret
Cota de l'embocadura	746,501 msnm
Control	Un atall aigua amunt i dues comportes <i>Bureau</i> aigua avall (seguretat i control)
Cabal de disseny	63 m ³ /s
e) Desguàs de fons	
2 conductes metàl·lics circulars d'1,20 m de diàmetre	
Situació	Al bloc central
Cota d'eixos	711,90 msnm
Control (per a cada conducte)	Un atall aigua amunt i dues comportes <i>Bureau</i> aigua avall (seguretat i control)
Cabal de disseny (dos conductes)	68 m ³ /s
f) Desviació del riu	
Tipus	Túnel revestit
Situació	Marge esquerre
Avinguda de disseny	10 anys
Cabal punta	135 m ³ /s
Longitud del túnel	234 m
Secció en la volta	Base 5 m; alçada 5,50 m
Atall	Nucli de formigó i escullera

rampes, aquesta vegada sobre el mateix material d'excavació empenyut a la llera i que no havia estat tret en una primera fase. El sistema utilitzat va ser idèntic en tots dos marges, i l'extracció de la runa al fons de la vall no va començar fins que el banc corresponent arribava a l'alçada de la runa, i per a aquest treball es va fer servir un equip de maquinària totalment independent del que realitzava l'empenyiment a la llera des dels diferents bancs.



Fotografia 5: Excavació acabada al marge dret. Les dues galeries excavades són prolongació d'unes altres existents al cos de la presa.



Fotografia 6: Excavació acabada del fons de la presa i toll esmorteïdor.



Fotografia 7: Vista general de la planta de tractament d'àrids. És situada al marge dret del riu a uns 10Km aigua avall de la tancada.



Fotografia 8: Planta de formigó sobre la vall.

Els treballs d'excavació de les costes es van completar amb els d'obertura de dues galeries en cada marge, un pou de més de 70 m en el marge esquerre per a ascensor dins de la mateixa roca i amb l'excavació dels fonaments del toll esmorteïdor. Les fotografies núm. 5 i 6 mostren l'excavació del marge dret totalment acabat i la del fons de presa i toll esmorteïdor, respectivament.

El total de metres cúbics de roca extreta fou, com ja s'ha esmentat, de 345.000, i els rendiments van ser molt diversos a causa, fonamentalment, d'interrupcions necessàries pel fet d'estar alternant-se uns altres treballs d'instal.lacions en el coronament de tots dos marges, i es va aconseguir una punta màxima de 40.000 m³ en només un mes.

Instal.lacions

La construcció d'una presa del tipus de la Llosa de Cavall comporta un estudi detallat i un projecte específic de les instal.lacions i mitjans auxiliars precisos, tant per a la fabricació i transport del formigó, com per a la seva posada a l'obra i consolidació.

Els dos primers problemes que es van haver de resoldre, van ser el disseny i la ubicació d'una planta de tractament d'àrids adequada al tipus de pedrera o gravera disponible i la construcció d'un accés suficient i còmode per al seu transport fins a la presa.

La font de subministrament d'àrids requeria unes condicions mineralògiques adequades, quantitat suficient per a l'extracció i tractament de prop de 800.000 tones, una certa homogeneïtat i l'existència de les proporcions convenients de totes les dimensions necessàries per a constituir un esquelet compacte, la mida màxima del qual estigués compresa entre 100 i 150 mm.

Totes aquestes raons van fer rebutjar diverses graveres petites existents als voltants de la presa o, fins i tot, alguna pedrera calcària de difícil

explotació, i a escollir com a font de subministrament una gravera del riu Segre que quedarà inundada sota les aigües del futur embassament de Rialp.

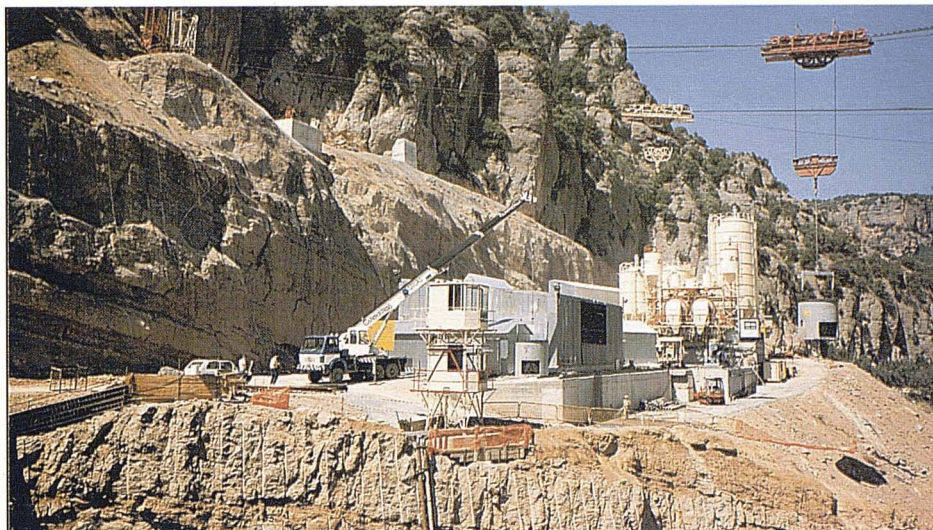
Una vegada decidit l'origen de l'àrid, es va projectar i construir una completa i moderna planta amb capacitat per al tractament, rentatge, classificació i emmagatzemament de 325 tones/hora d'àrid total.

Tal com es pot observar, s'emmagatzemen en munts perfectament classificats i nets tres mides de graves (5/20, 20/60 i 60/120 mm) i es produeixen i ensitgen dues mides d'arenes (0,08/1,25 i 1,25/5 mm). La part vital d'aquesta instal·lació i que requereix una constant vigilància per part del laboratori d'obra és, sens dubte, la neteja i el tall de les arenas (que s'aconsegueix mitjançant hidro-cyclonatge i garbellament) i la producció de les mides més fines d'aquesta, de les quals, lògicament, una gravera de riu és deficitària (producció que s'aconsegueix mitjançant un molí de barres). Les arenas obtingudes són ensitjades durant uns quants dies abans del seu ús, per tal que es pugui escórrer una part de l'abundant aigua que necessita el seu rentatge.

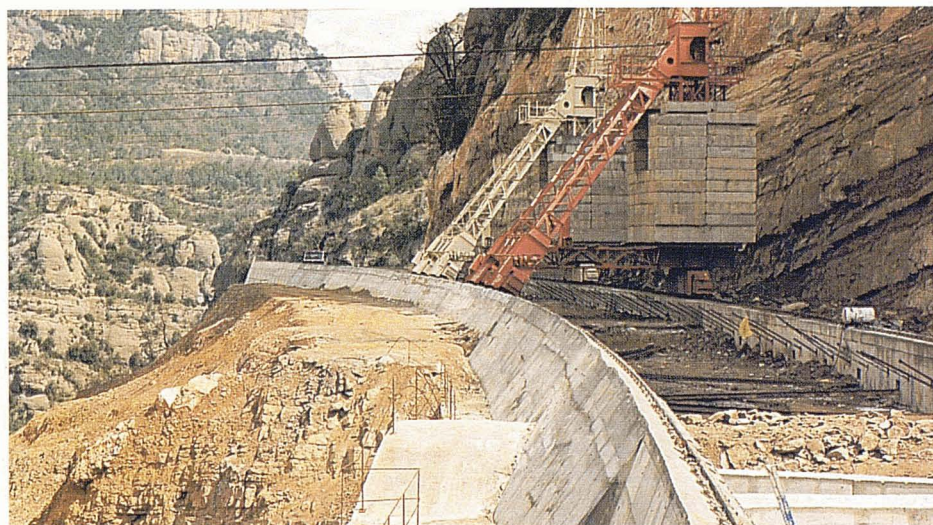
Atesa la manca d'espai disponible als encontorns de la tancada, tota aquesta instal·lació es va col·locar a uns 10 km aigua avall de la presa en la mateixa vall del riu Cardener, on arriba l'àrid en brut des del seu punt d'extracció.

El transport de l'àrid classificat i preparat per al seu ús, es realitza fins a la zona de l'obra mitjançant un accés obert al marge dret del riu (fotografia núm. 3).

Aquest accés es desenvolupa sense grans variacions de cota al llarg de la zona mitjana de la vall, i puja en el seu tram final, amb un pendent proper al 7%, fins al coronament de la presa al seu marge dret on s'han muntat la resta d'instal·lacions. Aquestes



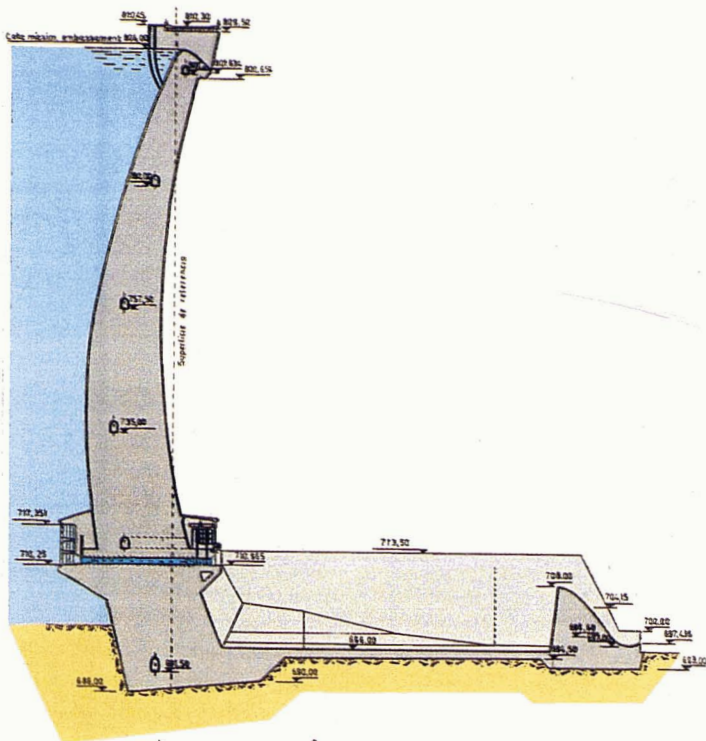
Fotografia 9: Conjunt de les instal·lacions de formigonatge i punts fixos del blondin.



Fotografia 10: Torres mòbils de blondin.



Fotografia 11: Carro mòbil i cubilot del blondin.



SECCIÓ PER L'EIX

FIGURA 4

ESC: 1/810

instal·lacions, situades a una cota lleugerament superior al punt més alt de la presa, són: una central formigonera, un túnel de refrigeració d'àrids i dos blondins. La central per a la dosificació i producció de formigó es va adaptar al reduït espai disponible (fotografia núm. 8), formant un conjunt molt compacte sobre la costa dreta. Té una capacitat de producció de formigó de 125 tones/hora i es compon de tremuges per a la recepció i pesada d'àrids, quatre sitges per a ciments i dos (els més grans a la fotografia esmentada) per a cendres volants: posseeix dues pastadores amb capacitat unitària de 4 m³ i tots els visos sense fi, cintes, dosificadores i elements auxiliars necessaris per al seu funcionament totalment automàtic.

Un aspecte essencial del formigó que, com en les preses, es col·loca en grans masses és la dissipació de la calor que porta en el seu si. Aquesta calor és el resultat del seu procés de fabricació -els seus constituents estan a determinades temperatures- i de la calor generada durant la seva hidratació una vegada posat a l'obra. Si la temperatura final, una vegada endurit el formigó, sobrepassa determinats límits, indueix en la massa de la presa uns gradients

tèrmics que poden arribar a esquerdar-la. Per evitar aquest problema s'han pres, tant en projecte com en el seu procés constructiu, algunes mesures. Una consisteix en la refrigeració prèvia durant els mesos d'estiu de l'àrid gruixut (més gran de 5 mm), de forma que en entrar freds a la pastera rebaixen molt sensiblement la temperatura final de la massa. Això s'aconsegueix introduint aquest àrid en un túnel en què és sotmès a una dutxa contínua d'aigua freda produïda en un circuit tancat de refrigeració.

Un grup de dos blondins completa el conjunt de les gran instal·lacions tocant a la presa. L'*andarivell* (paraula procedent de l'italià *andarivello*), més conegut en l'àmbit de la construcció com a blondin, és una màquina per al



Fotografia 12: El formigó recent fabricat es transporta fins al cubilot que el col·locarà en obra.

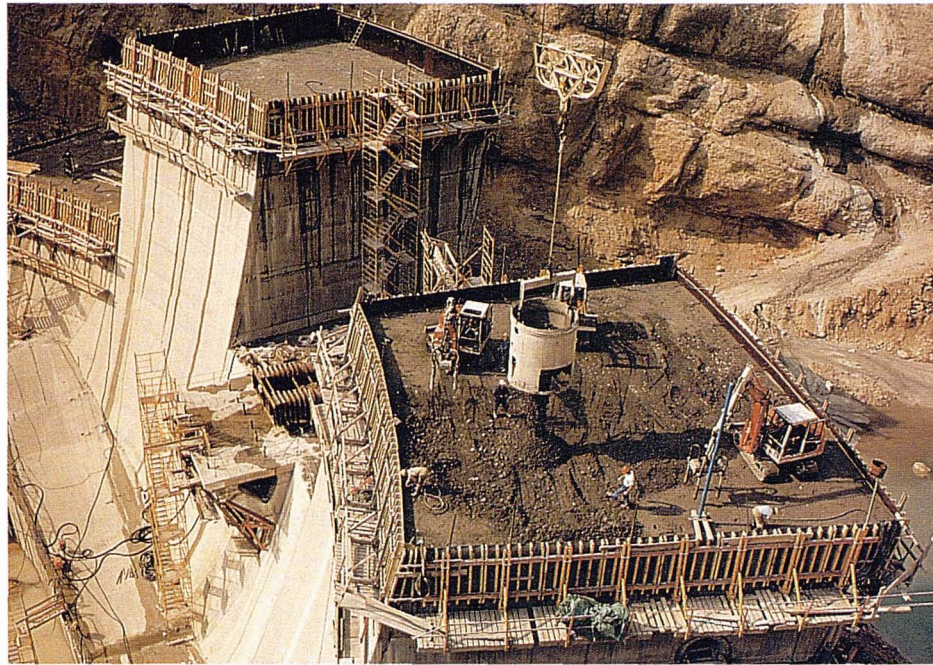
transport i la col·locació del formigó utilitzada sobretot en preses, en què els espais que cal cobrir i els llums que cal salvar fan ineficaç, insuficient o antieconòmic l'ús d'un altre tipus de maquinària més usual com les cintes o les grues.

Consta, en essència, de dos cables grua o cables carrils cadascun dels quals té un punt fix al marge dret sobre sengles torres o pals de 9 m d'alçada (fotografia núm. 9). A l'altre extrem de la vall, cada cable està amarrat a una contratorre de 12 m d'alçada que es pot moure al llarg d'una via circular de 162 m de longitud (fotografia núm. 10). Sobre aquests cables circula un carro mòbil o bicicleta, que és l'element del qual penja el ganxo que transporta a qualsevol punt de la presa un cubilot en el qual es porta el formigó (fotografies núm. 9 i 11).

Aquesta màquina es completa amb un altre conjunt de cables per a la translació horitzontal del carro i els moviments d'elevació i descens del cubilot, el moviment del qual és accionat per cabrestants situats a la base de les esmentades torres fixes del marge dret.

D'aquesta manera, s'abraça un sector circular de 360 m de radi a una cota superior a la de coronament, sota la planta del qual es projecta tot el conjunt de la presa, i així es permet l'accés aeri del formigó a un punt qualsevol de l'estructura. El formigó recent, fabricat a la planta, es recull en unes vagonetes sobre vies que aboquen el seu contingut en dos grans cubilots de 4 m³ de capacitat cadascun, que a la vegada són transportats mitjançant tot el sistema de cables fins al seu punt de posada a l'obra.

Cada cable carril és calculat per a transportar una càrrega màxima de 12,5 tones, cosa que permet l'ús de la màquina no sols en els treballs estrictes de col·locació del formigó, sinó també en múltiples operacions auxiliars, com és ara el trasllat de



Fotografia 13: Col·locació del formigó en un bloc.

l'altra maquinària, transport d'encofrats, etc.

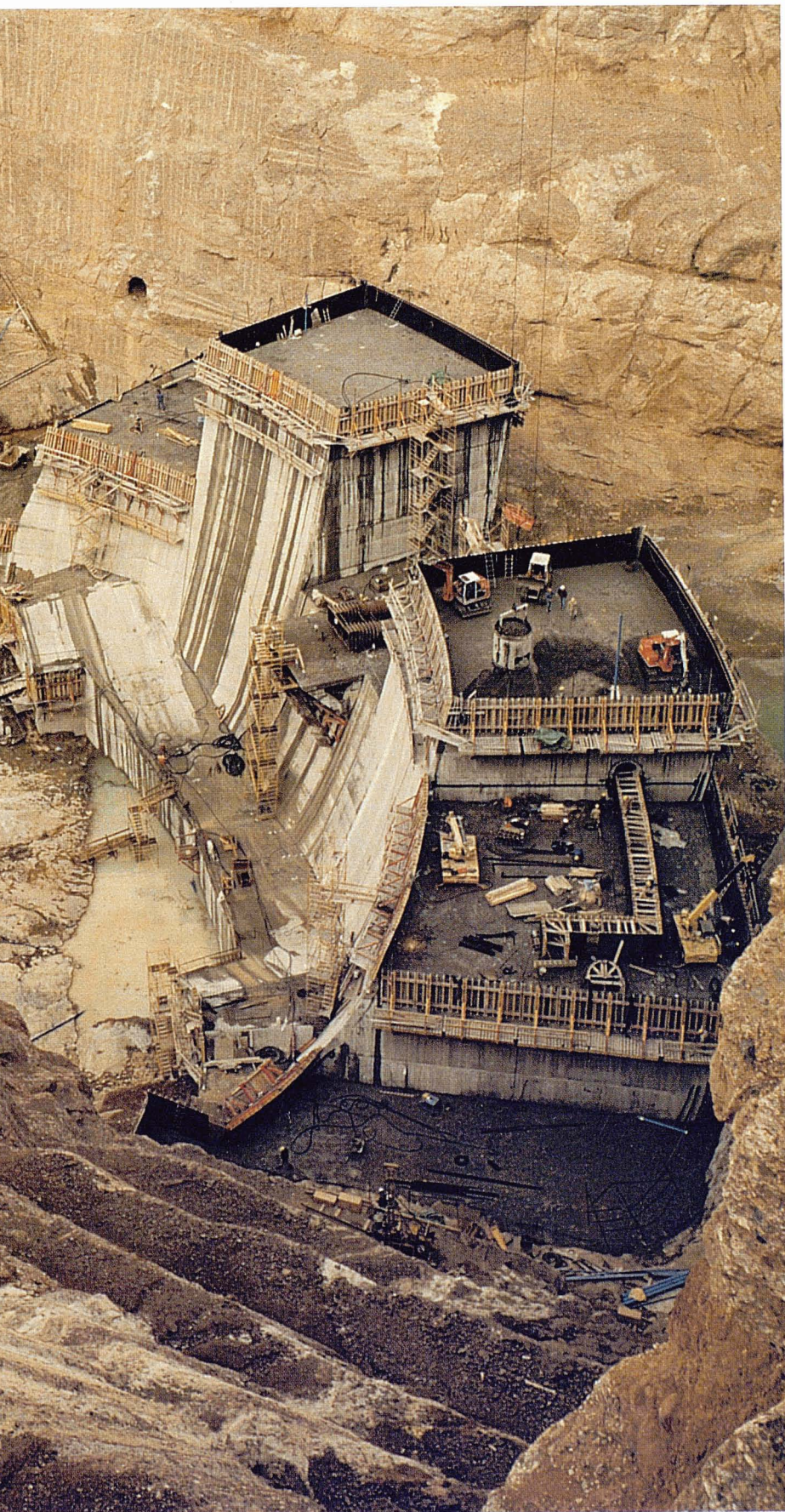
a un punt determinat, disminueixen de forma sensible.

Tots els moviments d'elevació i translació del blondin, poden realitzar-se de forma simultània, de manera que els temps requerits perquè el ganxo que transporta la càrrega arribi

Totes les instal·lacions breument descrites han estat especialment dissenyades o adaptades a les difícils condicions topogràfiques d'aquesta tancada i permeten, en condicions



Fotografia 14: Inici del formigonatge l'agost de 1993.



Fotografia 15: Els cinc blocs centrals ja fonamentats i en creixement.

atmosfèriques favorables, un treball continu amb puntes diàries superiors a 1.500 m³ de formigó col.locat.

El procés de construcció

Tant per raons constructives com per l'especial comportament tèrmic de l'estructura, el formigó utilitzat posseeix algunes característiques especials. En primer lloc, s'utilitza una mida d'àrid molt superior a la utilitzada a les altres fàbriques (120 mm en el nostre cas); en segon lloc la quantitat utilitzada de ciment és baixa, i una part d'aquest se substitueix per cendres volants que disminueixen en gran mesura la seva calor d'hidratació i milloren la seva durabilitat a llarg termini; finalment, la relació aigua/conglomerant és també baixa, cosa que comporta avantatges per a la seva resistència, però requereix mitjans especials per a la seva posada a l'obra i consolidació.

La quantitat total de formigó necessari per a la presa i els seus òrgans auxiliars és de 350.000 m³, que es fabrica per pasterades de 4 m³; cadascuna d'aquestes pasterades, produïdes de forma contínua durant tot el procés de formigonatge diari, es transporta mitjançant unes vagonetes sobre rails, el contingut de les quals és buidat al cubilot ja esmentat anteriorment i transportat pel blondin fins al seu punt de col.locació (fotografia núm. 12). Una vegada abocat al bloc corresponent de la presa, un conjunt de màquines d'estendre i vibradores (fotografia núm. 13), consoliden capa a capa fins a completar una tongada de dos metres, que és l'alçada modular típica de creixement dels blocs. Cadascun d'aquests blocs té una amplada pròxima a 17 m, essent el seu gruix variable amb l'alçada. Les fotografies núm. 14 i 15 mostren la seqüència de construcció dels blocs en la part central de la presa, des del seu inici (fotografia núm. 14) fins a l'arrencada ja en plena producció dels cinc primers blocs (fotografia núm. 15). La forma emmerletada de la presa durant la seva construcció permet



Fotografia 16: Estat actual del formigonatge de la presa.

optimitzar els mitjans de posada a l'obra i els ritmes de formigonatge i, a més a més, s'independitza el treball dels diversos equips d'especialistes que preparen i executen cada fase del procés.

La Junta d'Aigües de la Generalitat de Catalunya ha establert un rigorós control de qualitat en totes les fases de construcció.

Per això s'ha muntat un complet laboratori i unes oficines a peu d'obra, on un equip tècnic format per enginyers, geòlegs i especialistes en materials dirigeixen i controlen la construcció, analitzant diàriament totes les primeres matèries utilitzades i contrastant finalment la qualitat de cada una de les unitats d'obra.

El primer formigó estructural va ser col·locat l'últim dia d'agost de 1993,

i és previst que a la tardor d'enguany s'acabi de col·locar. A la fotografia núm. 16 es mostra l'estat actual de formigonatge de la presa.

Finalment, la closa dels junts entre blocs dotarà l'estructura de la seva funcionalitat tridimensional que li permetrà transmetre al terreny les gegantines forces produïdes per l'embassament de l'aigua, missió per a la qual, en definitiva, va ser concebuda.

BIBLIOGRAFIA

- (1) MILAGRO, J.M. «La presa de la Llosa del Cavall». *Espais*, gener-febrer, 24-27, 1988.
- (2) DIRECCIÓ GENERAL D'OBRES HIDRÀULIQUES. «Projecte de la presa de la Llosa de Cavall». 1988.
- (3) BERGA, L. PEREIRA DA COSTA, C., DA COSTA PEREIRA, M. «La presa de la Llosa de Cavall. Estudi estructural en model reduïdo». Terceras Jornadas Españolas de Presas. Barcelona, 1990.
- (4) BERGA, L., MORO, J.M., CLARAMUNT, A., BERNAL, A., DA COSTA PEREIRA, M. «La presa de la Llosa del Cavall: Proyecto y ejecución de su cimentación». Cuartas Jornadas Españolas de Presas. Murcia, 1993.