



UNIVERSITAT DE BARCELONA



Escola Tècnica Superior d'Enginyers
de Camins, Canals i Ports de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

TREBALL FI DE CARRERA

Títol

**Pla de gestió de recursos hídrics del canal
de Corral Quemado (Argentina)**

Autor/a

Ester Bartra i Urpí

Tutor/a

Nieves Lantada Zarzosa

Daniel Niñerola Chifoni

Departament

Departament Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica

Intensificació

Data

19 d'octubre de 2009

Resum

Títol: *Pla de gestió de recursos hídrics del canal de Corral Quemado (Argentina).*

Autora: *Ester Bartra i Urpí*

Tutors: *Nieves Lantada i Daniel Niñerola*

Aquest treball s'ha desenvolupat en el marc de la col·laboració entre organitzacions camperoles indígenes argentines, concretament amb MoCaSE.VC, i Enginyeria Sense Fronteres.

El problema real pel que s'ha proposat una solució es centra en el mal estat del canal de Corral Quemado (Argentina) i la repartició desigual dels seus recursos hídrics. A partir de l'estada a la regió afectada per la problemàtica, de l'estudi de l'estat actual dels recursos hídrics i de la demanda a la zona, s'han plantejat diferents alternatives per remodelar i gestionar el canal, adaptades a la realitat del problema.

Després d'analitzar les alternatives de remodelació i gestió, es considerarà que el revestiment de canal amb formigó amb una secció òptima per transportar el cabal de disseny és l'opció adequada per solucionar els problemes estructurals que presenta el canal. La distribució de cabal continu proporcional a les demandes de cada *paraje* és l'alternativa escollida per gestionar els recursos hídrics del canal. Opció que proporciona a cada *paraje* el cabal necessari per satisfer les seves necessitats hídriques bàsiques.

Per altra banda, en el treball s'ha presentat l'ús dels Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG) en l'anàlisi de gestió dels recursos hídrics. Per aquest motiu durant l'estada a l'àrea d'estudi es van prendre dades de camp per introduir-les en un SIG, i poder-les tractar, extreure'n informació i analitzar-la. Aquest procés s'ha realitzat amb el *software* ArcGIS i les seves extensions 3DAnalyst i Spatial Analyst.

Amb l'alternativa de remodelació i gestió escollida, i la informació referent a la zona d'estudi s'ha modelitzat el flux al canal amb el *software* HEC-RAS. S'obté com a resultats el perfil de la làmina d'aigua i el seu comportament en el canal.

A partir de l'extensió HEC-GeoRAS, s'ha caracteritzat i s'ha avaluat el comportament hidràulic del canal amb els SIG. Unint així el SIG a l'estudi de gestió de recursos hídrics.

Resumen

Título: *Plan de gestión de recursos hídricos del canal de Corral Quemado (Argentina)*

Autora: *Ester Bartra i Urpí*

Tutores: *Nieves Lantada y Daniel Niñerola*

Este trabajo se ha desarrollado en el marco de colaboración entre organizaciones campesinas indígenas argentinas, exactamente con MoCaSE.VC, e Ingeniería Sin Fronteras.

El problema real por el que se ha propuesto una solución se centra en el mal estado del canal de Corral Quemado (Argentina) y la repartición desigual de sus recursos hídricos. A partir de la estancia en la región afectada por la problemática, del estudio del estado actual de los recursos hídricos y de la demanda en la zona, se han planteado distintas alternativas para remodelar y gestionar el canal, adaptándolas a la realidad del problema.

Después de analizar las alternativas de remodelación i gestión, se considero que el revestimiento del canal con hormigón con una sección óptima para transportar el caudal de diseño es la opción adecuada para solucionar los problemas estructurales que presenta el canal. La distribución de caudal continuo proporcional a las demandas de cada paraje es la alternativa escogida para gestionar los recursos hídricos del canal. Opción que proporciona a cada paraje el caudal necesario para satisfacer sus necesidades hídricas básicas.

Por otro lado, en el trabajo se ha presentado el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el análisis de gestión de recursos hídricos. Por este motivo durante la estancia en la zona de estudio se recogieron datos de camp para introducirlas en un SIG, poderlas tratar, obtener información y analizarla. Este proceso se ha realizado con el *software* ArcGIS i sus extensiones 3DAnalyst y Spatial Analyst.

Con la alternativa de remodelación y gestión elegida, y la información referente a la zona de estudio se ha modelado el flujo del canal con el *software* HEC-RAS. Se obtiene como resultado el perfil de la lámina de agua y su comportamiento en el canal.

A partir de la extensión HEC-GeoRAS, se ha caracterizado y se ha evaluado el comportamiento hídrico del canal con los SIG. Uniendo el SIG al estudio de gestión de recursos hídricos.

Abstract

Title: *Water management of Corral Quemado Channel (Argentina)*

Author: *Ester Bartra i Urpí*

Tutors: *Nieves Lantada and Daniel Niñerola*

This work is developed by rural native argentine organizations, MoCaSE.VC one of them, and Enginyeria Sense Fronteres.

The solution of a real problem in the Corral Quemado channel is proposed on this work. The channel is broken and the repartition of water is not equal for everybody. From stay in Corral Quemado, the problematic area, from current situation of water facilities and water required, some alternatives to redesign the channel and some alternatives to water management are developed on the report. They have been adapted to reality too.

After to analyse redesign alternatives and water management alternatives, the channel with the best section and concrete lining is the redesign option for resolve the structural problem on the Corral Quemado channel. For distribution of water, the select option is to distribute the water according to necessity.

On the other hand, use of Geographical Information System (GIS) in analysis water management is presented on the work. For this reason, some data was taken during the stay there. They were introduced into GIS tool in order to manage and analyse the information. This process has been done by ArcGIS software and its extensions, 3DAnalyst and Spatial Analyst.

The channel is simulated by HEC-RAS software from redesign and water management options, and initial data. The results are water profile and channel behaviour.

The characterizing of channel and evaluating of hydraulic behaviour had been doing by HEC-GeoRAS, it is another extension. It allows combining GIS on water management study.

Pla de gestió de recursos hídrics del canal de Corral Quemado (Argentina)

Ester Bartra i Urpí

Memòria



ENGINYERIA GEOLÒGICA

ETSECCPB (UPC) – Facultat de Geologia (UB)

Octubre de 2009

Agraïments

“Per tot el que ha estat, gràcies.

Per tot el que serà, sí.”

Dag Hammarskjold

Aquest treball ha avançat pel suport desinteressat de totes aquelles persones que han fet camí al meu costat: des del començament fins avui. Per totes elles, només hi ha paraules d'agraïment.

El repte que suposava aquest treball m'ha permès conèixer moltes persones. A tot el grup d'Argentina d'Enginyeria Sense Fronteres de Catalunya que juntament amb la gent de MoCaSE.VC, del MNCI, de Ingeniería Sin Fronteras de Valencia i Navarra han sabut ensenyar-me el sentit i compromís de lluita. També a qui em va acollir a casa seva com una més de la família, i ara són la meva petita família argentina: Juan L., Liliana M., Leo L., Valentina M. i, la nouvinguda, Lucia L. I a tota la gent de Corral Quemado, que sense ells aquest treball no existiria.

A la Nieves Lantada i el Daniel Ninyerola, tutors d'aquest treball, per ser comprensius, acceptar el tema, donar-me consell i ajudar-me des de la distància, i deixar-me via lliure davant el desenvolupament de tot el treball.

I aquest també és l'últim esglaó d'aquesta etapa universitària com estudianta d'enginyeria geològica, on he compartit llargues hores de classe, de biblioteca, de sortides de camp, de bar, etc. A tots i totes vosaltres gràcies per fer junts aquest camí. I, també, a qui durant aquesta etapa m'ha acollit a casa seva, i s'ha convertit amb la meva família adoptiva (Benjamí P. i Carmen N.).

A tots aquells que hem caminat plegats des de petits, que hem compartit tantes nits que poden fer un canvi radical; i a aquells que he anat coneixent i heu sabut com ser al meu costat i donar-me una empenta per seguir endavant.

Als meus avis, Salvador, Pep, Pepeta i Montserrat, que des de petita m'han ensenyat a caminar per la vida, a estudiar, a aprendre... ells m'han acompanyat fins aquí.

I a tres grans persones: el meu germà, Daniel, el meu pare, Lluís, i la meva mare, Rosa Maria, per tantes coses, per ser-hi sempre.

Índex

Agraïments	11
Índex	13
1 Introducció	17
1.1 Motivació i objectius	17
1.2 Estructura de la memòria	19
2 Marc de referència	21
2.1 Marc del treball	21
2.2 Actors	21
2.2.1 Movimiento Nacional Campesino Indígena (MNCI)	21
2.2.1 Enginyeria Sense Fronteres (ESF)	25
1.3 L'Argentina	26
1.3.1 Des del començament fins avui	26
1.3.2 L'Argentina desconeguda	27
1.3.3 Santiago del Estero, província	29
1.4 Corral Quemado	31
1.4.1 Àrea d'estudi	31
1.4.2 Caracterització geogràfica	33
1.4.3 Caracterització social	35
1.5 Problemàtica de l'aigua	38
1.5.1 Context global	38
1.5.2 Com afecta a Corral Quemado?	40
3 Metodologia	43
3.1 Què un Sistema d'Informació Geogràfica?	43
3.1.1 Sistema de referència espacial	44
3.2 Software utilitzat	46
3.2.1 ArcGIS	47
3.2.2 HEC-RAS v.4.0	47
3.2.3 Extensions utilitzades	48
3.3 Metodologia d'aplicació	48
3.3.1 Fase 1: Recopilació d'informació.	49
3.3.2 Fase 2: Procés amb l'ArcGIS	50
3.3.3 Fase 3: Procés amb el HEC-RAS	54
4 Estat actual dels recursos hídrics a Corral Quemado	59
4.1 Ús de l'aigua	59
4.1.1 Què s'entén per ús de l'aigua i classificació	59
4.1.2 Usos dels recursos hídrics a la comunitat de Corral Quemado	60
4.2 Font de recursos	61
4.2.1 Pluja	61
4.2.2 Superficial	62
4.2.3 Subterrània	62

4.3 Infraestructures	63
4.3.1 Represes	63
4.3.2 Canal	66
4.3.3 Aljubs	68
4.3.4 Altres	69
4.4 Demanda hídrica	69
4.4.1 Pel consum humà	70
4.4.2 Pel consum animal	71
4.4.3 Pel consum agrícola	73
4.4.4 Demanda Hídrica neta total	73
4.4.5 Demanda hídrica bruta	74
4.4.6 Cabals de disseny	74
4.5 Qualitat de l'aigua	75
4.5.1 Paràmetres analitzats	76
4.6 Gestió dels recursos	78
5 Remodelació del canal, alternatives	79
5.1 Plantejament d'alternatives	79
5.1.1 Hipòtesis – Consideracions prèvies	80
5.2 Alternativa 1: perfilat del canal actual	81
5.3 Alternativa 2: revestiment amb formigó	83
5.4 Alternativa 3: revestiment amb maons	84
5.5 Alternativa 4: revestiment amb sòl – ciment	86
5.6 Proposta de remodelació del canal: justificació	87
6 Distribució dels recursos hídrics, alternatives	89
6.1 Gestió de l'aigua	89
6.1.1 Hipòtesis	90
6.2 Alternativa 1: distribució de cabal proporcional constant	91
6.3 Alternativa 2: distribució rotacional mitjançant torns	92
6.3.1 Estructures de regulació i/o distribució	93
6.4 Alternativa 3: aportació de la quantitat necessària segons la demanda puntual	95
6.5 Proposta de gestió: discussió i justificació	95
7 Aplicació: dades i resultats	97
7.1 Dades d'entrada	97
7.1.1 A l'ArcGIS: dades de camp	97
7.1.2 Al HEC-GeoRAS: caracterització del canal	98
7.1.3 Al HEC-RAS: geometria i moviment	99
7.2 Resultats i anàlisi	102
6.2.1 De l'ArcGIS: geografia	102
6.2.2 Del HEC-RAS: modelització del canal	104
6.2.3 Del HEC-GeoRAS: superfícies del perfil d'aigua	108
8 Conclusions i línies futures	111
8.1 Conclusions	111
8.2 Línies futures	112

9 Bibliografia	113
Annexos	117

1 Introducció

“Globalicemos la lucha,
globalicemos la esperanza”

Al segle XXI, el segle de la sostenibilitat, del desenvolupament, de les noves tecnologies, de la globalització... encara l'aigua, essencial per la vida, segueix essent un recurs diferencial entre països, entre pobles. L'accés a l'aigua, de qualitat i en quantitat, encara és un privilegi d'un terç de la població mundial, especialment dels països desenvolupats.

Des d'Enginyeria Sense Fronteres de Catalunya (ESF), conjuntament amb Ingeniería Sin Fronteras de Valencia i Navarra s'estan duent a terme diferents projectes de cooperació internacional per apropar l'accés a l'aigua a aquelles poblacions més necessitades. Així és com es desenvolupa l'actual projecte a l'Argentina: “*Construyendo el derecho al agua en comunidades indígenas de Argentina*”, marc del present treball. Els projectes a Argentina compten amb la participació de les organitzacions populars pertanyents al Movimiento Nacional Campesino Indígena de Argentina (MNCI). Conjuntament, MNCI i ESF, lluiten pels drets humans, pel dret a la terra, per a una vida digne com a comunitat indígena i camperola, per un accés a l'aigua, per una sobirania alimentària, per una educació popular, etc.

Aquest treball final de carrera neix de la problemàtica entorn a l'aigua a Corral Quemado, província de Santiago del Estero a l'Argentina, promogut pel Movimiento Campesino Indígena de Santiago del Estero – Vía Campesina (MoCaSE.VC), organització integrant al MNCI.

La població de Corral Quemado disposa d'un canal d'aigua per abastir la demanda hídrica; no obstant això, les mancances estructurals del canal, el poc cabal o cabal inexistent que hi circula i la pobra gestió del mateix, fan que les necessitats bàsiques de la població entorn a l'aigua siguin insatisfetes.

1.1 Motivació i objectius

El repte proposat des d'ESF de buscar una solució a una problemàtica real fou el motiu per portar a terme, amb ESF i MoCaSE.VC., aquest treball final de carrera. Ja que des de les assignatures d'enginyeria geològica, i des de la universitat, s'assoleixen coneixements, teories, eines, tècniques, etc. per ser desenvolupades a la societat, i és en ella on cal compartir-les i portar-les a la pràctica.

Entre els coneixements apresos hi ha els dels Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG). Una tecnologia en creixement i desenvolupament, que cada dia s'aplica en més camps de la nostra societat; com per exemple la hidràulica i la hidrologia. Davant el repte de buscar una solució a la problemàtica de l'aigua a Corral Quemado, sorgeix la idea d'aplicar els SIG en la recerca d'aquesta solució. Establint una relació entre els coneixements apresos i la societat, és a dir entre els SIG i la gestió dels recursos hídrics del Canal de Corral Quemado.

I també, des dels estudis d'enginyeria geològica s'aprèn que el treball de camp és important, que permet donar coneixement la situació real. Així doncs, aquest treball es desenvolupa amb

un estada a Corral Quemado, que permet conèixer els habitants i maneres de fer, la seva realitat, la seva problemàtica, etc. Una estada que es dugué a terme entre els mesos de juliol i desembre de 2008, i que fou finançada pel Centre de Cooperació pel Desenvolupament (CCD) de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

L'estada a l'Argentina i la convivència allà ensenyen una altra cara de l'Argentina que coneix la societat on vivim. Una Argentina allunyada del desenvolupament del primer món, una Argentina rural, una Argentina diferent de la nostra realitat, difícil d'explicar. Per això, s'afronta aquest treball des de la realitat del problema amb els coneixements apresos durant els estudis d'enginyeria geològica, compartir-los i desenvolupar-los, establint un lligam entre ambdues realitats. Potser entrant en la globalització d'aquest segle XXI.

Aquest treball té per objectiu general proposar una solució a la problemàtica plantejada a partir d'una metodologia que estudiï el comportament del canal aplicant els SIG. Ja que el problema existent té de base l'accés a l'aigua a través del Canal de Corral Quemado, les solucions que es busquen recauen sobre aquest. L'objectiu general implícitament té altres objectius:

- Coneixement de la problemàtica i la realitat on es desenvolupa el treball.
- Anàlisi de la situació actual dels recursos hídrics del Canal Corral Quemado.
- Plantejament d'alternatives de remodelació de la infraestructura del canal.
- Plantejament d'alternatives per la gestió dels recursos hídrics del canal.
- Definició d'una metodologia per estudiar el comportament del canal amb l'ús dels SIG.
- Aplicar i avaluar la metodologia a les alternatives escollides envers la problemàtica de la població de Corral Quemado.

A més, el treball vol ser una eina més a les lluites que es porten a terme des de MoCaSE.VC i ESF envers a l'accés a l'aigua i al dret com a comunitat indígena i camperola.

A partir de l'estada que serví per conèixer i entendre la problemàtica vers la qual s'encarava el treball, per la recerca d'informació i antecedents, i la presa de dades de camp es començà a desenvolupar el treball en sí.

Per una altra banda, també es duia a terme una recerca d'informació als SIG a partir de la qual es començà a definir una proposta de metodologia d'estudi dels recursos hídrics per aplicar a la possible solució a la problemàtica. Una metodologia que treballa amb l'ArcGIS, el HEC-RAS i algunes de les seves extensions, com són la 3DAnalyst per l'estudi de Models Digitals del Terreny (MDT), la Spatial Analyst pel tractament de dades *raster*, i el HEC-GeoRAS, una extensió que permet enllaçar les tecnologies SIG (ArcGIS) envers a les aplicacions hidràuliques (HEC-RAS).

Per tal d'aportar una solució a la problemàtica, a partir de les dades de camp es determina el cabal necessari per satisfer la demanda hídrica de la comunitat, les seccions òptimes i plantejament d'alternatives per la remodelació del canal, així com les alternatives per la gestió i/o distribució.

A les alternatives escollides, s'aplica la metodologia definida de manera que s'analitza el comportament del canal i donar una solució a la problemàtica; a la vegada que serveix per avaluar la metodologia.

1.2 Estructura de la memòria

La descripció de la informació recopilada, de la metodologia, de les propostes d'alternativa, de l'aplicació, dels resultats, etc. es presenten en aquesta memòria en diferents capítols. Començant per aquesta introducció general, i seguida d'un segon capítol que presenta el marc de referència del treball i caracterització de l'àrea d'estudi per entendre la realitat on es desenvolupa. El tercer dels capítols fa una descripció dels SIG, els *softwares* utilitzats i la metodologia d'aplicació. A continuació, el capítol quatre, presenta l'estat actual en què es troben els recursos hídrics del Canal de Corral Quemado; mentre que els capítols cinc i sis són el plantejament de les alternatives de remodelació del canal i gestió dels recursos hídrics. El capítol set presenta les dades d'entrada i resultats obtinguts a la metodologia aplicada al canal. Finalment, les conclusions d'aquest treball i les línies futures que se'n deriven, es presenten al capítol vuit.

2 Marc de referència

“Somos parte de la tierra,
porque sentimos que la tierra no tiene dueños.”

Movimiento Nacional Campesino Indígena

2.1 Marc del treball

Aquest treball es desenvolupa dins el projecte “*Construyendo el derecho al agua en comunidades campesinas indígenas de Argentina*”, que porta a terme pel *Movimiento Nacional Campesino Indígena de Argentina* (MNCI) i *Ingeniería Sin Fronteras* (ISF) a set províncies d’Argentina (Buenos Aires, Córdoba, Jujuy, Mendoza, Misiones, Salta i Santiago del Estero).

El projecte global consta de tres eixos d’actuació i/o línies de treball:

- a) Enfortiment del dret a l’aigua a les comunitats camperoles indígenes, a través de les organitzacions camperoles indígenes beneficiàries, en el seu rol d’actors socials.
- b) Implementar mòduls demostratius d’infraestructura comunitària d’aigua. A partir d’un procés de participació de les comunitats es desenvolupen infraestructures d’aigua per resoldre la problemàtica en cada comunitat particular.
- c) Investigació orientada a la planificació participativa de la gestió dels recursos hídrics, mitjançant estudis destinats a la generació d’eines de rellevament, anàlisis i projecció de la situació dels recursos hídrics territorials per tal de millorar les condicions de vida en el medi rural i els processos de desenvolupament engegats a Argentina. És en aquest eix, on s’engloba el present treball.

Els projectes que deriven d’aquest projecte global neixen de les comunitats, les quals pateixen les problemàtiques existents. Però també proposen solucions, d’aquesta manera no són només els beneficiaris del projecte, sinó també part activa i participativa: actors.

2.2 Actors

Els actors propis d’aquest treball són el *Movimiento Campesino de Santiago del Estero – Vía Campesina* (MoCaSE – VC) i *Enginyeria Sense Fronteres de Catalunya* (ESF), els quals són integrants del MNCI i ISF, respectivament.

2.2.1 Movimiento Nacional Campesino Indígena (MNCI)

El MNCI neix com l’agrupament de les diferents organitzacions camperoles i/o indígenes que sorgeixen del camp, i també, de les ciutats, presents a diferents províncies d’Argentina. Són organitzacions de base, és a dir la informació, decisions, temes a treballar, etc. es duen a terme

a les comunitats de persones organitzades. Com a moviment nacional també formen part de la *Coordinadrea Latinomamericana de Organizaciones del Campo (CLOC)* i de la *Vía Campesina*.

A partir de les transformacions econòmiques i polítiques que visqué el país des dels anys setanta, neixen les organitzacions integrants al MNCI:

- La privatització dels béns públics i la consegüent concentració de les riqueses, de manera que augmentà la pobresa, la desocupació i la caiguda dels ingressos, tant al camp com a les ciutats.
- El model neoliberal amb el model productiu basat en l'agroexportació, donà pas a empreses transnacionals amb polítiques per extreure el màxim benefici; així, les explotacions familiars dirigides al consum popular, basades en el treball familiar i explotació comunitària desapareixen provocant un èxode rural i el creixement desmesurat de les ciutats amb barrades creades per les emigracions des del camp.



Fig1. Anagrama del Movimiento Nacional Campesino Indígena de Argentina (MNCI).
Font: MNCI – ISF, 2009

- En canvi les famílies que es van quedar al camp, començaren a sofrir el deteriorament de les condicions de vida: dificultats per accedir a l'aigua pel consum i la producció, l'expulsió de terres on han viscut des de generacions anteriors, limitacions en l'educació, la violència i la persecució per defensar la terra i el model de viure i produir.

D'aquesta manera s'anaren construint les organitzacions amb pràctiques i idees per anar canviant el país cap a una societat que els permeti viure i decidir, justa i democràtica que inclogui a tothom.

Les principals lluites i accions quotidianes en que s'emmarca el MNCI són: territori, reforma agrària i sobirania alimentària, drets humans i seguretat, salut, educació i formació, i comunicació (www.mnci.org.ar, 2009; MNCI-ISF, 2009).

- **Territori:** En el sistema jurídic no està reconeguda la propietat comunitària de la terra, forma en la qual posseeixen la terra els camperols indígenes; ja que és una forma de treballar cooperativament. Molts es veuen expulsats de la seva terra a través de la violència i la complicitat dels governs, per la pressió dels terratinents i grans productors que volen treure profit de terres que han estat habitades per diferents generacions.
- **Reforma agrària i sobirania alimentària:** Es busca una reforma agrària integral per tal de democratitzar els medis de producció i control de la comercialització, però també incloent els aspectes propis de la vida. La sobirania alimentària està lligada a la reforma agrària, ja que el què vol és potenciar una alimentació sana i suficient, utilitzant mètodes i tipus de producció no extractiu. A més de potenciar un comerç just.
- **Drets humans i seguretat:** Com a conseqüència de la lluita en contra d'un model agroexportador, els camperols es veuen involucrats en repressions policials i governamentals violant els drets humans. També cal tenir en compte les desigualtats desfavorables envers la sanitat, l'educació, etc. en què a vegades es troben les famílies pertanyents al MNCI.
- **Salut:** La salut és un dret que l'Estat ha de proporcionar al qual des del MNCI es dona suport. Però també des del MNCI es busca un procés d'intercanvi dels sabers ancestrals corresponent a les cultures indígenes a què pertanyen les comunitats. N'és exemple els tallers per formar el que s'anomena promotors de salut.

- Educació i formació: L'educació és un altre dels drets que ha de proporcionar l'Estat, però desconeix i infravalora les particularitats culturals i regionals, sovint privant de qualsevol possibilitat de pensar críticament del què passa, etc. per això des del MNCI es promouen espais de formació, com per exemple mòduls tècnics d'agroecologia.
- Comunicació: Pel MNCI, la comunicació és una acció que parteix de l'actitud d'escoltar i de provar de conèixer el context on es viu. És també un dret fonamental. Per això, davant les situacions desfavorables en què es troben davant dels governs i societat, és des de les mateixes comunitats que es generen espais de comunicació de la informació a partir de butlletins, revistes, ràdios FM, pàgines web.

A l'agost de 2009, un any després que la FM *Pasjhamá* del MoCaSE.VC saltés a l'aire va ser atacada per bombes per algú que està en contra de les seves lluites, les seves idees (veure annex F amb comunicat de MoCaSE.VC).

Totes aquestes lluites es porten dia darrera dia, en el sí de la seva vida. Des del MNCI i dels moviments de cada província s'organitzen tallers d'aigua, de salut, de discussió, espais de formació, espais de discussió, el *Campamento de Jóvenes Latinoamericano*. La figura 2 mostra diferents d'aquests actes duts a terme en el període d'agost a desembre de 2008: taller d'energies renovables al 8^o *Campamento de Jóvenes*, manifestació per l'alliberament de camperols empresonats sense causes, *Foro de la Vía Campesina Sudamerica por la Soberanía Alimentaria*, manifestació en el 50è aniversari de la Declaració dels Drets Humans.



Fig.2. Imatges de diferents actes promoguts pel MNCI durant els mesos de juliol a desembre de 2008.

A la taula 1 es fa la relació de les diferents organitzacions integrants del MNCI segons la província d'actuació a Argentina.

Taula 1: Organitzacions integrants del MNCI.

Organització	Província d'actuació	Bases d'actuació
Ser.Cu.Po – <i>Servicio a la Cultura Popular</i> I organitzacions populars de Buenos Aires	Buenos Aires	Treballen en barris marginals, amb actuacions envers als joves i a les millores de condicions de vida.
MCC – <i>Movimiento Campesino de Córdoba</i> Integrat per diferents organitzacions disperses dins la província.	Córdoba	Les àrees de treball són salut, producció, comercialització, treball, formació, joves i nens a les comunitats rurals de la província.
<i>Red Puna</i>	Jujuy	S'organitzen amb diferents xarxes segons la situació geogràfica on es troben, treballant les línies de producció i comercialització, comunicació, joves, gènere, formació i terra.

UST – <i>Unión de Trabajadores Rurales sin Tierra</i>	Mendoza	Les tres grans línies d'actuació en què treballen són sobirania alimentària, reforma agrària i organització popular.
MoCaMi – <i>Movimiento Campesino de Misiones</i> Moviment que uneix altres organitzacions presents a la província.	Misiones	Com a les altres organitzacions també treballen en les àrees de producció, terra, joves i comunicació.
<i>Encuentro Calchaquí</i> Formada per altres organitzacions de la zona dels <i>Valles Calchaquíes</i> .	Salta	És una dels organitzacions més joves que integren el MNCI. Treballa amb les àrees d' aigua, terra i territori, comunicació, formació, producció i comercialització.
MoCaSE-VC – <i>Movimiento Campesino de Santiago del Estero-Vía Campesina</i>	Santiago del Estero	Treballa amb àrees semblants a la resta d'organitzacions tal com comunicació, salut, producció i comercialització, joves, educació i formació.

2.2.1.1 *Movimiento Campesino de Santiago del Estero – Vía Campesina (MoCaSE – VC)*

MoCaSE – VC neix el 4 d'agost del 1990 com a resposta a les problemàtiques existents en les diferents comunitats i organitzacions locals de la realitat existent a la província de Santiago del Estero. Els inicis va sorgir de poques comunitats properes entre elles, però amb els vint anys, aproximats, d'història el moviment ha anat creixent i englobant cada vegada més comunitats de tota la província.

El moviment es basa en una organització horitzontal i de base. Les famílies camperoles indígenes s'organitzen en comunitats rurals (comunitats de base), aquestes s'uneixen segons la zona geogràfica en centrals camperoles. Finalment, totes les centrals s'ajunten per treballar i participar conjuntament en les secretàries (àrees de treball) de tot el moviment, organitzades segons les problemàtiques i situacions de les comunitats: Terra, Medi ambient i Drets humans, Producció i Comercialització, Comunicació i Joves, Salut, i Educació i Formació.

Actualment MoCaSE – VC està format per 9 centrals repartides per tota la província, amb centenars de famílies implicades. En aquest treball la central de treball és la *Central de Campesinos y Productores del Norte (CCPN)* a *Las Lomitas*, concretament a la comunitat de *Corral Quemado*. La comunitat de Corral Quemado serà la beneficiària d'aquest treball. Ha estat promogut pels integrants de MoCaSE.VC derivat de les problemàtiques en què viuen a la comunitat, i són els mateixos integrants qui participen en aquest treball, juntament amb ESF.



Fig3. Anagrama del Movimiento Campesino de Santiago del Estero (MoCaSE.VC). Font: Plumed, 2003.

2.2.1 Enginyeria Sense Fronteres (ESF)

ESF – Catalunya és una associació de cooperació pel desenvolupament multidisciplinari, formada per professionals, docents i estudiants, que treballen per garantir l'accés universal als serveis bàsics, acompanyant el canvi social i l'enfortiment de les poblacions dels països del sud, respectant sempre les característiques culturals i tècniques (www.catalunya.ingenieriasinfronteras.org, 2009).

ESF és una ONG dedicada a la cooperació pel desenvolupament integrada a la Federació Espanyola de *Ingeniería Sin Fronteras (ISF)*. ISF engloba totes les associacions d'Enginyeria Sense Fronteres que es troben a l'Estat espanyol. Totes elles treballen autònomament, però amb trobades periòdiques.

Existeixen dos eixos de treball: al Nord amb el Programa d'Educació pel Desenvolupament i Campanyes de Sensibilització i Incidència, i al Sud amb projectes pel desenvolupament, a diferents països: Camerun, Moçambic, Perú, Equador, Bolívia, Colòmbia, Nicaragua, Hondures, El Salvador i Argentina. El treball als països del sud es fa a través d'organitzacions de base locals per evitar la dependència de les comunitats al respecte de tercers.

Als països del nord es porten a terme diferents campanyes per tal de sensibilitzar la societat i les administracions, així com també la participació en diferents fòrums de decisió per definir la cooperació a nivell administratiu. D'altra banda, es porten a terme cursos, màsters, cursos de postgrau, seminaris, etc. relacionats amb l'enginyeria i la cooperació.



Fig4. Anagrama de Ingeniería Sin Fronteras (ISF).
Font: MNCI – ISF, 2009

2.2.2.1. ESF – Argentina

El grup ESF – Argentina és el grup que treballa amb Argentina com a país al sud. És un grup format per voluntaris/es i/o socis/sòcies d'ESF els quals formen part del grup exclusivament, d'altres participen en campanyes de sensibilització, en grups de projectes al nord i al sud o es troben com a tècnics, expatriats a Argentina.

Neix al 1999. Al 2000 comença amb un Projecte de Coneixement de la Realitat (PCR) de mesures topogràfiques a comunitats camperoles de Santiago del Estero; a partir del 2003 s'inicien programes per desenvolupar Projectes Finals de Carrera o Tesines.

Els projectes al sud es desenvolupen amb el conjunt de contraparts integrants del MNCI. Aquests projectes a nivell estatal es porten a terme conjuntament amb les associacions d'Enginyeria Sense Fronteres a València i Navarra.

L'aigua i la Sobirania Alimentària són la base dels projectes que actualment s'estan duent a terme a Argentina. Així com altres projectes de capacitació i foment de les energies renovables com l'energia solar.

1.3 L'Argentina

L'Argentina és un país situat a l'hemisferi sud occidental, es troba a la regió del Con Sud d'Amèrica Llatina. Argentina és un país de gran d'extensió (3 761 274km², incloent els territoris antàrtics) (www.argentina.gov.ar, 2009), la qual cosa li dona una diversitat de paisatges naturals, diferències climàtiques, culturals i geogràfiques entre les 24 províncies que la componen (representades a la figura 5), donant-li una riquesa especial al país. La població d'Argentina al 2001, cens oficial del Instituto Nacional de Estadística i Censos, era de 36.2milions de persones; al 2006, segons l'Organització Mundial de la Salut (OMS) era de 39.2milions.

Malgrat l'extensa superfície del país, la distribució de la població pel territori és desigual, concentrant-se a les zones urbanes i entorns de les grans ciutats, un 90% de la població, segons la Organització de les Nacions Unides (ONU). No obstant això, Argentina es caracteritza com un país, bàsicament agrícola i ramader.



Fig5. Mapa d'Argentina. Font: www.educ.ar (setembre, 2009).

1.3.1 Des del començament fins avui

Argentina abans de la descoberta, exploració i colonització per la corona espanyola, al segle XVI, estava habitada per tribus indígenes, amb cultures i costums pròpies. La colonització va esdevenir una barreja de les cultures aportades i les existents. A banda de la colonització espanyola també es van produir fluxos de població des del nord, l'oest i l'est des del segle XVI al 1810, moment en que s'inicia el procés d'independència com a país. I també, amb aquests fluxos poblacionals es troben les immigracions europees des del 1880 al 1930, temps en què Argentina es trobava sota governs conservadors.

Fou a partir dels anys trenta que començà un període d'inestabilitat política: cops d'estat intercalats amb governs peronistes. El peronisme es defineix, segons Juan Domingo Perón pare del peronisme i qui l'introdueix al país quan es proclamà president del país per primera vegada al 1946, com un moviment social de la classe treballadora. Tot i així ha tingut algunes variacions. Un moviment que ha volgut lligar el poder polític amb el poble, nexa que promogué l'esposa de Perón, Eva Perón.

Després d'aquest període inestable políticament, acabant amb una dictadura neoliberal (1976 – 1983) s'estableix la democràcia al país amb Raúl Alfonsín, com a primer president democràtic (1983 – 89).

Des de l'entrada a la democràcia fins avui dia, a l'Argentina, s'han establert diferents governs. Després d'Alfonsín, ocupa el lloc de president Carlos Menem (1989 – 2001), el qual aconseguí aturar la inflació econòmica en què vivia el país, els seu principal problema; s'ha aconseguí amb un pla que vinculava el peso argentí al dòlar en una relació d'un a un, a més d'incloure la privatització d'empreses públiques i un procés continuat de liberalització i descontrol dels mercats. En aquest període, Argentina va veure com augmentava la ocupació, la pobresa i la precarietat laboral, al mateix temps que l'economia del país es feia vulnerable a les crisis internacionals. Aquestes foren algunes de les causes que van dur Argentina a la famosa crisi del *corralito* al desembre del 2001, la qual acaba al gener del 2002. Durant aquest període (2001 – 2002) el govern canvià de color constantment.

El *corralito*, com a conseqüència del col·lapse econòmic que va patir el país, restringint la retirada de diners en efectiu, de mercats, etc. castigar la població pobre, però també les classes mitjanes, obrera, que van veure com els seus estalvis desapareixien. Entre la població, majoritàriament de les ciutats, es creà un mercat d'intercanvi de productes necessaris i la unió entre la població a través de manifestacions. A les zones rurals, afectats també per aquesta crisi i inestabilitat, també s'organitzen formant moviments de base. Durant aquesta crisi, aquells que pogueren pagar-se els bitllets emigraren cap a Europa, establint així un moviment migratori.

Des del 2003 fins al 2007, fou Néstor Kirchner qui ocupà el lloc de president d'Argentina, aconseguint un increment del PIB, reduint la desocupació laboral, reactivant el sector agropecuari, nacionalitzant empreses privades, etc.. S'aconsegueix així una estabilitat al país. Aquesta ha estat continuada per la seva esposa, Cristina Fernández, la qual és la primera presidenta del país escollida democràticament des del 2007 fins l'actualitat.

Així, és com la bibliografia (Geografia Universal, 1993, 1997; Liso et al., 2002; www.argentina.gov.ar, 2009) presenta el país, però com és realment Argentina?

1.3.2 L'Argentina desconeguda

Actualment, Argentina sembla trobar-se amb una estabilitat econòmica i política, talment que és considerada socialment com un país desenvolupat, i del primer món, segons el IDH del PNUD¹ (Human Development Report, 2009). Es troba a la posició 49 sobre 177 del IDH, per sobre de Xile i Uruguai. Però la realitat que es viu al país mostra una repartició desigual de la riquesa amb diferències econòmiques entre classes socials, tant dins les mateixes ciutats com entre províncies. Que estableix una diferència entre l'Argentina rural i l'Argentina urbana, i la diferència entre la gran ciutat com Buenos Aires, Rosario, Córdoba, i els seus voltants on hi ha les anomenades *villas miseria*.

La imatge més coneguda d'Argentina es dibuixa per la gran ciutat de Buenos Aires, capital federal, on es veuen edificis de bancs, d'oficines, gent al carrer amb el mateix moviment europeu, etc. Aquesta és la imatge de l'Argentina de les grans ciutats, que generalment es gira d'esquena als problemes que viu el propi país. En el aquest mateix àmbit urbà, de les grans ciutats, hi viu una població immersa en el quart món, que per tal de sobreviure viuen recollint cartrons, o de la venda ambulants pels trens que van de la gran capital als barris. I també, conviuen en aquest àmbit les protestes constants de la població amb manifestacions o amb campaments instal·lats a les places, tal com es pot veure a la figura 6 on diverses famílies desallotjades es manifesten a la Plaza de Mayo (Buenos Aires, capital).

¹ IDH: Índex de Desenvolupament Humà / PNUD: Programa de les Nacions Unides pel Desenvolupament.



Fig6. Campament de desallotjats de les seves propietats instal·lats a la Plaza de Mayo de Buenos Aires.

Entorn a les grans ciutats es construeixen els barris, formats per edificacions d'una planta baixa, i en alguns casos, d'una primera planta. La població que es troba en aquests barris són emigrants d'altres províncies que es desplaçaren a la ciutat per tal de guanyar-se la vida, marxant, generalment, de les zones rurals; en arribar a la ciutat s'establiren en aquestes zones perifèriques enmig de la pobresa. A aquest barris, coneguts com les *villas miserias*, on els carrers estan sense asfaltar, sense voreres, sense clavegueram, amb dificultats vers l'abastament d'aigua potable, amb mancances per un sistema de recollida d'aigua de pluja, la qual cosa els fa impracticables els dies de pluja, com es pot veure la Fig7a. A més d'aquestes deficiències, també hi ha una problemàtica social: cercles de violència, drogues, problemàtiques juvenils, etc. És en aquests barris on actuen moviments socials per tal de millorar-ne la qualitat de vida i reduir les problemàtiques existents. La Fig7b és la seu d'un centre joves on es fan diferent tallers, activitats, etc.



Fig7. Dues imatges de l'Argentina urbana desconeguda: 7a. aspecte del carrer d'una *villa miseria* en un dia de pluja, 7b. seu d'un centre juvenil a les perifèries de Buenos Aires.

L'altra cara del país és l'Argentina rural, la més desconeguda socialment. Els pobles rurals, on es construeixen edificacions d'una planta baixa i senzilles, al llarg d'una pista de terra, i en alguns casos d'una carretera nacional pavimentada. Els pobles més grans disposen d'aigua corrent i electricitat, encara que sovint marcats per talls intermitents. A les comunitats rurals, les edificacions són senzilles disperses en el camp, sense aigua corrent ni energia elèctrica, tant sols en alguns casos on es disposen de pantalles solars fotovoltaïques.

Aquesta Argentina viu d'una economia agropecuària, però diferenciada en dues bandes. Una la del terratinent, els grans latifundistes i les grans empreses agropecuàries que destinen la seva producció fonamentalment a l'exportació. L'altra és la formada per camperols que destinen els conreus i producció animal a l'autoconsum i a una comercialització a escala local, a base de cooperatives. Establint així diferències entre classes, a més de problemàtiques territorials.

Possiblement aquesta imatge rural, com la que exemplifica la figura 8, d'escassos serveis bàsics, amb una educació baixa, amb una vida marcada per l'horari solar i, a vegades, oblidada pel sistema és la més desconeguda d'Argentina.



Fig8. Imatge de l'Argentina rural a la província de Santiago del Estero. La imatge mostra les edificacions típiques, i part de la vida de la família.

1.3.3 Santiago del Estero, província

El present treball es desenvolupa a la província de Santiago del Estero, una de les 24 que formen Argentina. Província que la bibliografia (Geografia Universal, 1999; Angueira et al., 2007; Flumen Ingeniería, 2009; www.sde.gov.ar, 2009) presenta, resumidament, tal com s'explica en aquest apartat.

La província de Santiago del Estero es troba situada a la regió del Chaco semi àrid, on també hi prenen part altres províncies com el Chaco, Formosa i la part nord de Santa Fe, a més d'altres països com Bolívia, Brasil i Paraguai. Santiago del Estero també integra la regió del NOA². La integritat a la regió del Chaco està donada per les característiques climàtiques, mentre que per la regió del NOA és causa de la situació geogràfica al nord oest d'Argentina.

La seva extensió és de 136 351km² (entre 4 i 5 vegades la superfície de Catalunya), acollint a un total de 27 departament, els quals es mostren a la figura 9.

Geogràficament, la província es caracteritza per ser una gran plana amb pendent suau de nord oest a sud est, i una alçada sobre el nivell del mar entre els 100 i 200m.

D'altra banda, les precipitacions i les temperatures a la província varien. El gradient de precipitacions va des dels 750 – 800mm al nord – est disminuint cap al centre (isohieta de 550mm) i el sud oest amb un gradient de 400mm. Aquestes diferències donen a la província una diferència de paisatges, on al nord s'hi troben boscos verds, mentre que més al sud el paisatge és més àrid i sec.

La població a la província representa un 2% de la població total del país, la qual es distribueix en més concentració entorn a les ciutats i nuclis urbans més grans, com per exemple la ciutat

² NOA: Regió situada la Nord Oest Argentí formada per les províncies de Catamarca, Jujuy, Salta, Santiago del Estero i Tucumán.

capital, amb el mateix nom que la província, Santiago del Estero (dept. Capital), La Banda (dept. Banda), Frías (dept Choya), Termas de Río Hondo (dept. Río Hondo).

La província ha viscut durant dècades, des del 1948 fins al 2002, sota el govern de Carlos Arturo Juárez, del mateix partit que Perón. Juárez passà el poder governamental a la seva esposa, que fou destituïda del poder al 2004, ja que es van fer públiques informacions del deteriorament institucional de la província. Llavors assolí el càrrec de governador Paulo Lanusse tant sols un any (2004 – 2005) on va revertir algunes irregularitats en contra dels drets humans. Actualment, des del 2005, la província està governada pel radical Gerardo Zamora.



Fig9. Mapa polític dels departaments de la província de Santiago del Estero. Font: Angueira et al., 2007.

1.4 Corral Quemado

Corral Quemado, és una població que es troba al departament Copo situada al nord oest de la província de Santiago del Estero al límit amb les províncies del Chaco i Salta. També es defineix com una comunitat indígena de Corral Quemado amb personaria jurídica per l'Institut Nacional de Asuntos Indígenas d'Argentina (I.N.A.I.) (www.desarrollo.gov.ar/INAI/, 2009), integrada per algunes famílies i *parajes*³ de Corral Quemado. I, encara, una altra classificació, ja que part de la població està integrada al MoCaSE.VC. Corral Quemado és una de les comunitats integrants de la Central Campesina de Productores del Nortes (CCPN) amb seu central a Las Lomitas, al mateix departament Copo.

A partir d'aquestes tres classificacions, el present treball es refereix per igual a la població de Corral Quemado, a la comunitat i als integrants del moviment, com a comunitat de Corral Quemado o Corral Quemado ja que es pren tota la població en serà beneficiària.

1.4.1 Àrea d'estudi

El present treball està dirigit a la comunitat de Corral Quemado, la qual es troba dins l'àrea d'influència directa del sistema del Canal de Dios, font principal dels recursos hídrics a la zona, la qual es determina per un radi de 10km del mateix canal (Flumen Ingeniería, 2009) i dels seus canals derivats, en aquest cas del Canal Virgen de Huachana. La figura 10 mostra el sistema hídric del Canal de Dios i la seva àrea d'influència de tot el sistema hídric.

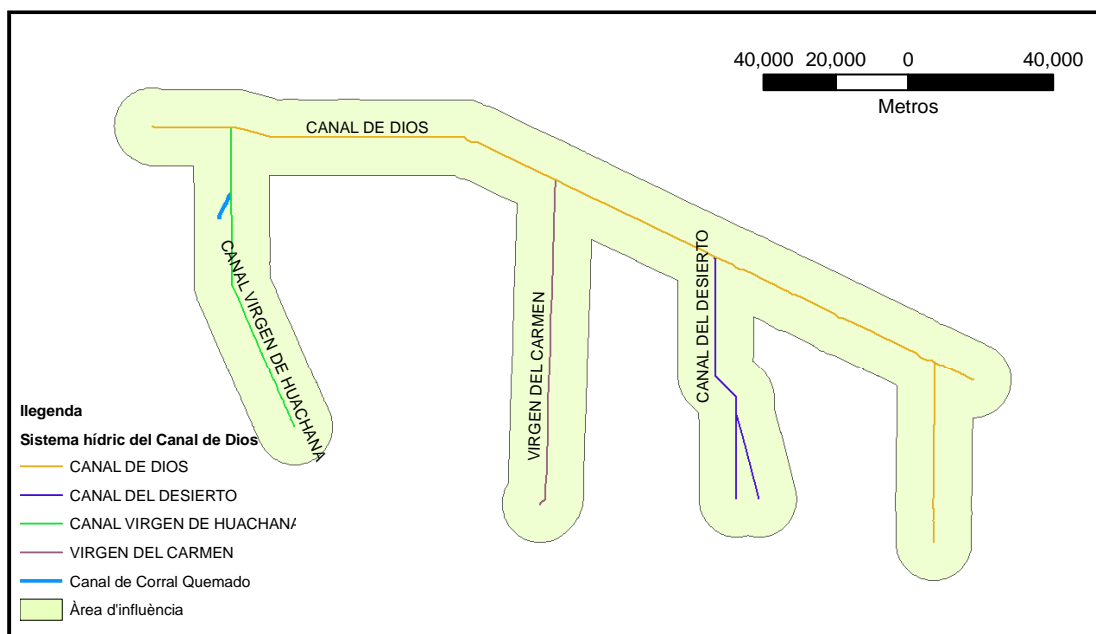


Fig.10. Esquema del sistema hídric del Canal de Dios, on es representa l'àrea d'influència.

L'àrea d'influència directa del sistema hídric del Canal de Dios, segons Flumen Ingeniería (2009), té una superfície de 7 300km², distribuïts entre els departaments de Copo, Alberdi i Moreno tal com s'exemplifica a la taula 2.

³ *Paraje*: Entès com aquell conjunt de cases agrupades amb una certa identitat.

Taula 2: Superfície d'influència del sistema hídric del Canal de Dios a la província de Santiago del Estero. Font: Flumen Ingeniería, 2009.

Departament	Superfície d'influència (km²)
Copo	4600
Alberdi	2500
Moreno	200
Total	7300

Per altra banda, la Administración Provincial de Recursos Hídricos de Santiago del Estero (APRH) considera que tot el departament Copo també està influenciat pel mateix sistema, el qual té una superfície de 12 604km², essent un dels departaments de més extensió de la província.

Si bé, la superfície d'influència comentada es refereix a tot el sistema hídric del Canal de Dios, la superfície de l'àrea d'estudi, Corral Quemado, té una superfície aproximada 58.1km².

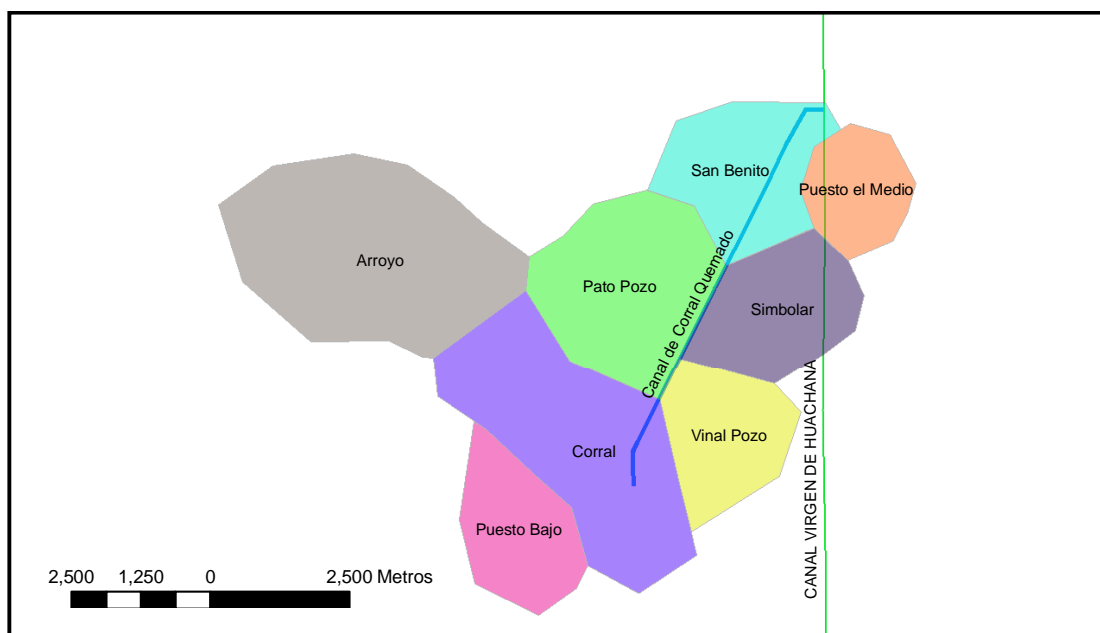


Fig.11. Esquema dels límits de cadascun dels *parajes* corresponents a Corral Quemado.

La comunitat de Corral Quemado es troba dividida en diferents *parajes*: El Arroyo, San Benito, Corral, Pato Pozo, Puesto Bajo, Puesto el Medio, Simbolar i Vinal Pozo. Pel present treball s'han tingut en comptes tots aquests *parajes* excepte El Arroyo. Es troba encara a l'àrea d'influència del sistema hídric, però ja al límit, als marges del Rio Salado, on s'obté l'aigua i amb una comunitat de regants ja establerta. A la figura 11 es representen cadascun dels *parajes*.

A partir dels estudis obtinguts del Canal de Dios (Arancibia, 1990; Flumen Ingeniería SRL, 2009), del web oficial de la província de Santiago del Estero (setembre 2009), del Angueira et al. (2007), i de l'estada allà a partir de les entrevistes personals a la comunitat de Corral Quemado, s'han descrit els següents apartats de caracterització geogràfica i de caracterització socioeconòmica de l'àrea d'influència del sistema hídric, i per tant de l'àrea d'estudi.

1.4.2 Caracterització geogràfica

Aquesta caracterització geogràfica es basa en presentar les característiques climàtiques, geològiques i topogràfiques, de fauna i flora, i de la hidrologia superficial i subterrània; donat que tots aquests factors tenen un determinat pes, directe i/o indirecte, a l'àrea d'estudi.

▬ **Clima**

El clima es defineix en quatre característiques:

- distribució estacional de les precipitacions,
- temperatures altes a l'estiu,
- baix dèficit hídric tot l'any,
- gelades al hivern.

L'àrea d'estudi es troba a la zona de la província on la isohieta de les precipitacions és de 500mm, de les més altes de la província; malgrat la quantitat mitja de precipitacions sigui alta aquestes es distribueixen, bàsicament, a l'estació d'estiu.

Per altra banda, als mesos d'estiu les temperatures s'assoleixen valors superiors als 45°C. És per aquest motiu que la província de Santiago del Estero està inclosa en la isoterma de temperatura màxima absoluta d'Argentina, la qual és de 47°C. Aquestes temperatures elevades a l'estiu, contraresten amb les baixes temperatures del hivern entre 4.5 i 5°C. A la taula 3 es mostren les dades estadístiques de la temperatura a l'àrea d'influència del sistema hídric, obtinguda de Flumen Ingeniería (2009).

Taula 3: Estadístiques de temperatura de l'àrea d'influència del sistema hídric.

Temperatures	Graus C°
Mitja anual	21.9
Mínima mitja del mes de gener	20.2
Màxima mitja del mes de gener	35.3
Mínima mitja del mes de juliol	7.1
Màxima mitja del mes de juliol	23.0

El dèficit hídric a l'àrea d'influència es prolonga al llarg de tot l'any, que s'accentua els mesos d'estiu, superant valors de 600mm a l'any. Aquest dèficit hídric s'obté a partir de la comparació entre les precipitacions i la evapotranspiració potencial que es produeixen a l'àrea. La figura 12 mostra els valors del dèficit hídric anual a tota la província de Santiago del Estero.

Aquest dèficit hídric condiciona fortament les possibilitats de desenvolupament productiu i les disponibilitats d'aigua pel consum humà.

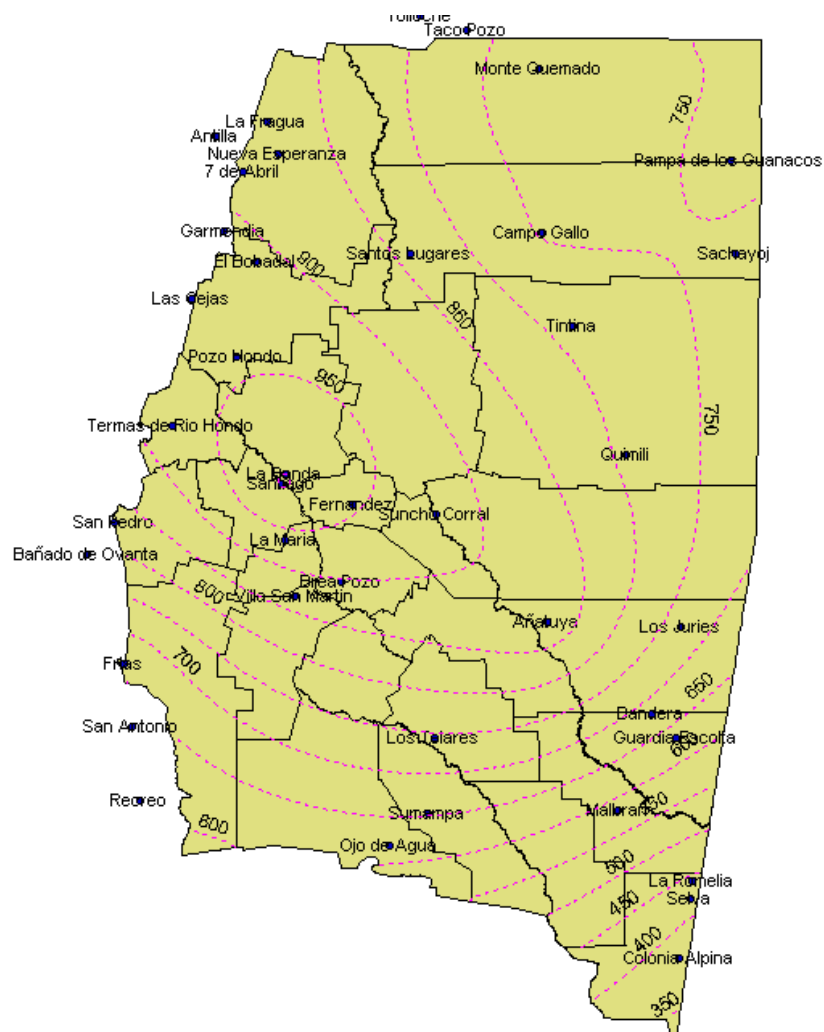


Fig12. Mapa de valores del déficit hídric anual de la provincia de Santiago del Estero. Font: Angueira, et al., 2007.

— Geologia i topografia

El territori que ocupa la província de Santiago del Estero presenta dos sistemes de falles, un d'ells de nord a sud i l'altre de sud a est. No obstant això, es caracteritza per ser una província plana, sense relleus destacats.

La província de Santiago està formada per diferents unitats geomorfològiques. La zona d'estudi per la seva proximitat al Rio Salado es troba dins la plana al·luvial del mateix riu. Aquesta es divideix en altres subunitats: paleoventall al·luvial, àrees de deflació eòlica, paleoplana d'inundació, àrees de vessament del riu a causa d'obstruccions del mateix, depressió de les Salines, plana d'inundació activa i plana d'inundació activa temporalment activa. De totes elles l'àrea d'estudi es troba en la subunitat del paleoventall al·luvial (Angueira, 2007)..

La subunitat on es troba l'àrea d'estudi forma un ventall al·luvial, amb l'apex a les elevacions de Salta i Jujuy, on es troba el curs alt del riu, aquest ventall té un pendent promig de 0.06% en direcció sud est. D'altra banda, en aquest ventall s'hi troben antigues lleres del Rio Salado, el qual s'ha anat desplaçant d'est a oest.

Els sediments de l'àrea d'estudi, on es troba el sistema hídric del Canal de Dios, són argiles i llims de coloració roja, amb sulfats dispersos. Però també s'hi troben sediments més fins que omplen les antigues lleres.

– Fauna i flora

Tant la fauna com la flora de la zona presenten una diversitat d'espècies diferents. A l'est de l'àrea d'influència del sistema hi ha el Parc Nacional Copo.

La fauna present a l'àrea d'estudi té una riquesa d'insectes herbívors, tèrmits i formigues que aprofiten les cavitats dels arbres o formen grans cavitats subterrànies. També hi ha altres animals mamífers, els quals es troben en perill d'extinció i/o espècies amenaçades com és el cas del *yaguareté*, o també l'ós formiguer; o altres que no es troben en aquesta situació com són el *mataco* o el *zorro de monte*. També hi ha una població important de rèptils com pot ser la *iguana colorada*. Les aus es veuen afectades pel dèficit hídric; tot i així, hi ha una presència alta de *charatas* i *loro hablador*.

Pel que fa a la flora, en la seva condició natural es tracta de boscos secs o semisechs. La zona d'estudi està formada per boscos de *quebracho blanco* i *quebracho colorado*, juntament amb el *mistol*. Aquests conviuen amb altres més petis com el *algarrobo negro* o *yuchán*, o altres espècies com el *quimil*, adaptades al dèficit hídric, i zones de pastura.

Moltes zones de la regió han estat afectades per activitats intenses d'extracció de la fusta fins la dècada del 1950 per aprofitar els arbres amb característiques llenyoses; però això cal sumar-hi la desforestació per produir cotó, soja, etc., i la recent expansió de la frontera agropecuària. Actualment s'està treballant a nivell nacional una llei de boscos, per tal de conservar i preservar àrees de boscos nadius a Argentina.

– Hidrologia superficial i subterrània

La zona d'estudi està condicionada per una hidrologia superficial formada pel Rio Salado, provinent de la província de Salta, i pel sistema hídric del Canal de Dios, amb origen a Salta. D'aquesta manera s'han establert diferents convenis interprovincials que engloben Salta, Santiago del Estero, Santa Fe i Tucumán. De l'últim decret de l'any 1981 s'estableix una entrega de 12hm³/any per les províncies de Santiago del Estero i Santa Fe, per abastament de les poblacions.

L'aigua subterrània de l'àrea d'influència del sistema hídric del Canal de Dios, generalment, va d'escassa a nul·la. On els aquífers que es troben estan a profunditats difícils d'explotació per ser utilitzada pel consum humà i productius.

1.4.3 Caracterització social

Corral Quemado és la imatge de l'Argentina rural, de l'Argentina sense els serveis bàsics. El 43% de la població del departament Copo es troba amb les necessitats bàsiques insatisfetes (NBI); és a dir, gairebé la meitat de la població del departament que segons el cens de l'any 2001 era de 26 984⁴ (www.sde.gov.ar, setembre 2009). A partir de les dades obtingudes de la comunitat, a Corral Quemado al 2008 hi vivien 507 persones, comptabilitzant el *paraje* del Arroyo.

⁴ Els valors censals públics, sovint no corresponen a la població total existent a la zona, per aquest motiu és important treballar amb les comunitats, coneixedors de la seva població, i no basar-se només en censos publicats (INTA, 2008).

La població de la comunitat, englobada en les estadístiques del departament Copo, és una població jove, més de la meitat de la població del departament té menys de 25 anys; associat a les baixes edats dels matrimonis i nombrosos casos de mares joves, sovint solteres. L'educació al departament és a partir de 83 escoles públiques, de primària i secundària. Corral Quemado disposa d'una escola de primària pública, i a Candelaria (a 12km) hi ha l'escola de secundària més propera. Les estadístiques de l'any 2001 comptabilitzen que només l'11% de la població és analfabeta. El que refereix a la salut més de la meitat de la població del departament, un 80% segons dades del INDEC al 2001 (Angueira et al., 2007; www.indec.gov.ar, 2009), utilitza els serveis de la sanitat pública. A la comunitat el centre d'assistència bàsica (primers auxilis) més proper es troba a la Candelaria; tot i així, la població és coneixedora, i en fa ús, de les plantes medicinals tradicionals procedent dels pobles indígenes originaris.

L'activitat econòmica al departament Copo es destaca per ser l'àrea on el sector forestal és més important per la producció de pals, llenya, carbó, etc., fet que es relaciona amb la desforestació que ha viscut durant dècades. Però, gradualment s'estan introduint sectors com la ramaderia. A la comunitat les famílies es dediquen a la ramaderia i l'agricultura, de soja i morenc, per l'autoconsum o amb caràcter local. Des de MoCaSE.VC s'estan movent projectes de producció de mel, dolços i filat de la llana de les ovelles, a nivells locals i de comerç just.

No obstant això moltes famílies es veuen davant la necessitat que alguns membres emigrin cap a les zones urbanes, com Santiago capital o fins i tot Buenos Aires, o que, generalment els homes, marxin de la població una temporada per treballar al camp.

Corral Quemado també es veu afectada i viu sota pressió pel model agroexportador i a la frontera agropecuària que vol introduir a la zona grans àrees de cultius de soja de mans de terratinents i latifundistes.

La comunitat es distribueix en edificacions senzilles d'una planta. Les quals estan formades per un cobert i una o dues habitacions on s'hi guarden els queviures, algunes peces de roba, i en alguns casos són els espais per dormir. Aquestes edificacions es complementen amb solars on es desenvolupa la vida domèstica. La distribució de les edificacions al territori de la comunitat és per *parajes*, els quals agrupen edificacions separades entre elles uns 100m o 200m.

Les edificacions no disposen d'aigua corrent, per aquest motiu algunes tenen repeses i aljubs, i només algunes d'elles disposen de foses càustiques. D'altra banda, tampoc disposen d'energia elèctrica, així doncs l'activitat i la vida està condicionada a l'horari solar, aprofitant més hores a l'estiu. Algunes llars disposen de petites plaques solars fotovoltaïques que permeten carregar bateries per tenir llum d'una bombeta a les hores nocturnes.

Corral Quemado es troba a més de 300km de la capital de la província, Santiago del Estero, i a 90km de la capital del departament, Monte Quemado. Les vies d'accés, i transport, són únicament terrestre. El transport més utilitzat entre la comunitat és la moto i bicicleta, si bé, però per arribar des de Santiago fan falta més de 6 hores d'autobús i una de moto. Les *rutas* de la zona són sense asfaltar ni pavimentar, combinades sovint amb planes sorrenques, impracticables en períodes de pluja, fet que agreuja en alguns casos les comunicacions entre les poblacions i persones.

A Corral Quemado, com a les zones rurals d'Argentina, les vies de comunicació són bàsicament personals i orals, de manera que cal desplaçar-se. En aquest aspecte, la ràdio hi juga un paper fonamental, ja que a més de mantenir informada i entretenir la població, permet establir un contacte entre les famílies que viuen a les zones urbanes i les que viuen a les zones rurals a partir d'un servei de missatgeria per enviar comunicats.

Des de l'agost del 2008, la comunitat compta amb les ones a l'aire de la primera ràdio amb funcionament amb plaques solars fotovoltaïques de tot el país, la *FM Pajsachama*, instal·lada a la seu de la central de MoCaSE.VC (a 20km de Corral Quemado). D'aquesta manera, un radi de 40km des de la central pot escoltar-ne les seves emissions que permeten enviar missatges

entre les poblacions, entre les famílies, comunicar i anunciar reunions, tallers de salut, de ràdio, etc. promoguts pel MoCaSE.VC. La figura 13 mostra les instal·lacions d'aquesta ràdio, on alguns dels habitants de Corral Quemado hi fan el seu programa.



Fig13. Instal·lacions de la ràdio FM *Pajsachama* de la central de *Las Lomitas* de MoCaSE.VC.

La població originària de l'Argentina eren els pobles indígenes, els quals es van veure afectats pels moviments poblacionals que visqué el país. La comunitat indígena de Corral Quemado fou reconeguda com a personalitat jurídica pel I.N.A.I. a finals del 2008, com a poble de Lule-Vilela. Segons la *Encuesta Complementaria de Pueblos Indígenas 2004 – 2005* del Instituto Nacional de Estadística y Censos de Argentina s'estima que hi ha 600.329 persones que es reconeixen com a poble indígena i/o descendents de primera generació. Com a comunitat indígena segons la Declaració de les Nacions Unides sobre els Drets dels Pobles Indígenes aquells que hi pertanyin tenen els mateixos drets que qualsevol altre individu; i des de la constitució del país es considera que s'ha de reconèixer la preexistència ètnica i cultural dels pobles indígenes argentins, considerant-los oficialment com pobles dins de l'estat nacional, amb identitat pròpia i amb els drets col·lectius que es deriven de la seva presència històrica i contemporània (www.desarrollosocial.gov.ar/INAI). La figura 14 mostra moments de l'acte de reconeixement com a comunitat indígena a Corral Quemado, al 6 de novembre del 2008 amb dos representants del I.N.A.I.



Fig14. Imatges de moments de l'acte de reconeixement de Corral Quemado com a comunitat indígena.

1.5 Problemàtica de l'aigua

A Corral Quemado la problemàtica vers l'aigua està generada des de diferents punts, els quals s'analitzen a continuació. Però la problemàtica de l'aigua és un problema a escala global, afecta a tota la població; per això algunes organitzacions mundials ja hi treballen en el marc del decenni 2005 – 2015 de “L'aigua, font de vida”.

1.5.1 Context global

Kofy Annan, Secretari General de les Nacions Unides (1997 – 2006) deia envers l'aigua:

- “L'accés a l'aigua potable és una necessitat fonamental pels humans, per tant, un dret bàsic.” (OMS, 2003)
- “L'aigua és essencial per la vida. Però per molts milions de persones a tot el món és un recurs escàs; per això lluiten diàriament per aconseguir aigua apta pel consum i per satisfer les necessitats bàsiques.” (ONU, 2005)

Segons les Nacions Unides, dades 2005, 1 00 milions de persones al món no disposen d'aigua apta pel consum humà, i 2600 milions no tenen accés a cap servei bàsic de sanejament. Per altra banda, la FAO, al març de 2009, anunciava que 1800 milions de persones viuran en zones amb absoluta escassetat d'aigua i dos terços de la població mundial podrien tenir dificultats per accedir a ella (www.un.org.es, 2009; www.fao.org, 2009; www.who.int, 2009).

Només l'1% del total dels recursos hídrics del planeta són aptes pel consum humà. Malgrat que el 70% de la superfície de la Terra està coberta per aigua. El 97,5% és aigua salada, i del 2.5% d'aigua dolça, més de la meitat està congelada als casquets polars i glaceres.

Totes aquestes afirmacions i dades, entre moltes altres, presenten l'aigua com un dret per la població, per tal de viure, però fan esment de les mancances que hi ha al seu accés, a la potabilitat, a l'escassetat. A aquestes mancances cal sumar-hi la distribució desigual, on aquelles zones més poblades disposen de menys recursos hídrics. La figura 15 mostra una comparativa entre el percentatge d'aigua disponible per abastament i el percentatge de població mundial.

L'aigua, i els seus usos, són un indicador de les diferències entre els països rics i pobres, i reflecteixen que el problema de l'accés de l'aigua va associat a la pobresa. Així al segle XXI la població dels països industrialitzats arriben a consumir 380 litres per capitat i dia, mentre que els països en vies de desenvolupament tant sols 20 litres per capitat i dia. En el cas de l'aigua domèstica, la població amb ingressos mitjos o alts arriba a utilitzar de 50 a 150 litres al dia, mentre que la població pobre, fins i tot de la mateixa regió, pot disposar només de 5 a 10 litres per dia, segons dades de les Nacions Unides.

L'escassetat de l'aigua està influenciada per la sobreexplotació dels recursos hídrics per usos industrials i agrícoles, que porten a l'esgotament d'aigües subterrànies, així com per la contaminació de les aigües superficials.

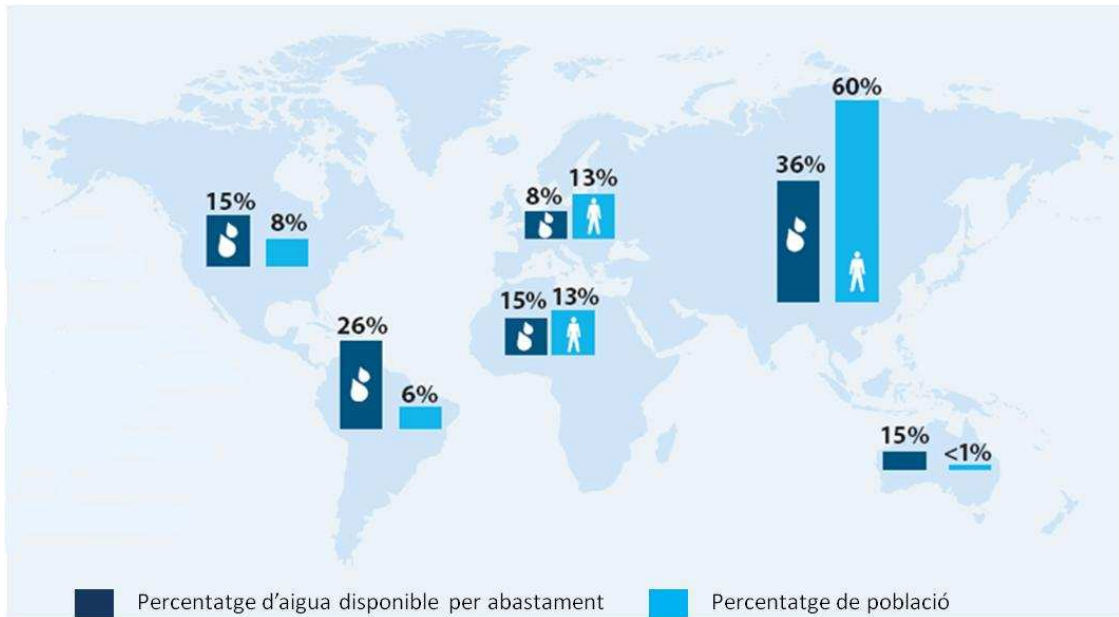


Fig15. Gràfic dels percentatges d'aigua disponible per abastament i de població mundial al 2006. Font: modificat ONU.

A l'Argentina

L'Argentina compta amb reserves de recursos hídrics superficials i subterranis (compte amb un dels aquífers més grans del planeta conjuntament amb els països veïns com Brasil, Paraguai i Uruguai), així doncs les seves reserves hídriques permeten abastir la seva població. Malgrat això, la distribució dels recursos superficials és desigual tan espacial com temporalment, ja que el 85% corresponen a la Conca del Plata i les precipitacions es distribueixen en tres regions climàtiques, humida, semiàrida i àrida. La regió humida correspon al 24% del territori del país, essencialment al sud. Per altra banda, els recursos subterranis juguen un paper estratègic en el desenvolupament econòmic en les regions àrides i semiàrides per tal d'abastir la població, però presenten un ús limitat a causa de la contaminació que presenten ja sigui natural i/o antròpica.

El nombre d'habitants d'Argentina que no disposen d'accés a sistemes d'aigua potable, al 2006 segons l'Organització Mundial de la Salut (OMS), era de 156 360 que correspon al 4% de la població total del país (39134milers). Pel que fa a accessos de sistemes de recollida i eliminació d'excretes, la població sense sistema arribava a 3 522 060 d'habitants, equivalent al 9%.

Avaluant aquests mateixos indicadors en funció de la població rural i urbana, on el 90% de la població total del país viu en zones urbanes, superiors a 2000hab, els valors més elevats corresponen a les zones rurals. Un 20% de la població rural no disposa d'accés a sistemes d'aigua potable i un 17% no disposa de sistemes de recollida i eliminació d'excretes. Per altra banda, a les zones urbanes correspon un 2% de la població sense sistemes d'accés a aigua potable i un 8% sense sistemes de recollida i eliminació d'excretes.

Aquestes dades mostren que no tota la població argentina, i tampoc la població mundial, disposa d'aigua potable ni de sistemes de sanejament d'aigües; essent un d'aquests els reptes del decenni del 2005 – 2015 de ONU-Agua. No obstant això, des del 1990 la població sense aquests sistemes ha disminuït, segons dades de la OMS.

1.5.2 Com afecta a Corral Quemado?

Corral Quemado és un exemple respecte l'escassetat d'aigua, tant per la qualitat com per la quantitat, on la única font de provisió que disposa, és l'aigua provinent de les precipitacions, que alguns recullen en aljubs, repeses, i del sistema del Canal de Dios.

Donat que les precipitacions es concentren a l'estació d'estiu, que l'aigua del sistema hídric no arriba a tots els punts per mancances a la infraestructura o no circula cabal pel canal de Corral Quemado, i que les reserves emmagatzemades s'acaben la provisió d'aigua es fa a partir de camions pertanyents a l'Administració Pública o de particulars.

Segons Flumen Ingeniería SRL (2009) es parteix de la premissa que la província de Santiago del Estero disposa globalment de l'aigua suficient per distribuir per tota la seva geografia, per poblacions i per activitats productives sostenibles. Disposava de 4000Hm³/any, no obstant això, més d'un 60% del territori no disposa del subministrament d'aigua en quantitat i qualitat per les necessitats d'ús domèstic i productiu possibles, segons les diferents regions ecològiques existents, això és causa de la restringida cobertura geogràfica de l'actual sistema hídric en servei.

Tenint en compte el context global envers la problemàtica de l'aigua, a Corral Quemado objecte d'aquest treball la problemàtica es desglossa en diferents aspectes: fonts de recursos, infraestructura i gestió.

– Fonts de recursos

La comunitat de Corral Quemado no disposa de sistemes d'abastament d'aigua procedent de xarxa pública, per tant les fonts de recursos recauen en altres alternatives: aigua de pluja, sistema hídric del Canal de Dios i aigües subterrànies.

L'aigua de pluja té un caràcter totalment estacional, com a conseqüència s'emmagatzema en aljubs i repeses, però no totes les llars disposen de sistemes de captació d'aigua. D'altra banda, la quantitat de precipitacions no aconsegueix satisfer les necessitats durant tot l'any, de manera que com es fa a l'àrea d'influència del Canal de Dios es transporta aigua provinent del Rio Salado a través de camions. La distribució d'aquesta aigua provinent del riu és a través de l'Administració Pública, les famílies no es poden permetre un transport privat ja que els preus són elevats; malgrat ser un servei públic cal pagar-lo i inscriure's en una llista de torns, la qual és llarga i afavoreix a aquelles persones més properes al *comissionado* del moment.

Una altra de les fonts de recursos, i la més utilitzada, és l'aigua del sistema hídric del Canal de Dios. Aquesta arriba a Corral Quemado a través del canal amb el mateix nom, però a la vegada és un canal derivat ja del Canal Virgen de Huachana. Segons Rasghi (2008) el Canal Virgen de Huachana és un canal que permet regular els cabals del Canal de Dios, en el cas que aquest vagi molt carregat; així com tampoc, té atribuït un cabal concret de derivació. Per tant, l'aigua que arriba a Corral Quemado no ho fa amb un cabal constant i continu associat a la demanda hídrica de la comunitat.

A l'àrea d'estudi hi ha dos perforacions on s'obté aigua, essent una altra de les fonts d'aigua. Però aquesta font presenta inconvenients envers la seva explotació: contaminació per arsènic i sals dissoltes de l'aigua, profunditats, escassetat.

La figura 16 mostra un aljub amb una de les canals que serveixen per recollir l'aigua de pluja en un sistema de captació d'aigua de pluja del sostre.



Fig16. Imatge d'un aljub amb la canal de recol·lecció d'aigua del sostre en un sistema de captació d'aigua de pluja.

— Infraestructura

A causa que l'aigua provinent del sistema hídric del Canal de Dios és la font principal d'aigua a la comunitat, es parlarà d'infraestructura el Canal de Corral Quemado, i tot el sistema hídric on s'engloba.

El principal canal del sistema hídric, el Canal de Dios, presenta deficiències estructurals tant en la toma de l'aigua al Rio Salado com en la traça del mateix canal. Deficiències que directa i/o indirectament afecten sobre la comunitat: inconvenients en la toma a causa de la dinàmica del riu, inestabilitat en les avingudes de cabal del riu controlades per la presa situada aigües amunt, infiltracions, ja que el canal des del seu origen es va projectar sense revestiment, poc pendent i sedimentació al llarg de la traça del canal, trencaments dels marges del canal, ja sigui per la mateixa dinàmica del canal com per derivacions impropres. A més, cal sumar-hi un manteniment adequat al llarg del temps. Aquestes deficiències també es fan extenses a les derivacions del mateix canal, com és el cas del Canal Virgen de Huachana a la seva derivació a Villa Matoque, on el marge dret està trencat i no permet que l'aigua circuli per aquest canal. La figura 17 mostra l'estat de la derivació a Villa Matoque sense aigua i amb poca profunditat, ja sigui pel disseny del mateixa o per la sedimentació de les partícules en suspensió.



Fig17. Estat de la derivació a Villa Matoque, amb origen al Canal Virgen de Huachana, pel qual no hi circula aigua a causa d'un trencament al marge del canal origen.

Algunes d'aquestes deficiències es donen també al Canal de Corral Quemado, com són les infiltracions, el pendent i la sedimentació, els trencaments als marges i poc manteniment del canal.

A la comunitat de Corral Quemado en el conjunt de les infraestructures també es troben deficiències a les repeses, les quals estan omplertes per sediments transportats per l'aigua del canal, les quals no han estat buidades des de la seva construcció i/o períodes de cinc anys.

— Gestió

L'aigua circulant pel Canal de Corral Quemado és utilitzada per usos domèstics, pecuaris i agrícoles. Els usos pecuaris i agrícoles que se li dona són bàsicament per autoconsum. És, per tant doncs, que el canal ha de satisfer les necessitats bàsiques de la comunitat amb igualtat de condicions per tothom; si bé, però això no és així.

Existeixen al llarg de la traça del canal derivacions que no permeten que l'aigua arribi al seu extrem més llunyà de la toma. Algunes d'aquestes derivacions estan fetes al marge mateix del canal pels mateixos habitants. Així doncs, no es reparteix aquesta aigua segons la demanda hídrica corresponent a cada *paraje* i/o habitant.

Per altra banda, la comunitat no disposa d'un sistema d'abastament d'aigua a la xarxa pública, és per això que cal anar a buscar l'aigua a les repeses corresponents, a partir de viatges amb bidons que es transporten amb bicicleta o carros. Són les dones i els infants els encarregats de fer aquesta tasca. La figura 18 en mostra dos exemples.



Fig18. Dues imatges quotidianes de la vida a Corral Quemado, on es va a buscar aigua a les repeses amb bidons i transportats amb carro i /o bicicleta. A la majoria de casos són els infants i dones qui fan aquestes tasques.

3 Metodologia

“Todos somos miembros de un mismo sistema
y cada vez tiene menos sentido hablar de tecnologías para aquí o para allá.
Lo que distingue a las tecnologías es al servicio de quién están”

A. Pérez-Foguet

3.1 Què és un Sistema d'Informació Geogràfica?

Els SIG (Sistemes d'Informació Geogràfica) o GIS, en anglès, sorgeixen de l'evolució de la cartografia i l'anàlisi espacial. Abans de la utilització dels ordinadors els mapes tenien tota la base de dades en paper.

La demanda dels SIG en diferents camps, com per exemple la topografia, la cartografia temàtica, la enginyeria civil, la planificació rural, etc.; i els avantatges del seu ús (ràpida velocitat d'execució i baix cost, generació de mapes específics i visualització 3D del terreny, etc.), han permès un ràpid desenvolupament dels SIG des de la dècada dels 60.

Avui dia encara no existeix una definició consensuada de què és un SIG. Existeixen diferents definicions, però totes es basen en què els SIG són una tecnologia aplicada a la resolució de problemes territorials (Bosque, 1992). Les següents definicions són algunes de les que es poden trobar a la bibliografia:

- Un SIG és un conjunt de mapes d'una mateixa porció del territori, on un lloc concret té la mateixa localització a tots els mapes inclosos al sistema d'informació. D'aquesta manera, és possible realitzar anàlisis de les seves característiques espacials i temàtiques per obtenir un millor coneixement de la zona (Bosque, 1992).
- Són un conjunt de programes i aplicacions informàtiques que permeten la gestió de dades organitzats en base de dades, referenciats espacialment i que poden ser visualitzats en mapes (Moldes, 1995).
- La tecnologia del SIG té l'habilitat de capturar, emmagatzemar, manipular, analitzar i visualitzar diversos camps de dades geoespacionals (Singh&Fiorentino, 1996).
- El terme SIG defineix a una base informàtica amb la capacitat per manipular informació geogràfica. Un SIG no només inclou el *hardware* i el *software*, sinó també mecanismes espacials per introduir mapes i crear productes dels mapes, juntament amb un sistema de comunicació necessari per unir diferents elements (Bernhardsen, 1999).
- El SIG és un sistema informàtic per emmagatzemar, recuperar, manipular i digitalitzar dades espacionals (Thompson, 1999).
- Els SIG són una nova tecnologia que permet gestionar i analitzar la informació espacial, i que sorgí com a resultat de la necessitat de tenir ràpidament informació per resoldre problemes i contestar preguntes de manera immediata (Peña, 2006).

Així doncs, els SIG són una tecnologia de gestió d'informació geogràfica, a partir de la qual es poden gestionar, analitzar i tractar les dades introduïdes en el sistema.

Els SIG estan formats per diferents components que interactuen entre ells. El *hardware*, aparells informàtics per tal de satisfer les necessitats de cada aplicació, que poden estar connectats entre ells amb xarxa o no. A partir del *hardware* es defineix la velocitat de processament i les capacitats d'entrada i sortida de les dades. Conjuntament hi ha el *software* que inclou els programes SIG i informàtics per tal de proporcionar les eines necessàries per treballar amb les dades. Un altre component dels SIG són les dades, és a dir la informació. La qualitat de les dades permetrà resoldre millor els problemes i trobar les solucions a les qüestions plantejades. I els usuaris són l'últim component per tenir tot el conjunt que formen els SIG. A partir dels usuaris es desenvolupa i es defineixen les tasques del SIG. La utilització del SIG sovint no és senzilla per això es requereix d'uns certs coneixements, per aquest motiu els usuaris són part d'aquest conjunt d'elements que defineixen el SIG.

Algunes de les tasques més rellevants a dur a terme amb els SIG són obtenir informació instantània, facilitat d'anàlisi i consulta de la informació, agilitat vers la manipulació de les dades, eficiència en les respostes basada en la rapidesa i la credibilitat, etc.

Des de la bibliografia (Singh&Fiorentino, 1996, DeBarry et.al, 1999, Longley, 1999, Thompson, 1999; Peña, 2006) es presenten els SIG com una eina creixent i d'expansió, desconeguda en cara en alguns camps d'aplicació. No obstant això, les múltiples utilitats que tenen han permès que amb el temps els SIG s'hagin fet presents en molts camps d'actuació. L'aplicació dels SIG sorgeix del plantejament de preguntes que faci l'usuari per tal de respondre-les. Alguns exemples d'aplicació dels SIG poden ser la planificació territorial, la gestió de recursos naturals, usos del sòl, l'agricultura, la simulació de fenòmens naturals, gestió de serveis, estudis d'impacte ambiental, estudis forestals, estudis d'hidrologia i hidràulica com la gestió de rius i costes, etc.; malgrat que estiguin condicionats a la funció que en faci l'usuari.

Els usos dels SIG aplicats en els camps de la hidràulica i la hidrologia es centren en els estudis de conques de rius, de drenatge, àrees d'inundació, etc. El present treball, però, vol buscar l'aplicació dels SIG a l'estudi més detallat de canals d'obra, no de llera natural.

3.1.1 Sistema de referència espacial

Segons Singh&Fiorentino (1996), els SIG es basen en magatzems geogràfics d'objectes que estan definits per una localització espacial a la superfície de la terra a partir d'un sistema de referència, que ser locals, nacionals o internacionals.

Cada sistema de referència està compost per una projecció cartogràfica i per un *datum* (ArcGIS 9, 2005):

- projecció cartogràfica: és una expressió matemàtica per tal representar una part de la superfície terrestre, esfèrica i tridimensional, sobre un pla, dimensional. La figura 19 esquematitza aquesta projecció.

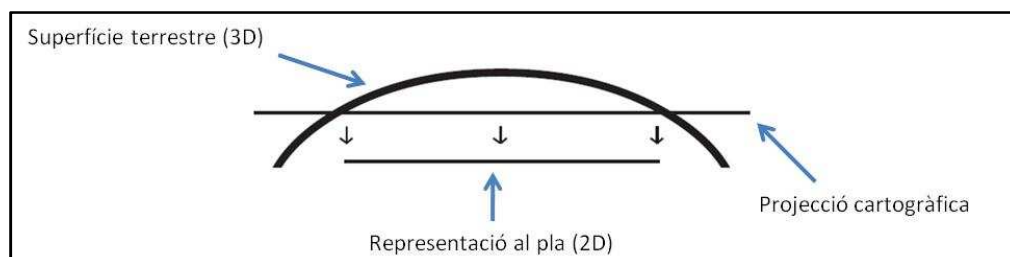


Fig.19: Esquema explicatiu de la projecció cartogràfica. Font: modificat d'ArcGIS, 2005.

- *datum*: és una representació matemàtica aproximada de la forma de la superfície terrestre. S'obté a partir d'una funció entre el geoide⁵ i l'el·lipsoide de referència⁶, de manera que coincideixin en un punt, tangents, conegut com a punt fonamental.

Donat que existeixen diferents geoides i el·lipsoïdes (emprats en les projeccions cartogràfiques), es coneixen diferents *datums*. A causa que cada punt fonamental depèn de cada *datum*, la major part d'ells són locals; no obstant això existeix un *datum* que té per punt fonamental el centre de masses de la Terra, el *World Geodetic System of 1984* (WGS84), utilitzat en els GPS.

La figura 20 mostra esquemàticament la superfície terrestre (geoide) i un *datum* local i el WGS84 *datum*.

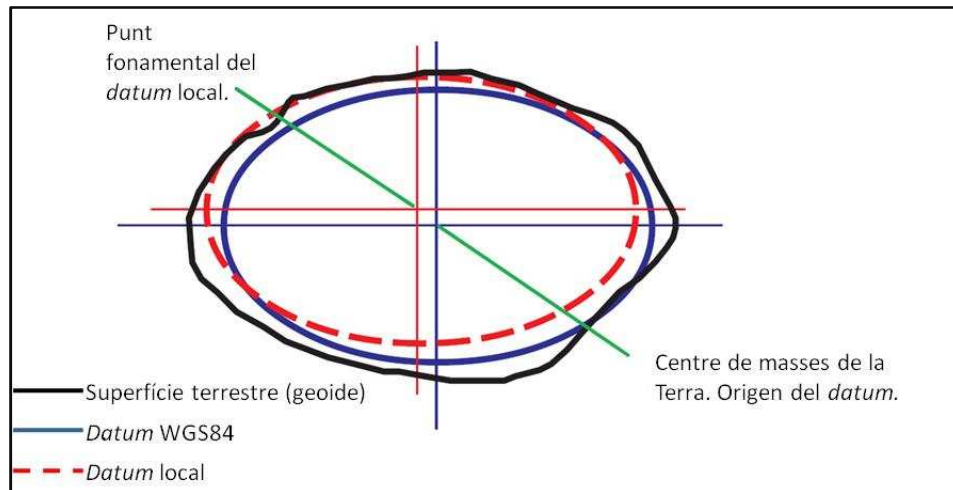


Fig.20: Esquema explicatiu del *datum*. Font: modificat d'ArcGIS 9, 2005.

3.1.1.1 Sistema de referència a l'Argentina

El Instituto Geográfico Nacional (IGN) d'Argentina (fins al maig del 2009, era el Instituto Geográfico Militar) utilitza com a projecció cartogràfica, la projecció conforme de Gauss – Krugër, variant de la projecció *Universal Transverse Mercator* (UTM), (www.ign.gob.ar, gener 2009; <http://sig.ign.gob.ar>, juny 2008).

Aquesta projecció divideix el país en 7 fusos verticals (veure figura 21), els quals es numeren del 1 al 7 d'oest a est. Cadascun d'aquests fusos té 3° d'amplada, on pel centre hi passa un meridià (meridià central), el qual interseca amb el pol sud. Aquest punt d'intersecció serà l'origen de les coordenades x i y, de la projecció cartogràfica. Però per tal d'evitar les coordenades negatives, a cada meridià central se li afegeix un valor arbitrari de 500m, mentre que al pol sud se li dóna un valor de zero metres incrementant fins a l'Equador, (Sellés et al., 2009).

A Argentina s'utilitzen dos el·lipsoïdes de referència, el WGS84 i el Internacional de Hayford 1924. Per completar el sistema de referència s'utilitzen, també dos *datums* diferents, el WGS84 i el Campo Inchauspe amb l'el·lipsoïde d'Hayford 1924.

Històricament el *datum* utilitzat era el Campo Inchauspe, però donat que és d'abast estrictament regional, s'està instal·lant la utilització del *datum* WGS84 a partir de la instauració de la xarxa geodèsica POSGAR'07.

⁵ Geoide: forma idealitzada de la superfície terrestre que resulta d'unir els punts on la gravetat és constant, obtenint una superfície de forma no regular. (Enciclopèdia Catalana, www.encilopedia.cat, agost 2009).

⁶ El·lipsoïde de referència: el·lipsoïde utilitzat per aproximar matemàticament la forma del geoide, i superar-ne la forma irregular. (Enciclopèdia Catalana, www.encilopedia.cat, agost 2009).

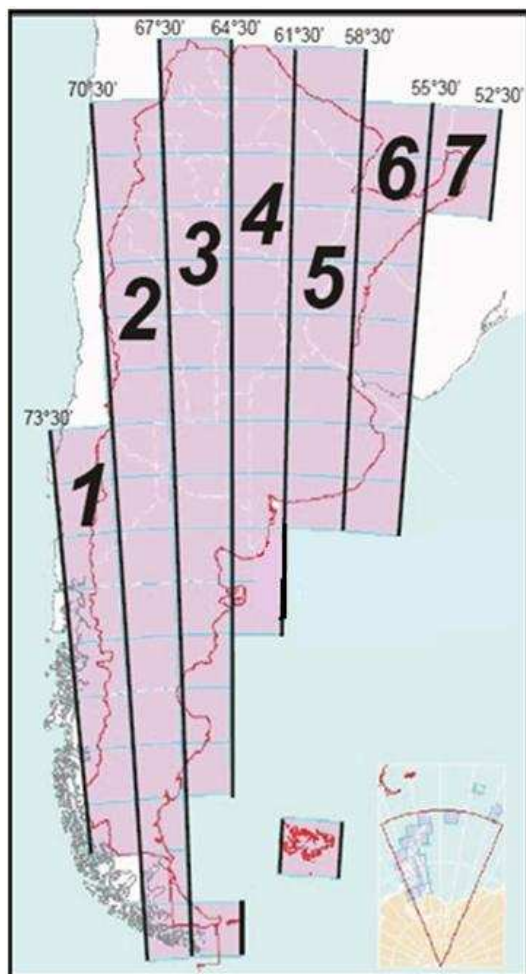


Fig.21: Fusos en què es divideix Argentina segons la projecció cartogràfica de Gauss-Krugér. Font: modificat de Sellés et al., 2009.

3.2 Software utilitzat

Existeixen diferents tipus de *softwares* de SIG. La utilització d'un o altre depèn dels interessos i necessitats de l'usuari. Els diferents tipus es poden classificar en funció del tipus de dades que es poden tractar (*ràster* o *vectorial*), segons el tipus de comercialització (lliures, comercials o gratuïts), o també en funció de la plataforma que utilitzen (Windows o UNIX o LINUX).

Alguns dels *software* SIG que es poden trobar actualment al mercat són els següents: ArcGIS, CARIS, ERDAS, ER Mapper, Geomedia, GRASS, gvSIG, Idris, ILWIS, Miramon, etc.

Les extensions als propis SIG que permeten augmentar la capacitat a les aplicacions donades, com pot ser la generació de models digitals del terreny. Aquestes extensions varien en funció del *software* base del SIG i el motiu pel qual són utilitzades.

En el present treball s'utilitza el *software* ArcGIS de ESRI i el HEC-RASv.4.0 de *U.S. Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineeric Center*. Amb diferents extensions complementàries per tal d'interactuar i ampliar les seves capacitats.

3.2.1 ArcGIS

ArcGIS és un producte de l'empresa ESRI (*Environmental Systems Research Institute*). És un conjunt de productes de senzilla instal·lació i gestió, que combina, dóna resposta a les necessitats concretes de qualsevol organització (www.esri.com, 2009).

Els productes d'ArcGIS s'engloben en diferents conjunts segons les seves característiques, des de productes per treballar en xarxa a desenvolupadors de les pròpies aplicacions del SIG, passant per allò més bàsic d'interacció amb la informació geogràfica, com és el cas de ArcGIS Desktop, utilitzat en el present treball.

Aquest *software* no és públic, sinó que és d'una empresa, motiu pel qual existeixen diferents nivells de llicències: ArcView, ArcEditor i ArcInfo, les quals presenten diferents presentacions de menys a més, respectivament. En aquest cas s'ha utilitzat la llicència ArcInfo, juntament amb les tres aplicacions que presenta el ArcGIS Desktop (ArcGIS 9, 2005; www.esri.com, 2009):

- ArcCatalog: és l'aplicació utilitzada per manegar la informació espacial i la base de dades corresponent. Permet organitzar i accedir a tota la informació del SIG: mapes, *datasets*, models del terreny, *metadates*, etc.
- ArcMap: és utilitzat per incloure i crear geoinformació espacial, editar-la, analitzar-la, etc.
- ArcToolbox: és l'aplicació que conté les eines necessàries per dur a terme les tasques sobre la geoinformació.

Per altra banda, l'ArcGIS disposa d'extensions complementàries les quals disposen d'eines suficients per tractar diferents tipus de geoinformació.

3.2.2 HEC-RAS v.4.0

El HEC-RAS permet a l'usuari de modelar en una dimensió el flux en règim uniforme, en règim variat i el transport de sediments. Aquests tres possibles models comparteixen per un mateix canal les mateixes dades geomètriques i les condicions de contorn hidràuliques. Finalment, el resultat que s'obté d'aquests models és el perfil de la làmina d'aigua en cada secció del sistema hidràulic estudiat (Brunner, 2008).

La *U.S. Army Corps of Engineers (USACE) Hydrologic Engineering Center (HEC)* és la institució creadora d'aquest *software*, de domini públic i que s'obté a partir d'una descàrrega des de la pàgina web <http://www.hec.usace.army.mil/>.

L'origen de la *U.S. Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center* es remunta al 1964. Des d'aquest punt s'han creat diferents versions del programa HEC-RAS. També s'han creat diferents programes per analitzar el comportament hidràulic en diferents aspectes vers els tres departaments amb què es treballa: tecnologia hidrològica i hidràulica, sistemes de recursos naturals com l'aigua i sistemes de gestió de l'aigua.

3.2.3 Extensions utilitzades

Des de l'ArcGIS com s'ha comentat existeixen diferents extensions que permeten ampliar les capacitats del mateix per utilitzar en la geoinformació. En el present treball s'utilitzen tres d'aquestes extensions. Per una banda la 3DAnalyst i la Spatial Analyst les quals són propietat d'ESRI, i per l'altra la extensió anomenada HEC-GeoRASv.4.1.1 que és un producte d'ESRI conjuntament amb la *Cooperative Research and Development Agreement* pel *Hydrologic Engineering Center* (HEC).

→ 3DAnalyst

És una extensió que permet visualitzar i analitzar la informació amb una perspectiva tridimensional el més aproximada a la realitat possible. Amb la què també es pot crear a partir de la informació corresponent aquesta representació 3D de la superfície.

→ Spatial Analyst

Des d'aquesta extensió s'obtenen eines per visualitzar, analitzar i treballar amb elements *ràsters*⁷. Amb aquesta extensió es poden crear diferents escenaris d'estudi i anàlisi de la informació geoespacial, com per exemple analitzar rangs de contaminació, conques de drenatge dels rius, la radiació solar sobre el sòl, etc.

→ HEC-GeoRASv.4.1.1

El HEC-GeoRAS és una extensió de l'ArcGIS per tal de fer un pretractament de les dades per treballar després amb *Hydrologic Engineering Center's Rivers Analysis System* (HEC-RAS). Aquesta extensió permet a l'usuari de crear un arxiu per HEC-RAS que contingui la informació geomètrica a partir d'un model digital del terreny (MDT) (Cameron i Ackerman, 2005). Posteriorment després del tractat de dades amb el HEC-RAS s'obtenen els resultats pel perfil de la làmina d'aigua i visualitzar les alçades i límits d'inundació.

A diferència de les altres dues extensions, aquesta és de domini públic de manera que es pot descarregar gratuïtament de la web de <http://www.hec.usace.army.mil/>.

3.3 Metodologia d'aplicació

Per tal d'aportar una alternativa de remodelació del canal i gestió d'aquest, en vers als recursos hídrics de Corral Quemado, s'ha definit una metodologia d'aplicació amb tres fases. La primera d'elles consisteix en la recopilació d'informació, la segona fase treballa amb els *softwares* ArcGIS i HEC-GeoRASv.4, mentre que la tercera fase modelitza el canal amb el HEC-RAS. Aquest apartat s'explica el procediment de la metodologia d'aplicació de manera simplificada, per més informació es recomana llegir els manuals ArcGIS (2005), Cameron i Ackerman (2005), Bruner (2008a), Bruner (2008b) i Warner et al. (2008).

⁷ Les dades del SIG es poden trobar en dos formats diferents vectorials o raster.

3.3.1 Fase 1: Recopilació d'informació.

Per tal de fer una proposta d'alternatives a una problemàtica existent, primerament cal conèixer-la, per aquest motiu la primera fase es centra en la busca d'informació dels antecedents i de l'estat actual del problema.

La taula 4 presenta la informació més necessària, també s'indica on s'ha obtingut la informació pel cas d'estudi, Canal de Corral Quemado, del present treball.

Taula 4: Informació necessària i com obtenir-la en el cas d'estudi del Canal de Corral Quemado⁸.

Informació	Font d'informació
Dades hidrològiques de l'àrea d'estudi (font de recursos, cabals, qualitat de l'aigua, etc.).	Administración Provincial de Recursos Hídricos de Santiago del Estero (APRH), Sub-secretaría del Agua de Santiago del Estero, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuària (INTA), comunitat de Corral Quemado, MoCaSE.VC.
Dades geogràfiques i demogràfiques (clima, precipitacions, cens poblacionals, censos pecuaris i agrícoles, etc.).	APRH, INTA, Instituto Nacional de Estadística y Censos de Argentina (INEC), comunitat de Corral Quemado, MoCaSE.VC.
Dades topogràfiques	INTA, presa de punts amb GPS, comunitat de Corral Quemado, MoCaSE.VC.
Antecedents de funcionament del sistema hídric objecte d'estudi	APRH, comunitat de Corral Quemado, MoCaSE.VC
Funcionament actual del sistema hídric	APRH, comunitat de Corral Quemado, MoCaSE.VC.
Imatges Landsat corresponents a l'àrea d'estudi	http://glovis.usgs.gov/
Model Digital d'Elevació SRTM 90m	http://srtm.csi.cgiar.org/

La informació es pot classificar en dos tipus, segons si necessiten un tractament o no per tal d'obtenir-ne les dades necessàries per la qual s'ha buscat:

- a) informació sense tractament: es tracta d'aquella que aporta més informació a la problemàtica i permet conèixer-la. La qual és informativa i no necessita de cap tractament. És considerada en aquest tipus la informació com quines són les fonts de recursos, el clima i precipitacions, els antecedents i funcionaments actuals del sistema hídric, etc.
- b) informació requerida de tractament: en aquest grup s'engloba aquella informació que la qual aporta dades que necessiten un tractament posterior a la seva presa per obtenir els resultat que es busca. Les dades censals de la població, permeten obtenir la demanda hídrica), els punts obtinguts per GPS, són exemples d'aquest tipus.

La figura 22 mostra tres moments diferents de la presa de dades del camp a Corral Quemado, durant els mesos d'agost a novembre de 2008.

⁸ La informació referent al cas d'estudi de Corral Quemado s'exposa al capítol 3.



Fig.22: Pressa de dades a Corral Quemado. a)recollida d'informació referent a un dels *parajes* de la comunitat (usos de l'aigua, disponibilitat d'aigua, qualitat, dades demogràfiques, etc). b)pressa de punts amb el GPS. c mesura de seccions del canal.

3.3.2 Fase 2: Procés amb l'ArcGIS

Aquesta segona fase correspon al tractament de les dades amb l'ArcGIS: introducció de les mateixes i accions sobre aquestes per obtenir resultats, a partir de les eines de l'ArcGIS.

3.3.2.1 Introducció de les dades

> Punts GPS

A partir del treball de camp s'han obtingut els punts GPS de la traça del Canal de Corral Quemado, part de la traça del Canal Virgen de Huachana, localitzacions de les repeses i edificacions dels diferents *parajes*. Així com també els punts corresponents al *track*, es rastreja el recorregut fet amb el GPS activat.

Els punts obtinguts per GPS són *waypoints*⁹ per tal de poder tractar-los a l'ArcGIS, cal canviar-los a un capa¹⁰ de punts. Aquest pas, previ cal fer-lo amb un *software* complementari, com pot ser l'OziExplorer.

Després d'aquest procés el *shapfile* dels punts GPS s'introdueix a l'ArcGIS, on cal indicar el sistema de referència utilitzat; per tant essent a Argentina on la projecció cartogràfica és de Gauss-Krugër i, des de MoCaSE.VC, utilitzen el *datum* Campo Inchauspe, es farà un canvi de projecció dels punts GPS i *tracks* al sistema de referència.

⁹ Els *waypoints* són les coordenades geogràfiques (latitud, longitud o x,y,z) que s'obtenen amb el GPS.

¹⁰ Es coneix com a capa (*shapefile*, és el format d'arxiu vectorial que li dona ESRI) com aquell espai digital on es representen els elements geogràfics i atributs en format vectorial.

› Dades geogràfiques

Els punts GPS només aporten localitzacions concretes, però falten dades geogràfiques referents a les corbes de nivell, hidrologia superficial, sistema hídric del Canal de Dios i parcel·les del departament Copo. Totes aquestes dades s'han obtingut a partir del Angueira et al. (2007), les quals s'han afegit al projecte generat.

S'ha afegit les imatges satel·litals corresponents a la zona d'estudi, de la banda 6 del LANDSAT, dels mesos d'agost i novembre del 2008, donat que correspon al canal infraroig tèrmic (10.4 i 12.5µm), utilitzat per mapes de temperatures d'aigua i zones urbanes, discernir entre diferents humitats del sòl, etc. I també, la imatge satel·lital de tota la província que combina els diferents canals visibles obtinguda a partir del Angueira et al. (2007). Totes tres imatges satel·litals s'incorporen amb una resolució (mida del pixel amb metres) de 30m.

› Dades pel Model Digital del Terreny (MDT)

A banda dels punts GPS, que aporten l'altitud, també s'han introduït les dades del Model d'Elevació del terreny SRTM 90m generat pel CGIAR – CSI (a partir d'ara s'anomenarà SRTM, veure taula 4). Aquestes dades s'han obtingut com arxiu ASCII des del web, per tal de poder treballar amb elles i introduir-les al projecte s'han transformat a un *shapefile* de punts.

3.3.2.2 Processat de les dades

Amb les dades introduïdes, la segona part d'aquesta fase amb l'ArcGIS consisteix en treballar les dades per tal d'obtenir resultats, a partir de les eines que disposa l'ArcGIS. Les tasques que s'explicaran es proposen a partir del resultat que es busca.

› Superfície dels *parajes*

A Corral Quemado no estan establerts uns límits fixos entre els diferents *parajes*. Malgrat això, a partir del treball de camp i de les dades preses s'han marcat els límits per cadascun dels *parajes*, per tal de calcular l'àrea aproximada de cadascun d'ells i del conjunt de la comunitat.

› Traça del canal i repeses

Al *shapefile* de la hidrologia superficial i del sistema hídric del Canal de Dios, obtingut a partir del Angueira et al. (2007) no es defineix la traça del canal de Corral Quemado. Ja que és la base de l'estudi, a partir dels punts presos amb GPS i les imatges satel·litals es dibuixa la traça del canal de Corral Quemado. A partir de la qual es calcula la longitud del mateix.

A més a més, a partir de les dades del GPS i satel·litals s'han dibuixat les repeses per tal de localitzar-les, calcular-ne l'àrea i el volum.

› Àrea d'influència

L'àrea d'influència directa del sistema hídric del Canal de Dios definida per l'ADRH és de 10km a ambdues bandes del canal. Pel Canal de Corral Quemado s'ha considerat aquest mateix radi d'influència a banda i banda. Per aquest motiu, s'han creat en dos *shapefiles* les àrees d'influència corresponents a cada canal.

› Localització de punts característics

Els punts presos al camp, des del GPS, són punts característics de l'àrea d'estudi, els quals corresponen a edificacions, aljubs comunitaris, l'escola, punts per sobre el canal i punts d'anàlisi de l'aigua. La tasca bàsica és classificar els punts del GPS, a partir de les notes de camp, segons les seves característiques i obtenir diferents *shapefiles*: infraestructures: punts, aljubs i perforacions, edificacions dels *parajes*, classificades segons el tipus.

Als punts que corresponen a llocs on es realitzen anàlisi d'aigua s'adjunta una taula amb els resultats. Aquesta tasca d'adjuntar (*linkar*) també s'estableix per aquells punts que disposin d'imatges fotogràfiques.

› Model Digital del Terreny (MDT)

El MDT és la base per l'estudi amb el HEC-GeoRAS v.4, representat per un *Triangulated Irregular Network* (TIN). Així doncs, cal crear el MDT de l'àrea d'estudi.

- ⇒ Model Digital del Terreny (MDT – *Digital Terrain Model*): és la representació de la superfície de la Terra digitalment. Per altra banda hi ha els Models d'Elevació del Terreny (DEM), els quals representen estrictament el terreny, sense línies de trencament com edificis, vegetació, etc. Les aplicacions dels MDT, avui dia, són moltes com per exemple la representació i visualització de la topografia en 3D, aplicacions forestals i mediambientals, simulacions d'inundacions, aplicacions arqueològiques, comportament de costes, etc. Els MDT es poden representar amb una varietat de formes diferents tant matemàtiques (series de Fourier, poligonals, funcions, etc.), o bé gràfiques (distribució irregular de punts, línies de contorn, polígons, imatges, etc.).
- ⇒ *Triangulated Irregular Network* (TIN): és una de les formes de representar els MDT, i per tant de la superfície terrestre a partir de formes triangulars, basant-se amb la *Delaunay Triangulation*. Els TIN, però poden presentar certes deficiències a les representacions de curvatures i pendents. La figura 23 mostra un exemple de MDT a través d'una representació per formes triangulars (TIN).

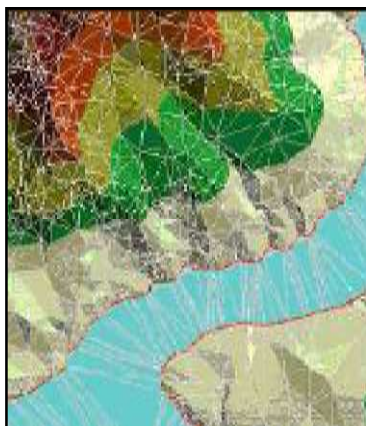


Fig.23: Exemple de Model Digital del Terreny amb una base trinagular (TIN).

S'han utilitzat les dades dels punts GPS, del *track* del GPS, i el *shapefile* de punts corresponents al SRTM. Amb la combinació de les tres capes s'obindrà el MDT corresponent a la zona, però cal abans un filtrat dels punts a utilitzar:

- SRTM: aquest conté més superfície que l'àrea d'estudi, per aquest motiu cal seleccionar i exportar només els punts on hi ha l'àrea d'estudi i del seu entorn.

- Punts GPS i punts track: es seleccionaran només els punts de la traça del canal.

El MDT que s'obtingui pot presentar soroll, és a dir, tenir punts massa elevats o massa baixos en poc espai, els quals propiciïn desnivells poc reals. Les zones on succeeixin aquests fenòmens, s'analitzaran un a un els punts per tal d'eliminar aquells que provoquen el soroll.

3.3.2.3 Procés amb el HEC-GeoRAS.v.4.1.1

Com s'ha comentat el HEC-GeoRAS.v4 és una extensió per l'ArcGIS, per tal de tractar les dades a exportar al HEC-RAS, i poder fer l'estudi hidràulic corresponent. Per tant, en aquest apartat s'explicarà simplificadament els diferents passos per preparar les dades amb el HEC-GeoRAS.

› Caracterització del canal

Prèviament ja s'ha definit la traça del canal, però com una línia, sense informació altimètrica ni hidràulica per ser utilitzada pel HEC-RAS. Aquest primer pas caracteritza el canal de les dades hidràuliques necessàries i de les infraestructures que intervenen en el sí del canal, a partir de diferents capes d'acord a les seves característiques. Les capes de caracterització que s'estableixen es mostren a la taula 5.

Taula 5: Característica del canal requerida per l'estudi hidràulic, capa corresponent que la representa al HEC-GeoRAS.v4 i definició breu de la mateixa

Característica	Capa	Definició
Traça del canal	<i>Stream Centerline</i>	Principal canal de flux, a partir del qual el HEC-RAS calcula la distància entre seccions i esquematitza el canal.
Vores	<i>Bank Lines</i>	Són els límits de les àrees d'inundació que s'estableixen entre la traça principal del canal i les seves vores/marges.
Flux	<i>Flow Path Centerlines</i>	S'utilitzen per identificar per on circularà el flux. Es determinen per tres línies corresponents al canal principal, al flux del marge dret i al del marge esquerre.
Seccions	<i>XS Cut Lines</i>	Es tracta d'aquells punts del canal on hi ha canvis de pendent, de dimensions de la secció, punts característics de pèrdua de cabal, etc.
Pons	<i>Bridges/Culverts</i>	Localització dels ponts, i seccions tancades, que es troben en el sí del canal.

Des del mateix *software* es fa una caracterització 3D d'aquestes capes per tal d'assignar-les-hi una altitud, la qual cosa es fa amb el MDT definit anteriorment.

› Generació d'un fitxer RAS GIS

ArcGIS i HEC-RAS utilitzen tipologies diferents d'arxius. Per aquest motiu és necessari crear un arxiu des de l'ArcGIS, el qual contingui la caracterització del canal, per tal de ser llegit pel HEC-RAS.

Des del HEC-GeoRAS es demana quines capes són necessàries per l'estudi hidràulic posterior mitjançant un quadre de diàleg (*Layer Setup*) on s'introdueixen les capes del MDT, les capes obligatòries (*Stream Centerline*, *XS Cut Lines* i les seccions amb format 3D, *XS Cut Lines 3D*), i les capes opcionals que corresponen a les vores, al flux i als ponts. La figura 23 mostra el quadre de diàleg per cada conjunt i/o cadascuna de les capes necessàries.

Quan les capes a exportar ja estan definides al *Layer Setup*, el següent pas és l'exportació de l'arxiu per tal de ser utilitzat amb el HEC – RAS.

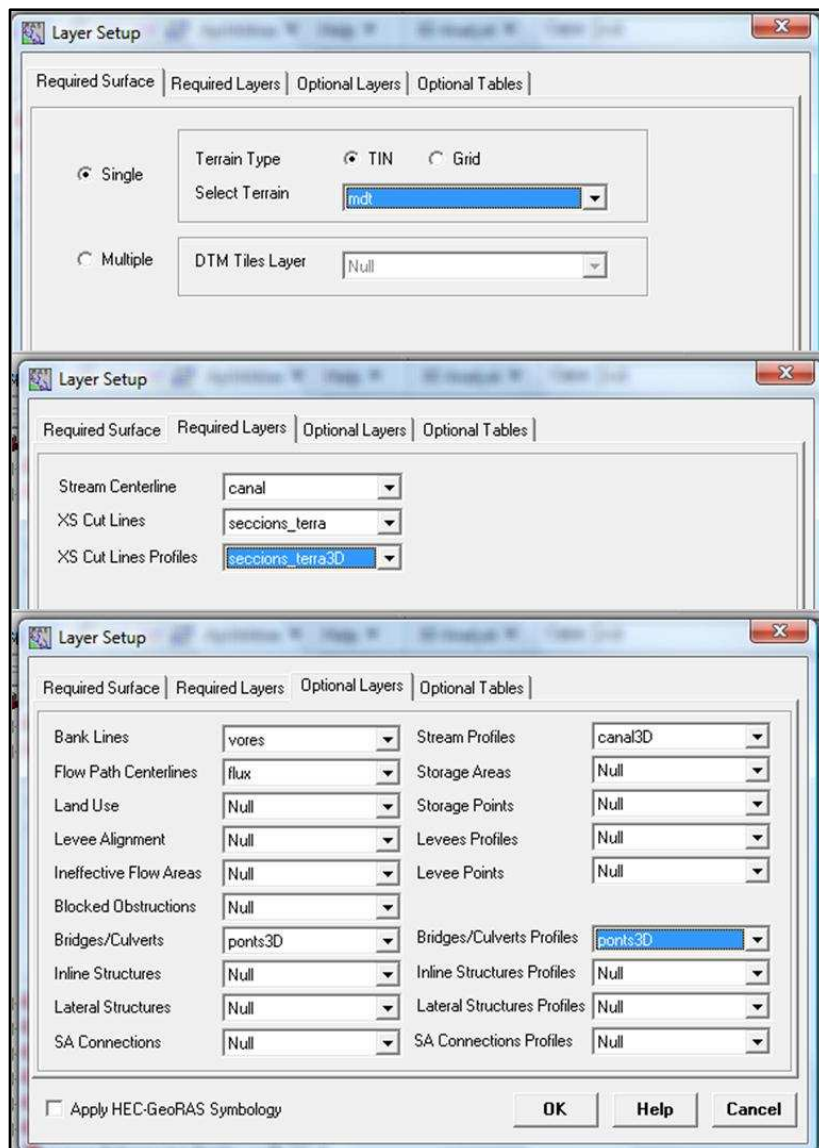


Fig.23: Quadre de diàleg del HEC – GeoRASv.4.0 per la selecció de capes a exportar al HEC – RAS amb el format d'arxiu adequat.

3.3.3 Fase 3: Procés amb el HEC-RAS

La tercera fase, la qual es modelitza el comportament del canal a partir de les condicions de contorn, treballa amb el *software* HEC – RAS. La modelització final, i per tant l'obtenció dels resultats, requereix tres passos previs per tal de definir la geometria del canal, les condicions de contorn respecte al tipus de flux i el règim amb el qual s'analitzarà.

Primerament, cal importar l'arxiu creat en el pas interior, per introduir les característiques del canal (traça, seccions crítiques, infraestructures com ponts i marges). A partir d'aquí

s'introdueixen les dades que falten per la modelització del cabal, és a dir la geometria del canal i les condicions de contorn segons el tipus de moviment, en aquest cas moviment permanent uniforme, i el règim que es vol estudiar, que serà la barreja de règim ràpid i lent.

3.3.3.1 Geometria del canal

En aquest apartat el HEC – RAS el què buscar és establir la relació entre la traça del canal, les seccions, les estructures i la informació hidràulica necessària; és a dir els valors de Manning, les seccions crítiques i els ponts.

> Valors de Manning

El valor de Manning (n) representa el coeficient de fricció/rugositat del flux amb el material sobre el qual es troba construït i/o excavat el canal, on hi actuen diferents factors com la rugositat superficial, la vegetació, les irregularitats del canal, la traça (alineament) del mateix, la sedimentació i soscavacions, les obstruccions, la mida i forma del canal, els canvis estacionals i el material en suspensió i càrrega de la llera. Malgrat que l'enginyer Robert Manning (1816 – 1897) presentà la fórmula de Manning el 1889, la determinació del valor Manning és complicat de determinar és per aquest motiu que s'estableixen diferents mètodes de determinació de n (veure Chow, 1959; Sánchez-Juny et al., 2005).

A la metodologia explicada es defineixen per cada secció tres valors de Manning, els quals corresponen al valor de la llera principal i als valors dels marges dret i esquerra d'aquesta.

> Seccions crítiques

Es defineixen dos tipus de seccions crítiques:

- a) seccions d'obra actuals al canal de Corral Quemado, les quals s'han obtingut a partir de les mesures de camp.
- b) seccions òptimes segons el cabal necessari per satisfer la demanda hídrica de Corral Quemado al llarg de la traça del canal. A l'annex A s'exposen els càlculs referents a la determinació de les seccions òptimes.

Ambdues seccions s'introdueixen al HEC – RAS a partir del quadre de diàleg per cadascuna d'elles on s'indiquen els valors de Manning (introduït anteriorment), la distància a la secció aigües avall (calculat pel HEC – RAS) i els punts corresponents a l'ample de la secció i l'alçada d'aquesta.

> Ponts i seccions tancades

A la geometria del canal també es té en compte les infraestructures que es troben en el sí del canal, com són els ponts i les seccions tancades. Per tant, amb el HEC-RAS es defineixen aquestes estructures indicant l'amplada perpendicular a la traça del canal, l'ample, l'alçada, etc.

3.3.3.2 Moviment permanent i uniforme

Aquest moviment es caracteritza perquè el calat és constant i paral·lel a la superfície del canal, fet que es produeix en un canal prismàtic, és a dir que conserva les seccions constants. Per

modelitzar aquest tipus de moviment s'han d'introduir tres tipus diferents de paràmetres corresponents al tipus de règim, les condicions de contorn i el cabal.

> Tipus de règim

Es poden modelitzar tres tipus diferents de supercrític, subcrític o barrejat. El règim supercrític és conegut com a règim ràpid, on la velocitat és alta. Per altra banda, el règim subcrític, és el règim lent on les velocitats són baixes. La modelització del règim *mixed* (barrejat) correspon a la modelització pels dos tipus anteriors. Donades les dades de camp s'ha utilitzat aquest tipus de règim, avaluant per tant el comportament del canal tant en règim ràpid com lent.

> Condicions de contorn

Les condicions de contorn permeten conèixer el perfil de la làmina d'aigua al llarg del canal. Ja que el règim és la combinació dels dos, és necessari que les condicions de contorn siguin al llarg del canal.

El HEC – RAS permet establir quatre tipus diferents de calat, imposició de les condicions de contorn, que corresponen a un calat crític, un calat normal, a establir la corba de rabeig o bé no conèixer el calat. La condició de contorn imposada en aquesta metodologia és la imposició d'un calat normal, el qual ve condicionat pel pendent del canal.

La figura 24 mostra el quadre de diàleg on s'introdueixen aquestes dades.

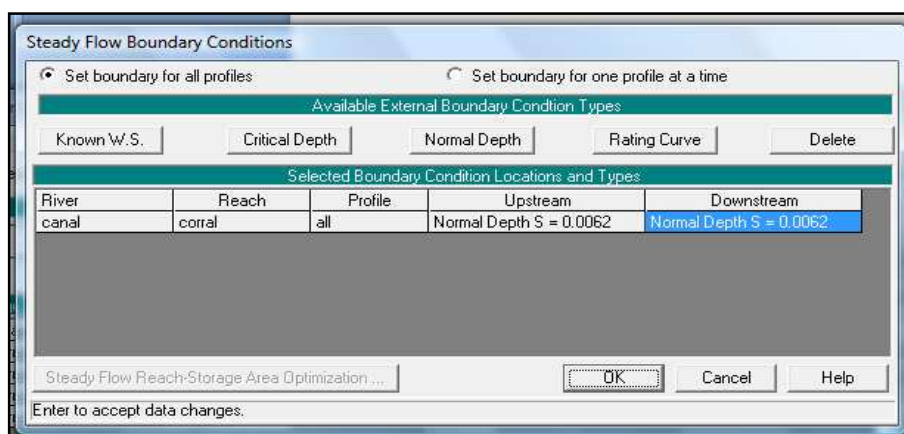


Fig.24: Quadre de diàleg del HEC –RASv.4. de l'entrada de les condicions de contorn per la modelització del canal.

> Cabal

Finalment, resta introduir el cabal pel qual es vol modelitzar el canal. Donada la demanda hídrica de Corral Quemado es defineix el cabal de disseny (veure càlculs a l'annex A, el qual s'introdueix al PK 0+000 del canal. D'altra banda, aquest cabal es pot anar variant en funció de les derivacions que es puguin produir.

3.3.3.3 Modelització del flux

Un cop introduïdes totes les dades al HEC – RAS es dona pas a la modelització, per tal d'obtenir els resultats esperats.

Si bé, els resultats que s'obtenen s'analitzen a partir del HEC – RAS, donat que s'ha treballat prèviament amb el HEC-GeoRAS es pot crear un arxiu dels resultats per ser llegit al ArcGIS, on es permet veure un polígon amb la làmina d'aigua i l'àrea ocupada en cas d'inundació.

4 Estat actual dels recursos hídrics a Corral Quemado

“Los ríos son nuestros hermanos y sacian nuestra sed; son portadores de nuestras canoas y alimentan a nuestros hijos.”

Noah Sealh, cap dels índis Dwamish.

4.1 Ús de l'aigua

4.1.1 Què s'entén per ús de l'aigua i classificació

Entès l'ús de l'aigua com les diferents maneres d'utilització de la mateixa, el codi d'aigües de Santiago del Estero a l'article 55. en diferencia els següents usos:

- ús domèstic (poblacions),
- ús pecuari,
- ús agrícola,
- ús industrial,
- ús medicinal,
- ús energètic,
- ús recreatiu,
- ús piscícola,
- ús miner.

Existeixen diverses *classificacions* dels usos (Balairón, 2000):

- a) *Consumptius vs. no consumptius*: els usos consumptius fan un ús de l'aigua extreta dels llocs naturals, sense fer un retorn de l'aigua o fent-lo a un lloc diferent. Per contra, els usos no consumptius no necessiten extreure l'aigua.
- b) *Prioritaris vs. secundaris*: l'aigua pot ser imprescindiblement necessària per alguns fins llavors l'ús que se'n fa és prioritari, mentre que si es pot obtenir per altres mètodes és un ús secundari.
- c) *Compatibles vs. incompatibles*: es consideren usos compatibles quan un o més usos de l'aigua no n'afecta d'altres; en canvi, dos o més usos són incompatibles quan un és un impediment per l'altre. En aquesta classificació, encara es poden classificar en complementaris, en el cas que l'ús d'un depèn de l'ús que se'n faci a l'altre.
- d) *Comuns vs. privatius*: s'entén com usos comuns els que es poden efectuar lliurement sense cap autorització administrativa, al contrari dels usos privatius. L'article 34. del codi d'aigües de Santiago del Estero considera com a usos comuns: 1) beguda, higiene humana, ús domèstic i reg de plantes; 2) abeurar o banyar animals en trànsit, navegació no lucrativa, ús recreatiu i pesca domèstica i esportiva; 3) l'ús i consum d'aigües subterrànies (article 159.).

4.1.2 Usos dels recursos hídrics a la comunitat de Corral Quemado

De la comunitat de Corral Quemado sorgeixen tres tipus bàsics d'usos de l'aigua segons el codi d'aigües de Santiago del Estero:

- **Ús domèstic:** el consum humà, la higiene personal i la neteja. A la comunitat les accions que s'engloben en aquest tipus d'ús són les de beure, cuinar, dutxar-se, rentar la roba, netejar plats i gots, i humitejar el terra de les llars. També l'aigua utilitzada a l'escola.

L'aigua per ús domèstic s'extreu de l'aigua de pluja, subterrània com del riu; però segons la qualitat dels recursos és utilitzada, o és recomanable ser utilitzada, per unes accions o altres, tot i així també hi ha un factor de disponibilitat. Els recursos provinents de pluja i emmagatzemats en aljubs són, generalment, utilitzats per l'aigua de boca; els provinents del canal i repeses, de menys qualitat, són utilitzats per les tasques de neteja, però també per beure i cuinar.

- **Ús pecuari:** entès com el conjunt d'accions encarades als animals, és a dir, abeurar i/o banyar. Els animals a la comunitat van des de aviram fins a bestiar boví i equí, passant pel bestiar porcí, oví i caprí.

La font dels recursos per l'ús pecuari és des de les repeses i canals, tant si l'aigua és extreta dels mateixos com si és i col·locada en abeuradors. La figura 25 mostra com algun vedell fan ús de l'aigua de les repeses.

- **Ús agrícola:** s'engloba en aquest ús el reg. Els cultius subjectes a ser regats a la Corral Quemado són moresc i alfals, a més a més d'alguns petits horts amb julivert i *zapallos*. Els cultius són per autoconsum motiu pel qual les extensions no són grans, i les quantitats d'aigua necessàries no són elevades.

L'aigua utilitzada per l'ús agrícola és aigua directament de pluja i aigua del canal.

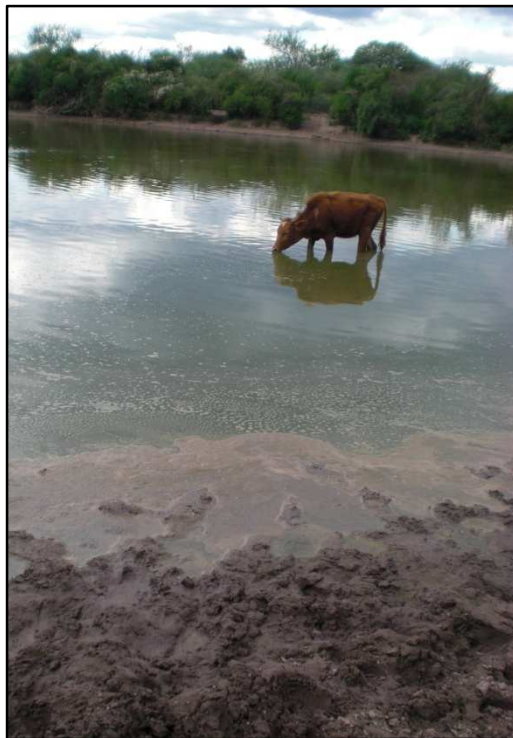


Fig. 25: Vedell bevent d'una repesa. Ús pecuari.

En alguns casos l'ús pecuari es considera com a ús domèstic o ús agrícola, però al present treball seguint la relació que s'estableix al codi d'aigües de Santiago del Estero es consideraran els tres usos independentment.

Tots tres usos es classifiquen dins el conjunt de usos consumptius, ja que els recursos són extrets dels seus emplaçaments naturals, utilitzats i no retornats al lloc d'origen. També, tots tres són considerats usos prioritaris i compatibles. Finalment, els usos domèstics i els usos pecuaris es poden classificar usos comuns, segons el codi d'aigües de Santiago del Estero, mentre que el reg (ús agrícola) és del tipus privatiu.

Els usos poden variar temporalment, és a dir, canviar la demanda dels recursos hídrics segons les èpoques de l'any. L'ús agrícola on l'acció principal és el reg, el qual utilitza l'aigua per satisfer els dèficits de l'evapotranspiració dels cultius (Balairón, 2000), per tant s'utilitzen els recursos només en aquelles èpoques en què és necessari complementar la manca d'aigua als diferents tipus de conreus. Contràriament, l'ús domèstic i l'ús pecuari tenen una demanda més regular al llarg de tot l'any.

4.2 Font de recursos

L'aigua només existeix en certs llocs i en quantitats variables d'uns moments a altres (Balairón, 2000), per aquest motiu és important conèixer les fonts dels recursos de què es disposa.

A la comunitat de Corral Quemado les tres fonts dels recursos hídrics són l'aigua de pluja, l'aigua superficial (Rio Salado) i/o l'aigua subterrània (aquífers).

4.2.1 Pluja

Les precipitacions que es produeixen a la zona de Corral Quemado són en forma de pluja. Les mitjanes de precipitació anuals en aquesta area són entre 500mm i 650mm. La distribució de la precipitació es concentra als mesos d'octubre a abril, mesos de primavera i estiu; les mitjanes de precipitació d'aquests mesos oscil·len entre 70mm i 150mm. D'altra banda, els mesos de menys precipitació els valors no superen els 25mm de mitjana. La figura 26 presenta el climograma, a la ciutat de Monte Quemado, capital del departament Copo, on es pot veure la distribució de les precipitacions.

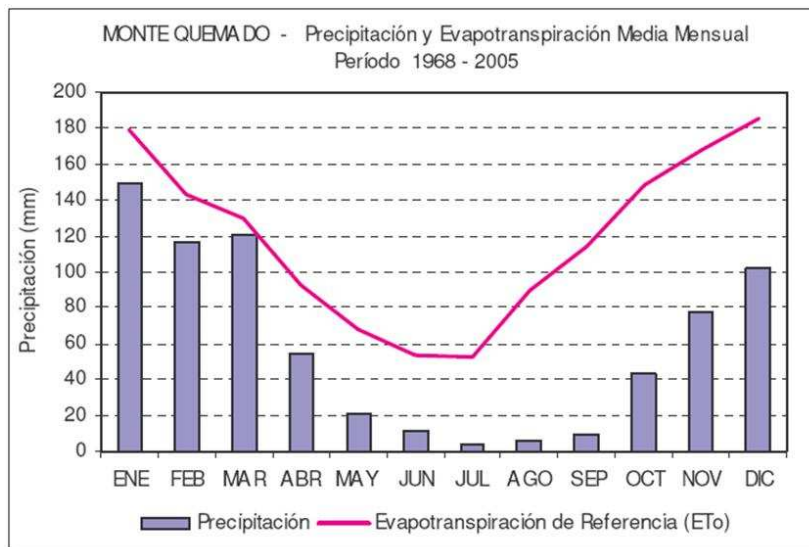


Fig. 26: Climograma de la ciutat de Monte Quemado, capital del departament Copo. Les distribucions de les pluges són bàsicament als mesos d'estiu. Font: Angueira et al., 2007.

Els usos que es donen a l'aigua de pluja són pel reg de conreus, omplir repeses i com a aigua de boca donada les seva bona qualitat, és per aquest motiu que és recollida i emmagatzemada

per utilitzar-la durant l'any. Les formes de recollida que s'utilitzen són les repeses i els sistemes de sostre i aljub.

4.2.2 Superficial

Després de les precipitacions, al cicle hidrològic, es produeix escorrenteria superficial i subterrània. L'escorrenteria superficial com l'emmagatzematge d'aquesta són considerats els recursos hídrics superficials.

A nivell general, es troben als mars, als rius, als llacs i altres, mateixa humitat del sòl, les masses de gel, etc. (Balairón, 2000). A la comunitat de Corral Quemado l'aigua superficial prové del riu la qual arriba fins la comunitat mitjançant un sistema de canals on omple repeses.

La font de l'aigua superficial és la pluja, no obstant això es considera, en aquest treball, l'aigua de pluja diferent de la del riu i canals ja que la qualitat de l'aigua és més baixa.

4.2.2.1 Rio Salado

El riu que és la font dels recursos superficials és el Rio Salado. Neix a la província de Salta (on s'anomena Rio Juramento) i desemboca al riu Paraná, a la província de Santa Fe.

En el seu pas pel departament Copo, com a frontera amb el departament Pellegrini, es caracteritza com un riu meandriforme (veure fig. 27), el qual ha canviat diverses vegades el seu curs buscant més pendent, deixant *paleocauces*. Per altra banda, en aquest curs mig del riu també forma *Bañados*, entre ells són identificats el Bañado de Copo (actualment sec) d'una superfície de 300km², Bañado Hoyo Seco, el Bañado de Figueroa (actualment amb greus problemes d'erosió lineal retrogradada) i el Bañado de Añatuya (Arancibia, 1990).

El riu aporta aigua a algunes poblacions mitjançant un sistema de canals, com són el Canal de Dios (on deriva el canal de Corral Quemado) i el Canal de la Patria, o directament al departament Figueroa juntament amb el Rio Dulce. També cal destacar les derivacions de cabals per zones de reg: a la província de Salta i a la província de Santiago del Estero al departament Copo a la zona de Villa Matoque.



Fig. 27: Rio Salado al seu pas pel *paraje* Arroyo, on es poden veure els seus meandres.

4.2.3 Subterrània

També es poden obtenir recursos hídrics subterranis, els quals es generen a partir de les infiltracions tant de les precipitacions, de les escorrenteries superficials com dels

embassaments naturals i artificials. Aquesta aigua infiltrada es concentra en formacions geològiques susceptibles d'emmagatzemar i transmetre quantitats significatives d'aigua (Balairón, 2000).

A la comunitat de Corral Quemado els recursos subterranis provenen dels aquífers formats pel con al·luvial del Rio Salado.

4.3 Infraestructures

A partir de les fonts dels recursos, l'aigua és transportada i/o emmagatzemada en diferents infraestructures. En aquest apartat es presenten les infraestructures que es poden trobar a la comunitat de Corral Quemado, des de les repeses fins als aljubs passant pel canal, centre d'estudi del present treball.

4.3.1 Repeses

Una repesa és una excavació sobre el terreny que acumula aigua que corre per tota una zona quan plou (MNCI – ISF, 2009) o a través de l'aigua aportada per un canal.

Les repeses es construeixen, actualment, amb tractors amb pala, però també manualment o amb animals.

Partint que la finalitat de la repesa és l'acumulació d'aigua el lloc on es construeixen i les característiques poden augmentar més o menys la seva capacitat d'emmagatzematge. Així doncs, algunes característiques a tenir en compte:

- forma allargada,
- orientada d'est a oest, per tal de prevenir l'efecte del vent,
- terreny compactat, per evitar la infiltració,
- situació, en zones baixes per tal de fomentar l'escorrenteria superficial.

A la comunitat de Corral Quemado existeixen dos tipus de repeses en funció de la seva propietat: comunitàries, públiques i privades. Les repeses comunitàries són aquelles que tothom del *paraje* té accés a elles i gestionades pels pobladors del *paraje*. Les repeses públiques són aquelles que es constrüen juntament amb el canal, d'ús públic; mentre que les repeses privades són aquelles que són propietat d'una família, essent ells mateixos qui en tenen cura.

4.3.1.1 Repeses comunitàries

Hi ha dues repeses comunitàries situades als *parajes* de San Benito, Pato Pozo

- **San Benito**

La repesa està situada prop del canal i de la repesa pública que també hi ha en aquest *paraje*. S'omple bàsicament d'aigua de pluja, però sempre està plena possiblement pel poc ús que se'n fa.

No es té coneixement de quan es va construir, però també es considera repesa natural. Té unes dimensions rectangulars de 70x40m amb una profunditat aproximada de 2.5m. D'altra banda, l'aspecte de la capa superficial de l'aigua té algues a causa de

l'eutrofització. Aquesta represa és omplerta per aigua de pluja i l'ús que se'n fa és un ús pecuari.

- **Pato Pozo**

La represa que es troba al *paraje* de Pato Pozo és una represa comunitària, la qual té unes dimensions irregulars tal com s'indica a la figura 28. La màxima profunditat és de 0.6m.

L'aigua de pluja que omple la represa és utilitzada per tots els usos: aigua de boca, animals, reg (molt escàs).

A causa de la poca profunditat i de la font dels recursos, aquesta represa al hivern presenta nivells molt baixos d'aigua, tant que és impossible extreure'n l'aigua, ja que es converteix tot com un fangar.

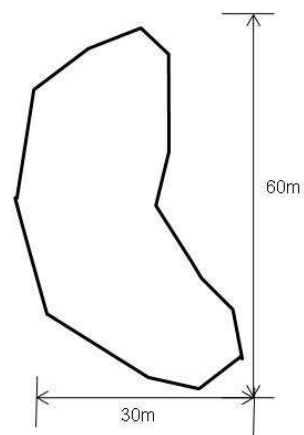


Fig. 28: Esquema de la represa comunitària de Pato Pozo.

4.3.1.2 Represes públiques

En tota la comunitat hi ha dues represes públiques les quals s'omplen principalment per aigua provinent del canal. Totes dues juntament amb el canal es construïren aproximadament fa 22, ja que no s'ha trobat cap document per constatar-ho i la informació és de transmissió oral. Aquestes es troben una al *paraje* de San Benito i l'altra a Corral.

- **San Benito**

La represa consta d'un perímetre de ballat, encara que parcialment malmès, el qual permet evitar l'entrada dels animals fins a les vores de la represa. Per aquest motiu l'aigua d'aquesta s'utilitza especialment per usos domèstics: beure, cuinar, higiene personal i de la llar, etc.

Aquesta té unes dimensions rectangulars de 60x50m, amb una profunditat de construcció de 6m al centre. Amb el pas del temps, aquesta represa ha vist reduir la seva profunditat per l'acumulació de sediments provinents de l'aigua del canal i de les vores de la mateixa.

L'aigua del canal arriba des del mateix quan s'obre la comporta de la derivació cap a la represa. Aquesta derivació té una longitud de 170m construïda amb formigó, blocs de pedra i excavada sobre el mateix terreny. La taula 6 mostra les dimensions de les seccions i el material de construcció de la derivació.

Taula 6: Característiques de la derivació a la represa de San Benito

PK de la derivació	Secció (m)	Material
0+000 a 0+015	Rectangular: 1.2x1	Formigó
0+015 a 0+155	Trapezoïdal: 0.5x3x0.5	Excavat
0+0155 a 0+158	Trapezoïdal: 0.5x4x0.5	Blocs de pedra (diàmetre de 20cm)
0+158 a 0+165	0.8xBxh B: varia de 4 a 0.8m h: varia de 1 a 0.5m	Formigó
0+165 a 0+168	Rectangular: 0.8x0.5	Formigó

0+0168 a 0+170	0.8xh h: varia de 0.5m a 0m	Formigó
----------------	--------------------------------	---------

- **Corral**

La represa té una forma rectangular de 60x30m amb una profunditat al centre al moment de la construcció de 5m. Aquesta s'omple bàsicament per l'aigua provinent del canal. L'aigua arriba des del canal directament, ja que la represa està situada al final del canal, que desemboca dins la represa.

Els darrers metres del canal estan formats per seccions amb blocs de pedra i formigó per tal de reduir l'entrada de sediments en suspensió i evitar l'erosió de la bora per la força de l'aigua.

A diferència de la represa de San Benito el ballat existent està totalment malmès, fet pel qual entren els animals a la represa tant per beure com per banyar-s'hi. Els usos d'aigua d'aquesta represa són domèstic, pecuari i agrícola.

4.3.1.3 Represes privades

El nombre de represes privades o de particulars, els quals gestionen i mantenen les represes és més alt: quatre a Corral, dues a Puesto Bajo, una a Puesto el Medio, una a Simbolar i una altra a Vinal Pozo. La taula 7 resumeix les característiques d'aquestes represes.

Taula 7: Característiques de les represes privades.

Paraje	Dimensions (m)	Profunditat (m)	Ús	Font dels recursos	Comentaris
Corral	Rectangular: 60x100	0.3	En desús	Pluja	reomplerta pels sediments
Corral	Rectangular: 20x40	2	Domèstic, pecuari, agrícola	Pluja	Eutrofització, ballada
Corral	Ovalada: 10x15	0.5	Pecuari, agrícola	Canal Corral Quemado	S'omple només quan el canal circula molt ple
Corral	Rectangular: 20x30	2	Domèstic, pecuari, agrícola	Canal Corral Quemado	
Puesto Bajo	Rectangular: 20x80	0.8	Pecuari, agrícola	Pluja	Períodes en què està seca
Puesto Bajo	Rectangular: 20x100	2	Pecuari, agrícola	Pluja	Ballada.
Puesto el Medio	Rectangular: 50x30	1.5	Domèstic, pecuari, agrícola	Pluja	Ballada, propera al canal Virgen de Huachana
Simbolar	Rectangular: 30x15	2	Domèstic	Canal Virgen de Huachana	Ballada
Simbolar	Rectangular: 20x15	2	Pecuari, agrícola	Canal Virgen de Huachana	
Vinal Pozo	Rectangular: 60x100	2	Domèstic, pecuari, agrícola	Canal Corral Quemado	

4.3.2 Canal

Una de les infraestructures importants per la gestió dels recursos hídrics és el canal que travessa tota la comunitat, el qual aporta l'aigua a repeses.

El canal de Corral Quemado és part del sistema del Canal de Dios, el qual transporta aigua del Rio Salado. Té el seu origen al *paraje* de San Benito, essent una derivació del Canal Virgen de Huachana. El *paraje* de San Benito és creuat per la meitat pel canal de Corral Quemado, que aigües avall troba Pato Pozo a la dreta (mirant aigües avall) i a l'esquerra Simbolar. Finalment entra al *paraje* de Corral el qual va creuant fins arribar a la represa pública de Corral on desemboca.

La construcció del canal es remunta a volts de l'any 1987, no s'han trobat documents que puguin certificar amb exactitud aquesta data; igualment tampoc s'han trobat documents per saber el projecte inicial del canal, d'aquesta manera les seccions del canal i característiques són dades de camp.

4.3.2.1 Sistema hídric del Canal de Dios

El canal de Dios té aproximadament 250km, construït a la dècada dels setanta. El seu origen és al límit entre Salta i Santiago del Estero al *paraje* de Cruz Bajada al marge esquerra del Rio Salado, i s'allarga fins la província del Chaco. L'aigua que entra al canal ho fa a través d'una toma lliure.

L'objectiu del Canal de Dios és abastir d'aigua a les poblacions, ramaderia i per generar petites àrees de reg. No obstant això, aquests objectius han estat des dels inicis difícils d'aconseguir, tant per la manca de cabal circulant pel canal, les infiltracions, les deficiències de l'estructura, etc. (Arancibia, 1990; Bravo, 2008; Meliano, 2008; Flumen Ingeniería, 2009).

Aquest canal, canal principal del sistema, té altres derivacions tal com s'indiquen a la taula 8.

Taula 8: Derivacions del Canal de Dios, amb les longituds (km) i els cabals de disseny (m^3/s), i la longitud (km) actual. Font: Flumen Ingeniería, 2009.

Canal	Longitud del projecte (km)	Cabal de disseny (m^3/s)	Longitud actual del canal (km)
Derivació a Ranchillos	40	--	Sense dades
Virgen de Huachana	80	1.00	30.71
Virgen del Carmen	95	1.00	158.486
Canal del Desierto	54	0.40	38.345

Com es pot veure a la taula 8 les longituds reals de les derivacions no coincideix amb les longituds del projecte. La longitud actual del canal Virgen de Huachana és molt menys del que estava projectat, la qual cosa ha reduït el nombre de poblacions a abastir, donant pas a problemes derivats de l'aigua en aquestes àrees.

El Canal de Corral Quemado surt del Canal Virgen de Huachana. Aquesta és una de les quatre derivacions que es poden trobar al canal. Les derivacions des d'aigües amunt fins aigües avall són les següents:

- Canal a Villa Matoque (PK 3+150, marge dret).
- Canal a Consuelo (PK 10+120, marge esquerra).
- Canal a Corral Quemado (PK 16+900, marge dret)
- Canal a Simbolar (PK 16+900, marge esquerra).

Segons Rasghi (2008) el Canal Virgen de Huachana té la funció de regular els cabals del Canal de Dios, evitant que aquest pateixi desbordaments. Motiu pel qual li dóna un pas irregular, i no constant, de cabal.

4.3.2.2 Característiques del canal de Corral Quemado

El canal de Corral Quemado té una longitud de 7.7km. La secció del canal està excavada sobre el mateix terreny, exceptuant tres trams revestits per plaques de formigó. Aquests trams es troben als extrems aigües amunt (PK 0+000 a PK 0+014) i aigües avall (PK 7+682 a PK 7+700), i entre el PK 1+624 i el PK 1+649, a l'alçada de San Benito.

El canal no té una secció constant en tot el seu recorregut, però tampoc presenten molta variabilitat en quant a la secció ocupada. Per tant es considerarà que la secció tipus aproximada tal com es pot veure a la figura 29.

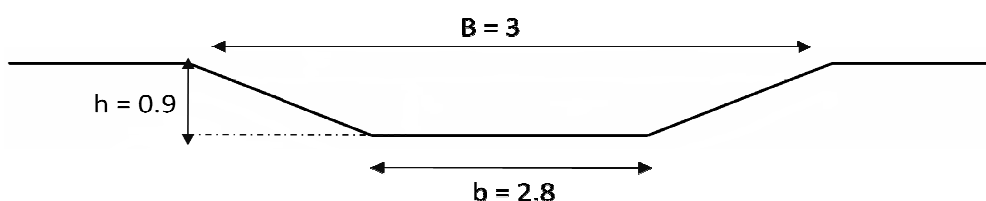


Fig. 29: Esquema de la secció tipus del canal actualment.

La figura 30 és un exemple real de la secció actual del canal.



Fig.30: Fotografia de l'estat actual del canal, on s'aprecia la seva secció.

Per altra banda, les seccions que tenen els tres trams revestits s'indiquen a la taula 9.

Taula 9: Característiques de les seccions dels trams d'obra del canal

PK Tram 1	Secció (m)	Material
0+000 a 0+001	Rectangular: 1.4x1.5	Formigó
0+001 a 0+005	Caixó rectangular: 1.4x1.5	Formigó
0+005 a 0+010	bxBxh b: varia de 1.4 a 4m B: varia de 1.4 a 5.2m h: varia de 1 a 0.8m	Formigó
0+010 a 0+012	Trapezoïdal: 4x5.2x0.8	Formigó
0+012 a 0+014	Trapezoïdal: 4x5.2x0.8	Blocs de pedra (diàmetre de 20cm)

PK Tram 2	Secció (m)	Material
1+624 a 1+627	Trapezoïdal: 3.5x4x0.8	Blocs de pedra (diàmetre de 20cm)
1+627 a 1+631	bxBxh b: varia de 3.5 a 1.4m B: varia de 4 a 1.4m h: varia de 0.8 a 1.2m	Formigó
1+631 a 1+641	Rectangular: 1.4x1.2	Formigó
1+641 a 1+645	bxBxh b: varia de 1.4 a 3.5m B: varia de 1.4 a 4m h: varia de 1.2 a 0.8m	Formigó
1+645 a 1+649	Trapezoïdal: 3.5x4x0.8	Blocs de pedra (diàmetre de 20cm)
PK Tram 3	Secció (m)	Material
7+682 a 7+688	Trapezoïdal: 2x4x0.8	Blocs de pedra (diàmetre de 20cm)
7+688 a 7+694	bxBxh b: varia de 2 a 1.5m B: varia de 4 a 1.5m h: varia de 0.8 a 0.5m	Formigó
7+694 a 7+700	Rectangular: 1.5x0.5	Formigó

Actualment, una de les problemàtiques que presenta el canal és el mal estat en què es troben els marges, on alguns d'ells estan trencats, tal com es pot veure a la figura 31. A més a més, de poca profunditat a causa de la sedimentació i les taxes d'infiltració altes, d'acord a l'estudi de Flumen Ingeniería (2009).



Fig.31: Fotografia del marge dret del canal de Corral Quemado al seu pas pel *paraje* de San Benito. S'aprecia el desbordament del canal a causa del trencament del marge, per on es perden grans quantitats de cabal.

4.3.3 Aljubs

Fins ara s'ha vist una infraestructura de transport com és el canal, i en el cas de la represa una infraestructura de recollida i emmagatzematge dels recursos hídrics. En aquest apartat es centra en els aljubs com a infraestructura d'emmagatzematge.

Els aljubs són una construcció que permet emmagatzemar l'aigua sota terra i conservar-la fresca i neta de contaminació, ja que, teòricament, estan tancats de l'entrada de terra, restes vegetals i animals (MNCI – ISF, 2009).

Generalment, els aljubs tenen associat un sistema de recollida de sostre, el qual permet recollir l'aigua de pluja. L'aigua recollida és dipositada dins els aljubs per tal d'emmagatzemar-la.

A la comunitat de Corral Quemado només algunes famílies disposen d'aljubs, alguns d'ells amb sistemes de recollida de sostre. A la taula 10 es pot veure un inventari del nombre d'aljubs que hi ha per *paraje*.

Taula 10: Inventari d'aljubs a la comunitat de Corral Quemado.

Paraje	Núm. famílies	Núm. aljubs	Núm. aljubs amb sistema de recollida de sostre
<i>Corral</i>	18	4	2
<i>Pato Pozo</i>	10	1	2
<i>San Benito</i>	8	0	0
<i>Vinal Pozo</i>	4	-	-
<i>Puesto Bajo</i>	2	0	1
<i>Puesto del Medio</i>	4	1	1
<i>Simbolar</i>	3	0	0
Total	49	6	4

També hi ha un aljub comunitari i de l'escola al *paraje* de Corral. I també una construcció parcial d'un aljub comunitari entre diferents famílies a Pato Pozo; la construcció d'aquest es va aturar ja que el revestiment de les parets es desprenia.

4.3.4 Altres

A la comunitat es poden trobar altres infraestructures com pous per obtenir aigua del subsòl. Un es troba al *paraje* de Corral amb una profunditat de 70m aproximadament, i l'altre es troba a Puesto el Medio.

4.4 Demanda hídrica

Per determinar la demanda hídrica cal calcular la quantitat de aigua necessària pels diferents usos, és a dir, el què s'anomena *demanda neta* (D_n). Contràriament hi ha la *demanda bruta* (D_b), és a dir la quantitat d'aigua la quantitat d'aigua que resta després de tenir en compte les pèrdues d'infiltració i evaporació (Balairón, 2000; Basán, 2007; INTA, 2008; MNCI-ISF, 2009).

A les següents seccions es realitzaran els càlculs de la demanda hídrica neta a la comunitat de Corral Quemado segons als usos, i així obtenir un cabal mínim per abastir les necessitats de la comunitat de Corral Quemado.

4.4.1 Pel consum humà

Primerament cal tenir en compte el nombre de persones que han de fer ús de l'aigua, no tan sols en l'actualitat sinó amb una previsió de creixement de la població. El creixement de la població durant la passada dècada al departament Copo ha estat d'un 40%, és el segon departament amb més creixement de la província. Aquest creixement del 40% és per 10 anys, llavors el creixement anual serà del 4%. Per estimar la població dins un cert període de temps s'utilitzarà un model de taxa de creixement (Balarión, 2000), on la població evolucionarà segons una taxa de creixement constant α . La relació que s'estableix per calcular la població en un període de temps t és la següent:

$$P = P_a \times (1 + \alpha)^t \quad (1)$$

on P_a és la població actual.

Durant el treball de camp es va comptabilitzar el nombre de persones residents en cadascun dels *parajes* de la zona d'estudi, essent així la població actual (octubre de 2008) per realitzar els càlculs de la demanda hídrica. No s'utilitzen les dades estadístiques de l'INDEC (Instituto Nacional De Estadística y Censos de la República Argentina) ja que els cens que disposen són de l'any 2001 i les poblacions indígenes no estan comptabilitzades estrictament.

La taula 11 mostra la població actual, l'estimació de la població per un període de temps de 10 anys per cadascun dels *parajes*.

Taula 11: Població al 2008 i població estimada pel 2018 a la Comunitat de Corral Quemado

<i>Paraje</i>	<i>Núm. famílies</i>	<i>Població 2008</i>	<i>Població estimada pel 2018</i>
<i>Corral</i>	18	124	183
<i>Pato Pozo</i>	10	68	100
<i>San Benito</i>	8	46	68
<i>Vinal Pozo</i>	4	23	34
<i>Puesto Bajo</i>	2	18	26
<i>Puesto del Medio</i>	4	15	22
<i>Simbolar</i>	3	19	28
Total	49	313	461

En segon lloc es té en compte la quantitat de litres d'aigua que necessita cada persona al dia. Aquests valors varien segons el clima, la càrrega de treball, les costums o la distància a on es troba la font dels recursos hídrics. La relació que estableix l'Organització Mundial de la Salut (OMS) es pot veure a la taula 12.

Taula 12: Quantitats, en litres, necessàries d'aigua per persona al dia segons la OMS.

<i>Funció</i>	<i>Quantitat (l/personaxdia)</i>	<i>Tipus d'aigua</i>	<i>Quantitat en funció del tipus d'aigua (l/personaxdia)</i>
beure	5	Qualitat excel·lent	8
cuinar	3		
higiene personal	20	Qualitat menor	55
neteja de la casa i altres	15		
neteja de la roba	20		

Quan l'aigua és utilitzada és igual per tots els usos es considerarà 60 litres per persona i dia.

En conseqüència la relació de la demanda neta per ús domèstic a la comunitat de Corral Quemado segons els usos, la qualitat de l'aigua i els *parajes* s'estableix a les taules 13 i 14.

Taula 13: Quantitat de la demanda hídrica pel consum humà al 2008 a Corral Quemado

Demanda hídrica neta any 2008 (l/dia)		Parajes						Total	
		<i>Corral</i>	<i>Pato Pozo</i>	<i>San Benito</i>	<i>Vinal Pozo</i>	<i>Puesto Bajo</i>	<i>Puesto el Medio</i>		<i>Simbolar</i>
<i>Qualitat excel·lent</i>	<i>Aigua de boca</i>	992	544	368	184	144	120	152	2504
<i>Qualitat menor</i>	<i>Higiene i neteja</i>	6820	3740	2530	1265	990	825	1045	17215
Tots els usos		7440	4080	2760	1380	1080	900	1140	18780

Taula 14: Quantitat de la demanda hídrica pel consum humà al 2018 a Corral Quemado

Demanda hídrica neta any 2018 (l/dia)		Parajes						Total	
		<i>Corral</i>	<i>Pato Pozo</i>	<i>San Benito</i>	<i>Vinal Pozo</i>	<i>Puesto Bajo</i>	<i>Puesto el Medio</i>		<i>Simbolar</i>
<i>Qualitat excel·lent</i>	<i>Aigua de boca</i>	1464	800	544	272	208	176	224	3688
<i>Qualitat menor</i>	<i>Higiene i neteja</i>	10065	5500	3740	1870	1430	1210	1540	25355
Tots els usos		10980	6000	4080	2040	1560	1320	1680	27660

Per tant la demanda hídrica neta per ús domèstic per tots els usos (en alguns casos no existeix diferenciació en els tipus d'aigua, i per tant el cas més desfavorable) en funció de la població pel 2018 serà de 27660 l/dia, la qual s'utilitzarà en l'estudi de les alternatives de modificació i gestió del canal.

La quantitat d'aigua utilitzada als espais comunitaris, com l'escola, es consideren usos domèstics. Les quantitats recomanades per una escola són de 10 a 15 litres per persona i dia (MNCI – ISF, 2009).

El nombre d'infants en edat escolar, entre 5 i 14 anys, actualment a l'escola és aproximadament de 60. El creixement de la població entre 0 i 14 anys a la última dècada al departament Copo ha estat del 42% (Angueira et al., 2007), seguint la relació de la fórmula 1, el nombre d'infants en un període de 10 anys serà de 90. Considerant el màxim de litres, 15l/personaxdia, la demanda hídrica neta per l'escola serà la següent:

Any 2008	Demanda neta diària	900 l/dia
Any 2018	Demanda neta diària	1350 l/dia

Comptabilitzant la quantitat d'aigua necessària per les famílies i a l'escola, la demanda hídrica neta per ús domèstic a Corral Quemado és de $Dn_{domèstic} = 29010 \text{ l/dia} = 29.01 \text{ m}^3/\text{dia}$.

4.4.2 Pel consum animal

Com pel consum humà es defineixen unes quantitats teòriques necessàries per cada grup d'animals com es pot veure a la taula 15 (MNCI – ISF, 2009).

Taula 15: Quantitats d'aigua recomanades pel consum animal.

Grup d'animals bestiar	Interval de consum (l/animal x dia)	Valor utilitzat en el càlcul de la demanda (l/animal x dia)
Cavalls i burros	20 – 50	50
Boví	40 – 60	60
Oví i caprí	10 – 25	25
Porcí	10 – 30	30
Aviram	0,15 – 0,50	0,50

Per altra banda, el nombre de cada grup d'animals i/o bestiar està comptabilitzat amb dades de camp, però cal també calcular un creixement dels animals de cara al futur. En aquest cas, es considerarà el creixement en funció de la informació rebuda al camp de treball. A la taula 16 s'estableix la relació del nombre poblacional del bestiar, considerant ja un increment en el futur.

Taula 16: Població estimada d'animals per l'any 2018.

Paraje	Cavalls i burros	Bestiar boví	Bestiar oví i caprí	Bestiar porcí	Aviram
Corral	10	25	1100	52	62
Pato Pozo	2	10	520	20	25
San Benito	4	8	200	12	30
Vinal Pozo	6	16	180	16	28
Puesto Bajo	2	6	135	9	15
Puesto el Medio	2	4	128	14	20
Simbolar	3	20	80	18	28
Total	29	89	2343	141	208

La demanda hídrica neta pel consum animal que es defineix en cadascun dels *parajes* i en el conjunt de la comunitat és relaciona a la taula 17.

Taula 17: Demanda hídrica pel consum animal a Corral Quemado.

	Demanda neta hídrica (l/animal x dia)					Total (l/animal x dia)	
	Bestiar	Cavalls i burros	Bestiar boví	Bestiar oví i caprí	Bestiar porcí		Aviram
Parajes	Corral	500	1500	27500	1560	31	31091
	Pato Pozo	100	600	13000	600	12.5	14312.5
	San Benito	200	480	5000	360	15	6055
	Vinal Pozo	300	960	4500	480	14	6254
	Puesto Bajo	100	360	3375	270	7.5	4112.5
	Puesto el Medio	100	240	3200	420	10	3970
	Simbolar	150	1200	2000	540	14	3904
Total (l/animal x dia)	1450	5340	58575	4230	104	69699	

A partir d'aquí la **demanda hídrica neta diària per l'ús animal** utilitzada per l'estudi del canal serà de $D_{\text{pecuari}} = 69699 \text{ l/dia} = 69.70 \text{ m}^3/\text{dia}$.

4.4.3 Pel consum agrícola

L'aigua utilitzada pel reg dels cultius depèn de diferents factors: tipus de cultiu, condicions climàtiques, la geologia (tipus de sòl), la topografia i el mètode de reg. La demanda neta per un reg es pot calcular mitjançant l'estimació de la superfície a regar i el valor mig de la dotació de reg, de manera que amb una simple multiplicació d'ambdues s'obté el volum d'aigua necessària (Balairón, 2000).

Els conreus que es troben a la comunitat són alfals, moresc i horts. El conreu d'alfals és el que més aigua necessita, aproximadament uns 10000 m³/ha·any (MNCI-ISF, 2009), és a dir 27.39 m³/ha·dia = 27397.3 l/ha·dia.

No totes les famílies tenen la mateixa extensió de zona dedicada al cultiu, per aquest motiu es considera una mitjana d'una hectàrea per família. En el conjunt de la comunitat són 49ha; mentre que per *parajes* es resumeix a la taula 18, on també s'expressa la demanda hídrica per l'ús agrícola.

Taula 18: Nombre d'hectàrees per família i demanda hídrica pel consum agrícola.

Paraje	famílies	hectàrees	Demanda hídrica (l/dia)
Corral	18	18	493151.4
Pato Pozo	10	10	273973
San Benito	8	8	219178.4
Vinal Pozo	4	4	109589.2
Puesto Bajo	2	2	54794.6
Puesto del Medio	4	4	109589.2
Simbolar	3	3	82191.9
Total	49	49	1342467.7

D'aquesta manera la **demanda hídrica neta diària per l'ús agrícola** de $Dn_{\text{agrícola}} = 1342467.7$ l/dia = 1342.46 m³/dia.

4.4.4 Demanda Hídrica neta total

La demanda hídrica neta a la comunitat de Corral Quemado no és constant al llarg de tot l'any. Per una banda l'ús domèstic a l'escola només és durant el període escolar de març a desembre; i per l'altra la diferència de les èpoques de reg (setembre – març). D'aquesta manera els mesos de març i setembre són els que tenen més demanda hídrica, com a conseqüència del curs escolar i del reg. Per aquest motiu, la demanda hídrica neta total es farà per un dia natural de març o setembre, on es donen tots els possibles usos de l'aigua al 100%.

A partir del sumatori de les demandes per usos i per dia s'obté el valor de la demanda hídrica neta diària per la comunitat de Corral Quemado, tal com es resumeix a la taula 19.

Taula 19: Demandes hídriques diàries pel 2018 a Corral Quemado segons els usos.

usos	demanda diària en litres (l)	demanda diària en m³
<i>ús domèstic</i>	29010	29.01
<i>ús pecuari</i>	69699	69.70
<i>ús agrícola</i>	1342467.7	1342.46
total	1441176.7	1441.2

A partir del sumatori de les demandes per usos i per dia anteriorment calculades s'obté el valor de la **demanda hídrica neta diària per la comunitat de Corral Quemado**, que és de $Dn_{total} = 1441176.6 \text{ l/dia} = 1441.2 \text{ m}^3/\text{dia}$ quantitat d'aigua teòrica necessària.

4.4.5 Demanda hídrica bruta

La demanda hídrica bruta és el residu de la diferència entre les pèrdues i la demanda hídrica neta. Partint de la base que el canal és la font principal de recursos hídrics a la comunitat i que es vol obtenir la demanda hídrica per tal d'estudiar les alternatives de remodelació del canal, les pèrdues que es produeixen són les pèrdues per infiltració, les pèrdues per evaporació i les pèrdues de vessaments involuntaris.

Hi ha diversos factors que influeixen en les filtracions de l'aigua, en un canal excavat a terra (Liria, 2001):

- permeabilitat del terreny,
- forma de la secció transversal,
- quantitat de sediments en suspensió i arrossegats per l'aigua,
- freqüència dels períodes de l'ús del canal,
- edat del canal,
- condicions climatològiques,
- vegetació,
- i si el canal està revestit, la qualitat i l'estat de conservació del mateix.

Un mètode per actuar en contra de les infiltracions és el revestiment del canal en diferents materials (capítol 5).

Tant el canal com les repeses estan exposats a la radiació solar de manera que es produeix una evaporació de l'aigua, convertint l'evaporació amb una altra pèrdua dels recursos hídrics. Malgrat l'evaporació sigui una altra pèrdua, no es poden dur a terme actuacions al respecte.

Es consideren les pèrdues de vessaments involuntaris, aquelles que són el resultat d'una mala regulació en la gestió del canal. El fet que la gestió al canal sigui simplement l'obertura de les comportes sense cap ordenament ni sistematització el càlcul d'aquestes pèrdues és pràcticament impossible.

4.4.6 Cabals de disseny

La demanda hídrica expressa la quantitat d'aigua necessària per satisfer les necessitats bàsiques, en aquest cas de Corral Quemado. Per tant, aquesta quantitat correspon al cabal mig que hauria de circular pel canal.

Si bé, però pel disseny d'infraestructures es considera un cabal de disseny, el qual es coneix com a un cabal continu necessari per satisfer les demandes diàries, afectat per un factor punta per contrarestar als usos simultanis, pèrdues per infiltracions i evaporacions (Balairón, 2000).

Pel canal de Corral Quemado s'ha calculat aquest cabal de disseny (veure annex A) per cadascun dels *parajes*, els quals es poden veure a la taula 20.

Taula 20: Cabals de disseny (m^3/s) dels *parajes* de Corral Quemado, segons la demanda hídrica diària estimada pel 2018.

<i>paraje</i>	<i>Demanda hídrica diària (m^3/s)</i>	<i>Cabal de disseny (m^3/s)</i>
Corral	0.006	0.15

Pato Pozo	0.003	0.10
San Benito	0.002	0.08
Vinal Pozo	0.001	0.05
Puesto Bajo	0.0006	0.03
Puesto del Medio	0.001	0.05
Simbolar	0.001	0.05
Total	0.016	0.50

4.5 Qualitat de l'aigua

A l'aigua s'hi troben diferents elements barrejats. Alguns poden ser beneficiaris, però d'altres poden ser perjudicials. Si la concentració dels elements perjudicials és elevada, sobrepassa els rangs establerts, es considera que l'aigua està contaminada.

Els elements que es poden trobar barrejats a l'aigua es classifiquen en:

- físics: sòlids, els quals modifiquen el color, l'olor, el gust i la turbulència.
- biològics: bacteries i paràsits.
- químics: sals i metalls pesats.

Els anàlisis corresponents a cadascun d'aquests elements depèn dels paràmetres que es vulguin analitzar. La figura 32 es mostra esquemàticament aquests anàlisis.

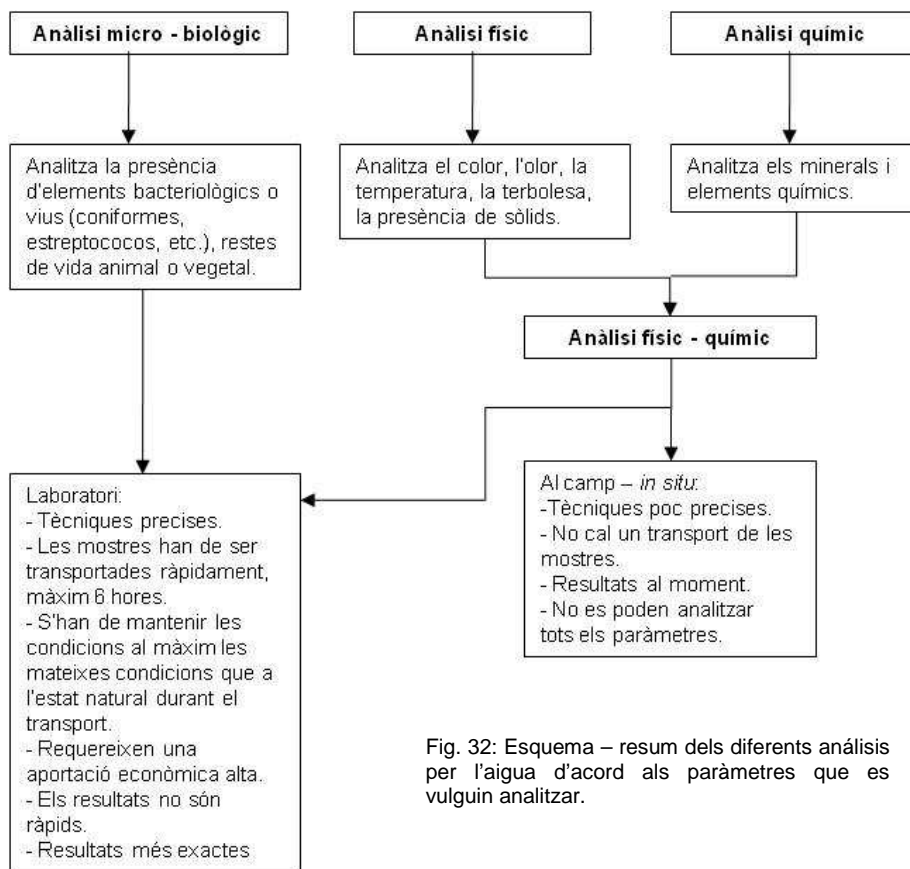


Fig. 32: Esquema – resum dels diferents anàlisis per l'aigua d'acord als paràmetres que es vulguin analitzar.

4.5.1 Paràmetres analitzats

S'han analitzat diferents paràmetres:

- pH: indica l'acidesa de l'aigua.
- Conductivitat: permet determinar si l'aigua conté sals o no, les quals poden tenir en alguns casos un gust salat.
- Clorurs (Cl): són un cas concret de sals.
- Sulfats (SO_4^{2-}): són un altre tipus de sals, que en el seu excés dóna a l'aigua mala olor.
- Nitrits (NO_2^-) / Nitrats (NO_3^-): contaminants d'origen humà, típics de l'efecte d'infiltració d'orins i residus fecals d'animals o agroquímics.
- Arsènic (As): és un metall pesat que es pot trobar a l'aigua, com a resultat del pas d'aquesta per capes amb altes concentracions. A Argentina hi ha zones amb alts continguts d'As a causa de les erupcions volcàniques dels Andes.

Els rangs que estableixen per saber si la concentració d'elements a l'aigua és adequada no són fixos ni universals, si bé però existeixen rangs com el de l'Organització Mundial de la Salut (OMS) per l'aigua potable, veure taula 21.

Taula 21: Límits permesos segons la OMS dels paràmetres analitzats en l'aigua.

<i>Element / paràmetre</i>	<i>Unitats de mesura</i>	<i>Límit establert per l'OMS</i>	<i>Màxim acceptable pel consum humà no continuat.</i>
Conductivitat	μS	2500	3700
pH	-	5 – 9.5	4 – 10
Clorurs (Cl)	mg/l	350	600
Sulfats (SO_4)	mg/l	400	600
Nitrits (NO_2^-) / nitrats (NO_3^-)	mg/l	10	20
Arsènic (As)	mg/l	0.05	0.2

Els anàlisis d'aigua que es realitzaren a la comunitat de Corral Quemado es van dur a terme en el taller d' "Anàlisi i qualitat de l'aigua" que es realitzar a la central de Las Lomitas, conjuntament amb altres comunitats de la zona. Aquest taller forma part del projecte "Análisis de la calidad del agua en las fuentes de abastecimiento de las comunidades."

Els anàlisis que s'han realitzat han estat de paràmetres químics mitjançant mètodes colorimètrics amb tires i pH-metre, tal com es pot veure a la figura 33.



Fig. 33: Imatge del moment del taller d'anàlisi d'aigua a la central de Las Lomitas.

A la taula 22 es presenten els resultats obtinguts en els anàlisis que es van dur a terme a alguns punts de la comunitat de Corral Quemado.

Taula 22: Resultats dels anàlisis realitzats a l'aigua a l'octubre de 2008.

Paraje	lloc	pH	conductivitat	sulfats	clorurs	nitrits	nitrats	Arsènic
Puesto Bajo	Represa Vieja	7,1	325	<200	0	0	0	0
Puesto Bajo	Represa Nueva	6,8	175	<200	0	0	0	0
Puesto Bajo	Aljub	7,8	420	<200	0	0	0	0
Corral	Represa pública	7,1	380	<200	0	0	0	0
Corral	Aljub	7,5	160	<200	0	0	0	0
Corral	Rio Salado	6,9	400	<200	0	0	0	0
Corral	Pou	7,8	1250	>1200	250	0	0	0.05
Simbolar	Represa	8,9	310	<200	0	0	0	0
Pato Pozo	Represa	7,1	230	<200	0	0	0	0
San Benito	Represa pública (nova)	8,1	360	<200	0	0	0	0

Comparant els resultats obtinguts amb els límits de qualitat d'aigua segons l'OMS, tant sols el pou presenta els límits de conductivitat, clorurs, sulfats i arsènic per sobre els límits màxims pel consum humà.

L'aigua que s'obté del pou té un gust salat (anàlisi físic), aquest fet és a causa de les altes concentracions de sals. El pou es troba a una profunditat de 70m on es considera que hi ha l'aqüífer superior. A partir de la transmissió oral de la informació es coneix que per altres anàlisis realitzats anteriorment a la província de Santiago del Estero aquest aquífer està contaminat per sals.

Juntament amb aquests anàlisis es realitzaran altres anàlisis de pous i fonts zona pertanyents a la central de Las Lomitas. Els resultats obtinguts per aquests també mostren concentracions altes d'arsènic.

L'aigua que es troba a les repeses prové de la pluja o del canal de Corral Quemado. El recorregut d'aquesta aigua és superficial, de manera que sense una contaminació exterior, per exemple per abocaments, no podrà estar contaminada de sals i arsènic de les capes interiors.

Contràriament, l'aigua de les repeses és susceptible a tenir altes concentracions de microorganismes i/o sòlids en suspensió. Per tal de saber-ne les concentracions caldrien anàlisis micro-biològics i de sòlids en suspensió, els quals no s'han pogut dur a terme. En el cas de les repeses de Puesto Bajo, San Benito (comunitària) i Simbolar, les quals s'omplen bàsicament per aigua de pluja, tenien una capa d'algues superior a causa de l'eutrofització de l'aigua per l'excés de matèria orgànica. Les repeses de Simbolar i Pato Pozo l'aspecte que presentaven era d'una aigua de color marró a causa dels sediments en suspensió aportats pel Canal Virgen de Huchana en el cas de Simbolar, i dels animals en el cas de Pato Pozo. A Corral i a San Benito les repeses s'omplen bàsicament per aigua del canal, on aquesta abans d'entrar a la represa passa per un tram de blocs de pedra i formigó per tal de retenir els sediments, de manera que en el seu aspecte no es podien apreciar quantitats altes de sediments en suspensió.

Al Rio Salado l'aigua està en constant moviment. El color de l'aigua del riu és marró pels sediments en suspensió, a causa de l'erosió agressiva del terreny.

Als aljubs l'aigua que s'emmagatzema prové de la pluja, la qual simplement ha fet el recorregut pels sistemes de recollida d'aigua. El color de l'aigua en aquests casos és transparent.

Com a observació final de l'aspecte dels recursos hídrics de la comunitat, l'aigua circulant pel canal presentava un color marró, a causa de l'erosió del terreny i el conseqüent transport de les partícules del mateix.

4.6 Gestió dels recursos

El mètode de distribució/gestió actual dels recursos hídrics a la comunitat i, especialment, del canal de Corral Quemado és l'únic coneixement que es té de la gestió dels recursos. Per la part bibliogràfica no s'han trobat documents que aportin informació de la gestió tant actual com anterior. A través de la transmissió oral de la informació es coneix que la gestió actual ha estat la mateixa al llarg de la vida del canal.

L'aigua circulant pel canal no és constant al llarg de l'any; sinó que es dona en tres possibles circumstàncies:

1. El canal Virgen de Huachana és susceptible a desbordaments.
2. Els habitants demanen aigua al *comisonado* per omplir les repeses públiques.
3. Qualsevol persona obra la comporta, ja que no està restringit el pas ni controlat.

A partir de les dades de camp, es coneix que el canal funciona amb aigua durant els mesos de primavera i estiu, mentre que els mesos d'octubre i hivern no. Durant el primer mes de primavera (setembre) l'aigua circulant pel canal és esporàdic en alguns dies.

Un cop l'aigua circula pel canal, són els mateixos veïns qui obren la comporta per omplir la repesa pública de San Benito; així com també l'obertura de tomes lliures als marges del canal per tal de regar i omplir les repeses. En alguns casos es talla el canal amb rames i sacs de sorra per tal d'augmentar el cabal cap als regs i repeses. Aquestes accions es fan sense cap criteri de gestió i planificació, amb conseqüències aigües avall on l'aigua no arriba. Aquest fet provoca que si es tanca la comporta de l'origen no arribi l'aigua fins al final del canal (represa pública de Corral) fins a una altra obertura de les comportes, provocant problemes de subministrament (problemàtica en la gestió).

5 Remodelació del canal, alternatives

“Algunos piensan que hay un módulo tecnológico universalmente eficaz y tratan de imponerlo con la única solución para todos los casos.”

MNCI – ISF

5.1 Plantejament d'alternatives

Un dels objectius que es busca en aquesta tesina és la proposta d'una millora del canal de Corral Quemado, ja que aquest és la via principal per on s'aconsegueix l'aigua a la comunitat. Per aquest motiu, el plantejament d'alternatives es centra amb la remodelació i adequació del canal a les necessitats existents.

Amb el pas del temps els canals es deterioren, es veuen afectats per diferents factors com la vegetació, la sedimentació de les partícules en suspensió que transporta l'aigua, etc. Cal doncs, conservar-los en bon estat, anticipar-se amb el manteniment a possibles problemes i/o deficiències, o fins i tot modernitzar-los a les necessitats actuals i/o futures.

Al canal de Corral Quemado des que fou construït les actuacions de manteniment que s'han dut a terme han estat l'extracció de la vegetació en moments puntuals i locals, així com la reconstrucció dels marges quan aquests han estat destruïts, erosionats o fets malbé. Davant aquestes mancances, així com la regulació desigual del cabal, la comunitat es planteja buscar possibles solucions, per tal de maximitzar el benefici del canal, infraestructura principal d'aportació d'aigua.

Existeix més d'una solució i/o tècnica aplicable a un mateix problema, però no totes elles es poden aplicar igualment a tots els indrets. En realitats semblants, a les zones rurals d'Argentina s'han realitzat altres estudis (Plumed, 2003; Arumí, 2008); pel context de la comunitat de Corral Quemado es plantegen diferents alternatives per la remodelació del canal:

1. Perfilat del canal actual
2. Revestiment amb formigó
3. Revestiment amb maons
4. Revestiment amb sòl – ciment.

Les alternatives plantejades es basen bàsicament en dues accions diferents. Per una banda hi ha l'acció directa sobre el canal donant-li una secció eficient sobre el mateix canal de terra, i de l'altra el revestiment del canal.

Amb la reparació de les deficiències i el perfilat del canal es millorarà el rendiment del canal, evitant la pèrdua d'aigua a causa del mal estat de la infraestructura. Mentre que els revestiments permetran també millorar la qualitat de l'aigua.

Els beneficis que s'obtenen del revestiment de canals de terra van, segons la FAO (1993a), des de la conservació de l'aigua, que permet reduir la quantitat de sediments en suspensió i donar-li un millor aspecte; reduir les infiltracions; reduir-ne el manteniment, és menys susceptible al creixement de vegetació; i reduir les dimensions del canal. Contràriament a aquests beneficis,

els revestiments tenen costos econòmics elevats en funció del preu local del material i la mà d'obra.

Les alternatives de revestiment del canal plantejades utilitzen materials com el formigó, els maons o una barreja de sòl - ciment. No obstant això, també s'utilitzen altres tipus de materials en el revestiment de canals. A continuació, s'enumeren breument alguns d'aquests materials i els criteris que els han desestimat per ser aplicats a la zona d'estudi (Chow, 1959; FAO, 1993a, 1993b, Liria, 2001):

- *Paret seca*: s'utilitza poc. És un mètode car, ja que requereix molta mà d'obra i gran volum de fàbrica. Sovint es troben en trams de toma directa d'aigua del riu i en petits canals defugint de la recerca d'altres materials; un exemple és un petit canal a Mendoza (Argentina). La distància amb zones de fàcil obtenció de blocs de pedra és un criteri per desestimar aquesta alternativa.
- *Membranes de plàstic i/o les teles asfàltiques*: per la seva utilització són enterrades per terra o graves per protegir-les de l'erosió per la velocitat de l'aigua. S'aconsegueix una bona impermeabilització, però per contra es troba amb el creixement de la vegetació que pot perforar-les, o el pas dels animals per sobre el canal. L'exposició prolongada a altes radiacions solars (s'aconsegueixen temperatures de fins a 48°C) pot produir la desintegració del plàstic. Aquests inconvenients han servit de criteri per no tenir en compte aquesta alternativa.
- *Terra millorada o argila compactada*: aquest tipus de revestiment es forma barrejant el terreny natural amb altres tipus de millor característiques com l'argila. Segueix sent un canal de terra, però amb la compactació dels materials que el formen. En aquest cas, aquest revestiment s'ha descartat ja que el canal continua essent de terra i no aporta millores en la qualitat de l'aigua, essent una alternativa semblant a donar un perfilat de secció eficient al canal.

Les alternatives que es plantegen en aquest estudi recauen directament sobre el Canal de Corral Quemado, canal d'estudi. Però, el canal no obté l'aigua directament del Rio Salado, sinó que abans passa per un sistema de canals: Canal de Dios i Canal Virgen de Huachana. Aquests dos canals sense revestir, amb seccions poc definides en alguns trams, amb deficiències estructurals a alguns marges i amb poc manteniment, contribueixen a disminuir el rendiment del Canal de Corral Quemado. Per aquest motiu, independentment de l'alternativa que s'esculli pel canal hi ha altres actuacions a dur a terme sobre aquests canals.

- Manteniment de la toma d'aigua del Canal de Dios sobre el Rio Salado.
- Construcció de desarenadors als començaments del canal, així com en el mateix recorregut d'aquests, per tal de reduir la quantitat de sediments en suspensió transportats per l'aigua.
- Revestiment dels Canals de Dios (està en projecte per la *Administración Provincial de Recursos Hídricos de Santiago del Estero*) i del Canal Virgen de Huachana, obtenint així els beneficis comentats anteriorment.
-

5.1.1 Hipòtesis – Consideracions prèvies

Cada alternativa és independent de l'altre, però per plantejar-les s'han considerat una sèrie d'hipòtesis iguals per totes.

- a) La traça actual del canal no serà modificada, la qual té una longitud de 7.7km.

- b) Hi ha tres trams del canal actualment revestits per formigó i blocs de pedres (toma del canal, derivació a San Benito i extrem final del canal a Corral).
- c) El canal dibuixa una traça, generalment, rectilínia. Exceptuant dos girs moderats: el primer entre els PK 0+301 i PK 0+363, i el segon entre PK 7+080 i PK 7+112.
- d) S'ha considerat un canal de secció prismàtica, constant al llarg de tot el canal. D'aquesta manera les seccions que s'han definit pel perfilat i els revestiments són constants.
- e) El pendent (i) mitjà del canal obtingut pel model digital del terreny de la zona és $i=0.0062$.
- f) Cabal constant donat per de la demanda hídrica, $Q=0.50\text{m}^3/\text{s}$.
- g) Les seccions calculades a cada alternativa, es consideren seccions eficients d'acord amb els cabals màxims de disseny.
- h) Actualment, al marge dret del canal (mirant aigües avall) hi ha un camí de pas, amb intensa vegetació que dificulta el pas de vehicles de quatre rodes. A l'altra banda, el marge esquerre, la vegetació arriba pràcticament dins el mateix canal. Considerant que els laterals del canal són zones necessàries pel manteniment del mateix, zones d'accés al canal; cal netejar aquests marges de la vegetació existent. Es farà un esbardissat d' 1,5m al marge dret i d'1m al marge esquerra, tots dos amb una longitud de 7.7km. Suma una quantitat de 2ha.
- i) El sòl excavat serà transportat a un espai habilitat com a abocador. Aquest abocador de sòl es pot crear als paleocanals deixats pel Rio Salado, ubicats a 1km del canal. El pes específic del sòl a transportar és de $2\text{tn}/\text{m}^3$.

A més d'aquestes hipòtesis de caràcter més tècnic hi ha altres consideracions a tenir en compte, com per exemple la viabilitat econòmica i de construcció. Una alternativa és factible i viable quan és fàcilment construïble i els seus costos econòmics són baixos. Per tal de reduir els aspectes econòmics a les alternatives es poden aplicar algunes d'aquestes opcions:

- a) De manera que siguin els mateixos beneficiaris del canal qui treballin rebent un salari pel treball a través dels plans que atorguen els governs nacionals, provincials i/o intendències. Com per exemple el *Programa de Empleo Comunitario (PEC)* (www.trabajo.gob.ar).
- b) Que els beneficiaris de les millores realitzades a la infraestructura col·laborin pagant part del cost, que en realitat hauria d'assumir la delegació de recursos hídrics corresponent al departament Copo.

5.2 Alternativa 1: perfilat del canal actual

El canal en el seu estat actual presenta deficiències en la seva estructura, en particular vers la seva secció: marges i profunditat. Aquesta alternativa es basa en donar al canal una secció òptima que permeti transportar el cabal necessari segons la demanda hídrica. Així doncs, l'acció bàsica per aquesta alternativa és perfilar la secció òptima sobre l'actual traça del canal, a partir de l'excavació de la secció des de la profunditat actual a la profunditat de la secció òptima i reomplir amb terraplens la secció actual per obtenir l'ample adequat.

S'ha considerat una secció trapezoïdal. Aquesta forma de secció són les més comunes en canals sense revestir, ja que proporcionen estabilitat a les parets del canal (Chow, 1959). La figura 34 exemplifica les dimensions de la secció utilitzada, les quals s'han obtingut considerant un canal prismàtic i en règim uniforme.

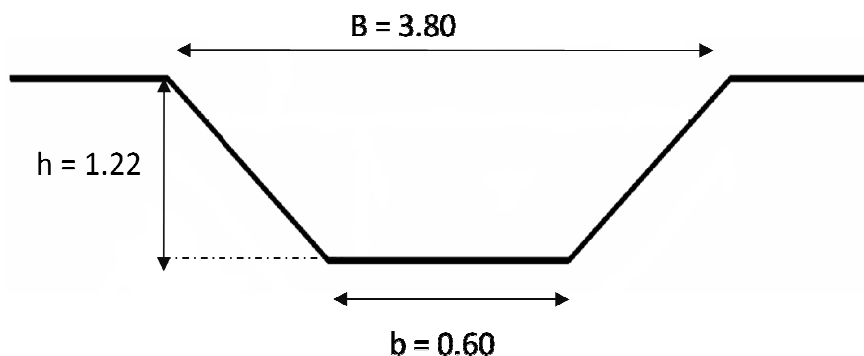


Fig.34. Secció eficient definida pel canal de terra, sense revestir.

Per aquesta alternativa es conservaran íntegrament els trams de les seccions revestides, d'aquesta manera la longitud de la traça del canal on actuar serà de 7646m.

Les accions bàsiques d'aquesta alternativa són esbardissar, excavar la secció a la traça del canal i donar-hi el perfilat al calaix del canal, accions incloses en el pressupost de la taula 23.

Taula 23: Pressupost a estima de l'alternativa 1.

IT	Obra	Descripció	unitat	preu/unitat	quantitat	total (\$)	total (€)
1	esbardissar	neteja de la vegetació de marges i llera del canal, del terreny. Creació dels camins de servei laterals.	ha	414	2	828	151.18
2	excavació	excavació a la profunditat adequada del canal	m3	2.8	12661.7	35452.76	6473.14
3	perfilat	perfilat de la secció del canal	m2	1.27	30757.5	39062.025	7132.14
4	transport	transport de sòls per distàncies superiors a 500m	tn·km	0.08	11514.8	4605.92	840.97

1€=5.4769arg\$

total	79 948.705	14 597.44
-------	------------	-----------

L'alternativa no planteja cap revestiment de la secció, de manera que el resultat serà un canal excavat sobre el mateix terreny. L'actuació aporta solucions a les deficiències estructurals de la infraestructura, reduint la pèrdua d'aigua per desbordament o trencament dels marges; no obstant això, les pèrdues per infiltració en el terreny no es reduiran.

Per dur a terme aquesta alternativa tant sols es requereix de l'excavació i reompliment de la secció. No necessita material, ja que el reompliment es planteja a partir del mateix sòl excavat. L'excavació es pot dur a terme a través de maquinària adequada, tal com s'utilitza per excavar algunes repeses, o de mà d'obra disposada. Per tant, és una alternativa viable tècnica i lògicament.

Donat que les actuacions d'aquesta alternativa no requereixen de material, el pressupost d'aquesta alternativa no és elevat.

Socialment, aquesta alternativa aporta solucions a la població, podent utilitzar més quantitat d'aigua, ja que no es perdrà en les deficiències del canal. Malgrat, l'aigua seguirà transportant sediments en suspensió, provinents del mateix origen com erosionats en recorregut del mateix canal.

5.3 Alternativa 2: revestiment amb formigó

La següent alternativa planteja revestir el canal amb formigó, entès com una barreja de grava, sorra, ciment i aigua. Hi ha diferents maneres d'aplicar el formigó en el revestiment, des d'una aplicació directe del formigó sobre la secció excavada al terreny fins a la col·locació de plaques de formigó amb la secció definida. No obstant això, el revestiment més utilitzat al món és el formigó en massa executat *in situ* (Liria, 2001). L'alternativa plantejada es basa en l'aplicació d'un revestiment de formigó, d'una espessor de 10cm (0.1m), en massa directament sobre la secció òptima excavada sobre el terreny.

Una de les característiques que té el formigó és la baixa permeabilitat que permet reduir les pèrdues per infiltracions. Per contra, un dels inconvenients que presenta és la baixa resistència a la tracció, de manera que es poden produir fissures superficials de retracció durant el procés d'enduriment, deformacions del terreny o pel gradient tèrmic (dilatacions i contraccions). Aquest inconvenient fa necessari deixar, durant l'aplicació *in situ* del formigó, juntes de dilatació i contracció. Aquestes juntes són punts localitzats on es poden produir infiltracions.

Amb el formigó, però, s'aconsegueix que la superfície del canal sigui menys rugosa, uniforme i resistència a l'erosió de l'aigua. Com a conseqüència la velocitat és més alta i la secció òptima més petita. Les característiques per aquesta alternativa es mostren a la figura 35.

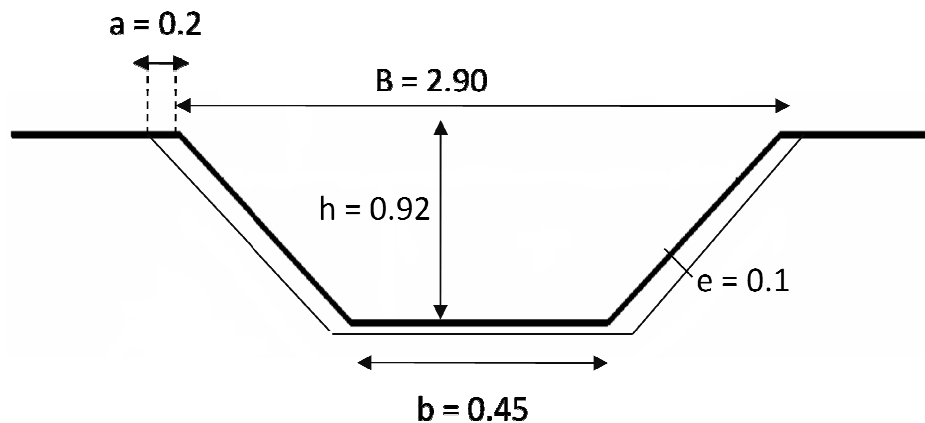


Fig. 35. Secció òptima definida pel canal revestit de formigó.

Per aquesta alternativa s'eliminen els trams revestits per blocs de pedra, d'aquesta manera el canal serà tot d'un mateix material, formigó. La longitud de la traça del canal on actuar és de 7660m. A partir d'aquesta longitud i de la secció definida el pressupost estimat per aquesta alternativa 2 es mostra a la taula 24.

Taula 24: Pressupost a estima de l'alternativa 2, canal revestit de formigó.

IT	Obra	Descripció	unitat	preu/ unitat	quantitat	total (\$)	total (€)
1	desbrossar	neteja de la vegetació de marges i llera del canal, del terreny. Creació dels camins de servei laterals.	ha	414	2.3	952.2	173.86
2	excavació	excavació per obtenir la profunditat de la secció i revestiment de la mateixa	m3	2.8	5293	14820.4	2705.98
3	perfilat	perfilat de la secció del canal	m2	1.27	26503.6	33659.572	6145.73
4	transport	transport de sòls per distàncies superiors a 500m	tn·km	0.08	3914.2	1565.68	285.87
5	revestiment	revestiment formigó	m3	380.3	2995	5694992.5	1039820.43

1€=5.4769arg\$

total	5 745 990.35	1 049 131.87
-------	--------------	--------------

L'estat actual del canal ja té alguns trams amb seccions revestides per formigó, així com també alguns trams del Canal Virgen de Huachana i el Canal de Dios, el qual s'està projectant la possibilitat de revestir-lo. Aquests exemples són una base més per determinar que aquesta alternativa tècnicament pot ser viable. Només les canteres d'obtenció d'àrids poden ser un inconvenient, augmentant una mica el cost.

Aquesta alternativa permet reparar les deficiències estructurals i reduir les pèrdues per infiltració, obtenint així un major rendiment del canal. D'altra banda, el revestiment de formigó també redueix l'erosió del terreny i el transport de sediments en suspensió, guanyant en qualitat d'aigua. Així doncs, aquesta alternativa millora socialment, en part, la problemàtica existent.

Econòmicament, cal tenir en compte el cost que comporta el revestiment de formigó: el propi material, el transport, l'encofrat, la col·locació, etc.

5.4 Alternativa 3: revestiment amb maons

Un altre dels materials utilitzats en el revestiment són els maons. L'alternativa 3 planteja un revestiment de formigó a base de maons. Generalment, aquest tipus de revestiment és utilitzat en canals de mides petites, com per exemple un petit canal de reg a Mendoza (Argentina) o el sistema de reg a la zona del Rourell (Catalunya), el qual es pot veure a la figura 36.



Fig.36. Canal revestit de maons a la població del Rourell, província de Tarragona (Catalunya).

La secció òptima que es defineix per aquesta alternativa té el mateix ample de boca que la secció tipus, igual a 3m. Les dimensions es mostren a l'esquema de la figura 37.

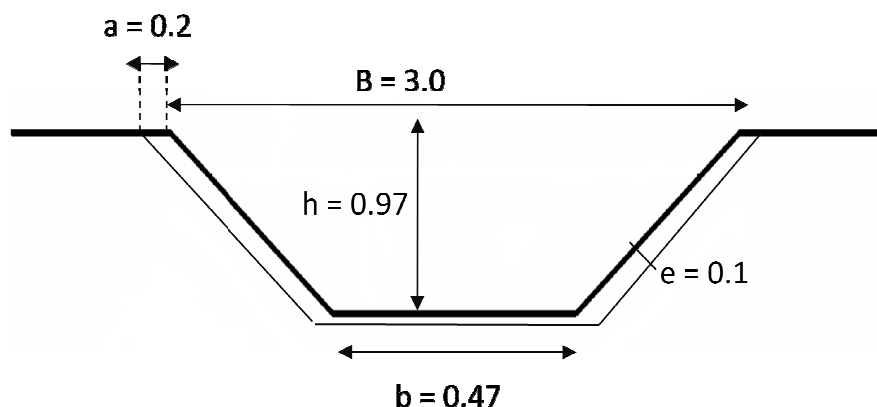


Fig.37. Secció òptima definida pel canal revestit de maons

El tram de blocs de pedres s'ha eliminat per aquesta alternativa, de manera que la longitud de la traça del canal on actuar és de 7660m.

Els maons s'uneixen entre ells amb morter de ciment, i sovint es recolzen sobre una capa de ciment sobre la secció excavada al terreny. Aquesta capa permet una millor col·locació i impermeabilització. Per aquesta alternativa s'ha considerat que els maons es recolzen sobre una capa de ciment de 4cm (0.04m) d'espessor. Els maons considerats tenen unes mides de 0.1x0.2x0.06m, amb un espai entre maons reomplert per ciment de 0.1m. Aquesta disposició considera 43 maons per metre quadrat.

D'acord al nombre de maons que es disposen per metre quadrat i la quantitat de ciment necessària el pressupost de l'alternativa varia. Amb les dimensions dels maons considerades el pressupost s'exposa a la taula 25.

Taula 25: Pressupost a estima per l'alternativa que proposa revestir el canal amb maons.

IT	Obra	Descripció	unitat	preu/unitat	quantitat	total (\$)	total (€)
1	desbrossar	neteja de la vegetació de marges i llera del canal, del terreny. Creació dels camins de servei laterals.	ha	414	2.2	910.8	166.30
2	excavació	excavació a la profunditat adequada del canal	m3	2.8	9402.3	26326.44	4806.81
3	perfilat	perfilat de la secció del canal	m2	1.27	21907.6	27822.652	5080.00
4	transport	transport de sòls per distàncies superiors a 500m	tn·km	0.08	8483.08	3393.232	619.55
5	revestiment	a) revestiment maons	unitat	0.45	1096835	2467878.75	450597.74
		b)revestiment ciment	m3	49	44893.7	10998956.5	2008244.90

1€=5.4769arg\$

total	13 525 288.4	2 469 515.31
-------	--------------	--------------

A diferència del formigó no s'han de deixar juntes de dilatació ni de contracció; les unions entre maons ja responen a aquesta necessitat. Per altra banda, les unions incrementen possibles espais d'infiltracions, reduint així la capacitat d'impermeabilització.

Tècnicament aquesta alternativa només requereix dels maons, els quals poden ser construïts pels mateixos beneficiaris o proporcionats pel *comisionado*; a banda, el morter de ciment s'aconsegueix de la barreja amb l'aigua.

L'alternativa soluciona el problema de les deficiències i mal estat del canal, i, lleugerament, redueix les pèrdues per infiltració. Per tant, aquesta solució plantejada respon a les necessitats de la població, a la manca d'aigua i millor rendiment del canal. És doncs, socialment, viable.

5.5 Alternativa 4: revestiment amb sòl – ciment

L'acció més plantejada en les alternatives ha estat el revestiment. Aquesta alternativa encara planteja un altre tipus de material a utilitzar pel revestiment del canal: el sòl – ciment. Aquest consisteix en barrejar una certa quantitat de sòl, ciment i aigua obtenint, així, un material amb característiques semblants al formigó, però sense àrids grossos. La mescla del ciment i sòl produeix dos efectes: augmentar la quantitat de fins millorant la impermeabilitat, i, augmentar la resistència a l'erosió a partir de la cohesió que s'assoleix entre els grans de fins, durant l'enduriment del ciment

La barreja de sòl vers el ciment proposada és de 60/40, en tant per cent. Segons l'espessor del revestiment les possibilitats de fissures augmenten o disminueixen. Donada l'activitat que es desenvolupa entorn al canal, l'espessor del revestiment serà de 0.2m.

La secció òptima definida per aquesta alternativa es mostra a la figura 38. Aquesta es desenvoluparà al llarg de tota la traça del canal, exceptuant aquells trams que actualment són d'obra revestits de formigó, per tant la traça del canal on actuar serà de 7660m.

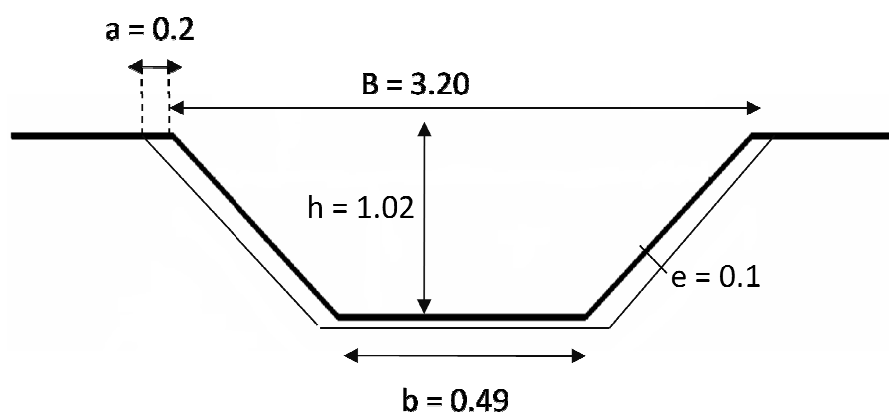


Fig.38. Secció òptima definida pel canal revestit de sòl – ciment.

Aquesta alternativa requereix de tres matèries primes: sòl, ciment i aigua. Pel sòl necessari es pot utilitzar del mateix terreny excavat per obtenir la secció òptima. Certament, segons el tipus de sòl s'obtenen uns resultats o altres d'impermeabilització. D'altra banda, la maquinària necessària pel revestiment és semblant a la maquinària utilitzada pel formigó. La barreja de sòl ciment es pot fer amb una maquinària especial, o amb les màquines convencionals d'obra pública reduint-ne lleugerament les propietats. No obstant això, aquesta alternativa es considera tècnicament viable.

El fet que aquest tipus de material redueixi les infiltracions i l'alternativa es planteja amb una secció òptima, solucionant les mancances estructurals de l'estat actual del canal, dona a aquesta alternativa una viabilitat social.

El preu del ciment no és elevat, molt més baix que el preu del formigó, la utilització del mateix sòl de la zona, i per tant, un no transport d'aquesta matèria prima, redueixen el valor del pressupost, convertint-la d'aquesta manera amb una alternativa econòmicament viable. Tal com es mostra al pressupost a estima de la taula 28.

Taula 28: Pressupost a estima per un revestiment de sòl – ciment del canal, alternativa 4.

IT	Obra	Descripció	unitat	preu/unitat	quantitat	total (\$)	total (€)
1	desbrossar	neteja de la vegetació de marges i llera del canal, del terreny. Creació dels camins de servei laterals.	ha	414	2.3	952.2	173.86
2	excavació	excavació a la profunditat adequada del canal	m3	2.8	14323.4	40105.52	7322.67
3	perfilat	perfilat de la secció del canal	m2	1.27	29108	36967.16	6749.65
4	transport	transport de sòls per distàncies superiors a 500m	tn·km	0.08	10380.1	4152.04	758.10
5	revestiment	revestiment de sòl-ciment. Quantitat de ciment necessari en proporció de 60/40.	m3	49	2628.91	644082.95	117599.91

1€=5.4769arg\$

total	726 259.87	132 604.19
-------	------------	------------

5.6 Proposta de remodelació del canal: justificació

Les alternatives plantejades en aquest capítol vol donar una solució a la infraestructura del canal de Corral Quemado per tal d'optimitzar-ne el màxim el rendiment i millorar la qualitat d'aigua.

L'alternativa 1, perfilat del canal, es diferencia de la resta per ser la única alternativa que no planteja cap revestiment del canal, simplement aporta una secció òptima al canal. És l'alternativa tècnicament més senzilla i econòmicament més barata. Permet solucionar la problemàtica estructural que presenta el canal, però les pèrdues per infiltracions no aconseguen augmentar-ne del tot el rendiment. Un altre inconvenient que té l'alternativa és la baixa resistència a l'erosió del terreny, i per tant l'augment de sediments en. En conseqüència l'aigua seguirà presentant un aspecte de color marró sense millorar-ne la qualitat. L'eliminació dels sediments ha de ser a la font del recurs, però tot i així, les alternatives amb revestiment poden millorar lleugerament la qualitat, i per tant l'aspecte. D'aquesta manera, doncs, aquesta alternativa no assoleix del tot les expectatives socials i es descarta.

Les alternatives 2, 3 i 4 es basen en un revestiment del canal en secció òptima, però amb diferents materials. Totes tres alternatives solucionen les deficiències estructurals i milloren vers les pèrdues per infiltracions, en diferent nivell segons el material. D'altra banda, el

revestiment aplicat, en tots tres casos, permet augmentar el rendiment del canal i millorar la qualitat de l'aigua; així, doncs, totes tres alternatives responen a la problemàtica socialment. Però les diferències tècniques i econòmiques entre elles permeten donar criteris per determinar quina de les tres alternatives es pot ajustar més.

El revestiment de maons, alternativa 3, té un pressupost elevat. És l'alternativa menys viable econòmicament, essent un criteri per descartar-la. A més cal sumar-hi, les juntes entre maons que no impermeabilitzen del tot el canal, deixant espais per possibles infiltracions. Així doncs, aquesta alternativa 3 es desestima.

Finalment, la discussió entre dues possibles alternatives recau en el revestiment de dos materials com són el formigó i el sòl – ciment, que tal com s'ha comentat són semblants. La diferència principal recau en el valor econòmic: el formigó és molt més car que el ciment, encarint així l'alternativa. Contràriament, hi ha les propietats d'impermeabilització i coneixement de l'ús del formigó en el revestiment de canals. Cal tenir en compte que el sòl – ciment és un material que necessita un control exhaustiu durant el seu procés d'aplicació per evitar possibles esquerdes, que les proporcions de ciment siguin les adequades, etc.

Certament, per tal d'aplicar l'alternativa de revestiment amb sòl – ciment, amb un pressupost per sota de la meitat del de formigó, caldria estudiar-ne i assajar-ne abans un tram, per veure si aquest tipus de revestiment amb el sòl de la zona d'estudi satisfà del tot les expectatives.

Així doncs, sense un estudi detallat que podria determinar la millor conveniència d'un revestiment o un altre, i tenint en compte que, a priori, el formigó és un material més car, però també més resistent a les accions d'animals, a l'erosió de l'aigua i amb més impermeabilitat, es considerarà l'alternativa 2, l'alternativa de revestir el canal amb formigó, com l'alternativa escollida per solucionar les problemàtiques existents vers la infraestructura.

La taula 29 és un quadre comparatiu segons els criteris de viabilitat social, tècnica, i econòmic de les alternatives plantejades, a partir dels quals s'ha discernit quina d'aquestes alternatives era la més viable.

Taula 29: Quadre comparatiu de les alternatives plantejades.

Alternativa	Material utilitzat	Criteri social	Criteri tècnic	Criteri econòmic
1	Terra	Baix	Baix	Mig
2	Formigó	Alt	Alt	Mig
3	Maons	Mig	Mig	Baix
4	Sòl - ciment	Mig	Mig	Alt

6 Distribució dels recursos hídrics, alternatives

“Com més es dóna, més es rep”

Anònim

6.1 Gestió de l'aigua

En el capítol anterior, s'han plantejat diferents alternatives per millorar la infraestructura del canal i obtenir d'aquesta manera més eficiència del canal, menys pèrdues de cabal, incrementar la qualitat de l'aigua, etc. En aquest capítol, es plantegen diferents alternatives per gestionar el cabal del canal, i obtenir-ne d'aquesta manera una repartició entre tots els usuaris de la comunitat per tal de satisfer la demanda hídrica.

És conegut que l'aigua és un recurs natural i escàs en el nostre planeta; d'aquí bé una nova cultura de l'aigua basada en l'estalvi. Entenent aquest estalvi d'aigua com una tècnica moderna que actua des del costat de la demanda i no de l'oferta (Balairón, 2000). Així doncs, les alternatives de distribució del cabal es plantegen en funció de la demanda hídrica.

Es plantegen tres alternatives. La primera alternativa (alternativa 1) es basa en una distribució del cabal proporcional a la demanda pels diferents *parajes*; la segona alternativa (alternativa 2) s'encara en distribuir el cabal segons uns torns temporals rotacionals en els diferents *parajes*. I l'alternativa 3 es planteja en aportar la quantitat d'aigua necessària segons la demanda puntual que es faci des de cada *paraje* o persona.

Aquestes alternatives són aplicables a la proposta de remodelació del canal escollida, revestiment del canal amb formigó, però també a totes les altres alternatives de remodelació exposades en el capítol 4. Certament, la gestió del canal i distribució de l'aigua no necessita d'una remodelació del canal, ara bé juntament amb la proposta de remodelació plantejada anteriorment s'aconseguirà una millor solució per satisfer la demanda hídrica.

D'altra banda, aquestes alternatives es plantegen per ser utilitzades en el conjunt de tota la comunitat. Ara bé, aquestes alternatives també es poden plantejar en el si d'un únic *paraje*, amb una gestió amb els mateixos criteris, però a menor escala.

Les alternatives tenen un caràcter totalment social, ja que es basen en solucionar un problema de repartiment de l'aigua, de distribució d'aquesta. Per una banda, aquesta distribució es pot aconseguir des d'una gestió política. Si bé, però en una zona allunyada dels focus polítics, amb poca implicació des de la política aquesta gestió es pot fer altament difícil. A més cal sumar-hi les ja existents desigualtats i afavoriments polítics a la zona, les quals poden donar a una distribució i/o gestió del canal desigual. D'altra banda, aquesta distribució de l'aigua es pot fer des d'una implicació social per part de tots els usuaris, des de la creació d'una comunitat d'usuaris, des del mateix moviment social (MoCaSE.VC) existent a la zona o des del consell de la comunitat, recentment creat.

Com a exemple en gestió de recursos hídrics, especialment pel reg, hi ha tota una comunitat de regants entorn al Rio Salado, a tant sols 10 quilòmetres de la comunitat de Corral Quemado. Aquesta comunitat de regants aconsegueixen l'aigua del riu la qual distribueixen per petits canals per anar cultivant alfals, moresc o productes d'hort. La figura 39 mostra d'un dels canals construït recentment de la comunitat de regants al *paraje* de l'Arroyo. També entorn al Canal de

Dios existeixen comunitats de regants, i censos de reg gestionats des de l'Administración Provincial de Recursos Hídricos de Santiago del Estero (Rasghi, 2008).



Fig.39: Canal de secció rectangular excavat a terra de la comunitat de regants del Rio Salado al *paraje* del Arroyo.

6.1.1 Hipòtesis

a) Demandes hídriques

Per les diferents alternatives de distribució i gestió del canal s'han tingut en compte les demandes hídriques de cada *paraje*. La taula 30 mostra aquestes demandes, en litres dia, segons els usos (domèstic, pecuari i agrícola).

Taula 30: Demandes hídriques (l/dia) segons els usos i parajes de la comunitat de Corral Qumeado.

<i>Paraje</i>	<i>ús domèstic</i>	<i>ús pecuari</i>	<i>ús agrícola</i>	<i>Total</i>
<i>Corral i escola</i>	12 330	31 091	493 151.4	536 572.4
<i>Pato Pozo</i>	6 000	14 312.5	2 73 973	294 285.5
<i>San Benito</i>	4 080	6 055	219 178.4	229 313.4
<i>Vinal Pozo</i>	2 040	6 254	109 589.2	117 883.2
<i>Puesto Bajo</i>	1 560	4 112.5	54 794.6	60 467.1
<i>Puesto del Medio</i>	1 320	3 970	109 589.2	114 879.2
<i>Simbolar</i>	1 680	3 904	82 191.9	87 775.9
<i>Total</i>	29 010	69 699	1 342 467.7	1 441 176.7

La proximitat entre els *parajes* de San Benito i Puesto del Medio, i entre Corral i Puesto Bajo sumat al fet que els *parajes* de Puesto del Medio i Puesto Bajo també s'abasteixen d'aigua de les repeses públiques de San Benito i Corral, respectivament; s'han considerat les demandes hídriques conjuntament per tal de fer la gestió del canal. A la taula 31 es mostren les demandes hídriques per San Benito i Puesto el Medio, i per Corral i Puesto Bajo.

Taula 31: Demandes hídriques (l/s) segons els usos i parajes de la comunitat de Corral Quemado.

<i>Paraje</i>	<i>ús domèstic</i>	<i>ús pecuari</i>	<i>ús agrícola</i>	<i>Total</i>
San Benito + Puesto el Medio	5 400	10 025	328 767.6	344 192.6
Corral + Puesto Bajo	13 890	35 203.5	547 946	597 039.5

b) Cabal

D'acord amb la demanda hídrica total amb una previsió de futur de 10 anys a la comunitat de Corral Quemado s'ha considerat un cabal d'entrada des del canal Virgen de Huachana de $0.50\text{m}^3/\text{s}$, d'acord a la demanda hídrica amb un pas constant i continu pel canal.

Les alternatives que es plantegen a continuació sorgeixen de les aportacions de la comunitat de Corral Quemado (2008), Codina (2008), Vilalta (2008) i Reverté (2007), FAO (1993b, 1993c).

6.2 Alternativa 1: distribució de cabal proporcional constant

La primera alternativa planteja una distribució del cabal d'aigua proporcional a la demanda hídrica. El cabal del canal serà repartit proporcionalment en diferents derivacions. La taula 32 mostra aquests cabals proporcionals per la distribució corresponents a cada *paraje* i/o grup de *parajes* segons la seva demanda hídrica,

Taula 32: Cabals migs per cada *paraje* i cabals de disseny proporcional per la distribució del recurs hídric del canal de Corral Quemado.

<i>paraje</i>	<i>Cabal mig (m^3/s)</i>	<i>Cabal de disseny proporcional (m^3/s)</i>
San Benito + Puesto del Medio	0.004	0.13
Pato Pozo + Simbolar	0.004	0.14
Vinal Pozo	0.001	0.05
Corral + Puesto Bajo	0.007	0.18
total	0.016	0.50

El cabal que es distribueixi per les diferents derivacions ho farà contínuament, és a dir dia i nit, amb una làmia d'aigua paral·lela a la solera y calat permanent. Aquest funcionament no comporta problemes de regulació de cabals per les diferents derivacions, donat que el cabal és constant. Aquest sistema és una de les formes més tradicionals de regular els canals (Liria, 2001).

El pas constant de cabal per les derivacions comporta tenir en bon estat i amb bon manteniment cadascuna d'aquestes. A més cal dimensionar aquestes derivacions en funció del cabal susceptible a transportar per tal d'evitar pèrdues, tant de vessaments com d'infiltracions. Donat que la superfície exposada amb aigua és més elevada amb aquest sistema s'incrementen les pèrdues per evaporació, amb les quals no hi ha solucions viables possibles.

L'alternativa 1 requereix d'estructures de divisió i/o repartiment del cabal, per tal de distribuir el cabal total del canal de Corral Quemado per les derivacions pertinents. Existeixen diferents

tipus d'estructures, des d'estructures amb una divisió fixada fins a estructures de divisió variable. Però d'acord amb la precisió requerida, el número de derivacions del mateix punt i de la topografia s'utilitza un tipus o un altre.

Les estructures de divisió fixada del canal, no permeten canviar el cabal malgrat variï el cabal del canal principal (canal de Corral Quemado) i/o de la demanda hídrica. Són estructures que es col·loquen a la llera del canal amb un orifici, de dimensions diferents en funció del cabal, que actua com entrada de la derivació. El cabal que pugui entrar per aquest orifici és el cabal proporcional corresponent a la derivació.

D'altra banda, les estructures amb una divisió variable permeten variar el cabal cap a les derivacions, en funció de la demanda o del cabal circulat. La figura 40 mostra un exemple d'estructura amb cabal variable (FAO, 1993c). És, també, a partir d'un orifici de l'estructura que el cabal es reparteix cap a les derivacions. A diferència de l'anterior és la possibilitat de variar les dimensions de l'orifici adaptant-lo a les necessitats donades.

El plantejament d'aquesta alternativa aporta una solució a la gestió del canal, de manera que s'obtenen uns valors de repartició del cabal proporcional a la demanda existent. Per tant, és una alternativa socialment viable.

D'altra banda, cal considerar que per aconseguir la repartició del cabal fa falta una construcció d'estructures adients. Les estructures de cabal fix no permeten canviar el cabal, mentre que les estructures de cabal variable es poden ajustar a la demanda o al cabal, per tant l'alternativa es planteja amb estructures de cabal variable. Certament, l'aplicació d'estructures de distribució de cabal variable condiona a tenir un control d'aquestes, així com del cabal circulat i de la demanda hídrica. A més, a la construcció d'estructures de distribució cal sumar-hi una inversió econòmica, augmentant el preu del pressupost inicial.

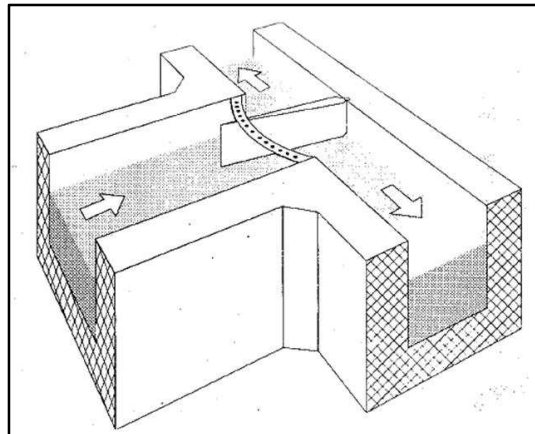


Fig.40: Esquema d'una estructura de derivació de cabal proporcional. Font: FAO, 1993c.

Un altre aspecte a tenir en compte és la part tècnica vers la construcció d'estructures de distribució. És a dir, la instal·lació d'aquestes estructures comporten un canvi en la secció del canal a la localització de cadascuna de les derivacions.

6.3 Alternativa 2: distribució rotacional mitjançant torns

L'objectiu principal per resoldre la problemàtica existent és obtenir una distribució de l'aigua equitativa, en aquesta alternativa es planteja distribuir l'aigua mitjançant torns. Aquest mètode és molt utilitzat en consorcis de regants, com és el cas de la Comunitat General de Regants del Canal de la Dreta de l'Ebre: l'aigua circula contínuament i es regula a l'entrada de cada camp mitjançant tomes (Reverté, 2007).

El temps necessari per abastir cada *paraje* s'obté proporcionalment a la demanda hídrica corresponent. D'aquesta manera, per aquells *parajes* amb major demanda el temps de toma lliure de l'aigua serà més, que en aquells *parajes* amb una demanda menor. Per obtenir la porció de temps necessària s'utilitzarà la següent relació:

$$(D_{\text{paraje}}/D_{\text{total}}) \times \text{període de temps} \quad (2)$$

on D_{paraje} és la demanda hídrica (l/dia) corresponent a al *paraje* d'estudi, D_{total} és la demanda hídrica (l/dia) de tota la comunitat de Corral Quemado. El període de temps es considera d'una setmana, per tant en aquest cas són 7 dies. Així doncs, els temps que s'obtenen per cada *paraje* es poden veure a la taula 33.

Taula 33: Temps proporcional de toma lliure d'aigua corresponent a cada *paraje*

<i>paraje</i>	<i>dies</i>
San Benito+Puesto el Medio	1.7
Corral+Puesto Bajo	2.9
Pato Pozo	1.4
Vinal Pozo	0.6
Simbolar	0.4
Total	7

Durant el temps proporcional cada *paraje* podrà fer ús del total d'aigua circulant pel canal, és a dir, del total del cabal. Per tant, aquesta alternativa no comporta una distribució del cabal per cada derivació, sinó que el cabal circularà pel canal i només durant el temps establert per cadascuna de les derivacions. Aquesta alternativa permet tallar la circulació aigües avall, per tal d'assolir la quantitat d'aigua corresponent.

Com a conseqüència de la distribució caldrà establir un mètode per controlar el pas de l'aigua per les respectives derivacions, el qual es pot aconseguir a partir d'estructures de regulació i/o distribució. Per altra banda, també cal establir una persona responsable de l'obertura i tancament dels passos d'aigua cap a les diferents derivacions, o bé una responsabilitat de cada *paraje* per fer aquesta tasca correctament. Si es considera aquesta segona opció aquesta alternativa requereix d'una implicació social.

La distribució dels torns són una solució a la gestió del canal, així doncs s'aconsegueix una resposta a la problemàtica existent, fent viable socialment aquesta alternativa. D'altra banda, però la necessitat de controlar el pas de l'aigua requereix una instal·lació d'estructures reguladores que econòmicament fan variar el pressupost de la gestió.

6.3.1 Estructures de regulació i/o distribució

Tal com s'ha comentat, aquesta alternativa requereix d'un mètode de control del pas de l'aigua. Al canal actualment hi ha dos mètodes utilitzats:

- comporta manual a la derivació a la represa pública de San Benito (PK 1+635), corresponent a la figura 41. Aquest tipus de comportes també es troba al PK 0+000 del canal, i a les altres derivacions del Canal Virgen de Hucahana.



Fig.41: Comporta manual a la derivació al canal de Corral Quemado al *paraje* de San Benito.

- branques i sacs de sorra, sovint dels mateixos marges del canal. Aquest mètode és aplicat a les derivacions a diversos punts del canal. Aquestes són petits trencaments del marge dels quals en surt un rec que porta aigua cap als tancats i repeses privades. Evidentment, aquest mètode comporta molts problemes al canal, des de la destrucció dels marges fins a la possibilitat que els objectes obstructius siguin desplaçats aigües avall. Per aquest motiu, es desestima continuar amb aquest sistema de funcionament.

El fet que hi hagi diferents punts de derivació al llarg del canal, a causa de la localització del tancats i repeses, és motiu de desestimar la instal·lació de comportes com les existents. Així doncs, es proposa instal·lar estructures més simples amb portes als marges del canal. Per les derivacions als *parajes* de Pato Pozo, Simbolar i Vinal Pozo es proposa la utilització de caixes divisòries. Aquestes caixes requereixen un canvi en la secció del canal en aquests trams, donant fenòmens a causa de les transicions entre seccions, però útils per obtenir un major rendiment. Aquest tipus d'estructures són utilitzades al Canal del Plato (Atamisqui, Santiago del Estero) com es pot veure a la figura 42.



Fig.42: Exemple de derivacions amb caixes divisòries al Canal del Plato (Atamisqui). Font: Arumí, 2008.

6.4 Alternativa 3: aportació de la quantitat necessària segons la demanda puntual

La distribució del cabal de Corral Quemado per les diferents derivacions a les anteriors alternatives s'ha fet en funció de la demanda hídrica diària de cada *paraje*. Aquesta tercera alternativa planteja distribuir l'aigua del canal d'acord amb una demanda hídrica puntual que cada *paraje* i/o habitant faci.

Un exemple d'aquest sistema de distribució és el que s'aplica o s'aplicarà al Sistema de Regadiu del Canal Segarra – Garrigues (Catalunya) (Vilalta, 2008). En aquest cas, quan una de les persones integrants a la comunitat de regants necessita aigua avisa a una central, que mitjançant un sistema informatitzat proporciona la demanda, ja comptabilitzada anteriorment en funció de les àrees a regar.

Ja que les demandes hídriques poden variar, la duració o el cabal, o ambdues coses, han de ser controlades per tal de regular aquesta variació (FAO, 1993c). El fet que la demanda hídrica no sigui sempre la mateixa per cada *paraje*; per exemple, pot demanar en un primer cop la demanda per ús domèstic, i més tard la demanda per ús agrícola, o totes dues a la vegada en una altra ocasió; per aquest motiu cal tenir en compte la capacitat màxima de les derivacions.

Aquesta alternativa com les altres també requereix d'estructures per tal de permetre el pas de l'aigua cap a les derivacions. Les estructures que es plantegen per aquesta alternativa són les mencionades, anteriorment, a l'apartat 6.3.1. Així doncs, aquesta alternativa, com les anteriors, té una vessant econòmica que incrementa en funció de les estructures el pressupost. A més cal tenir en compte el fet de modificar on sigui necessari les seccions del canal.

Com s'ha dit, la base d'aquesta alternativa, recau en l'aportació d'aigua en funció de la demanda puntual, la qual cal comunicar per ser rebuda. Així doncs, és necessari un punt on centralitzar totes les demandes d'aigua i gestionar adequadament les obertures de les derivacions. Aquesta centralització de les demandes i gestió de les obertures, seria la diferència a la situació actual. Avui dia, cada *paraje* i/o habitant que necessita aigua, talla el canal desviant el cabal cap a la seva derivació.

Aquesta gestió dels talls, és a dir de les obertures de les derivacions, permetria establir un control dels cabals derivats, i millorar-ne la situació actual. Per contra, les distàncies entre *parajes*, els sistemes de comunicació, només orals, són un inconvenient a la comunicació i, per tant, a la centralització de les demandes d'aigua puntuals.

6.5 Proposta de gestió: discussió i justificació

La gestió del canal a partir de les diferents alternatives plantejades de distribució de l'aigua té un caràcter social, donat que vol donar una solució a la problemàtica existent vers la repartició desigual de l'aigua del canal de Corral Quemado.

Una gestió adequada, que tingui en compte per igual a tots els *parajes* i a tothom permetrà assolir millor les expectatives de les alternatives. Per tant, cal assegurar que la distribució d'aigua es durà a terme tal com es plantegi per tal de resoldre la situació actual. Vers la situació política actual a la zona, es considera que la regulació de la distribució de l'aigua es faci des de la mateixa comunitat, a nivell social, amb implicació de tots aquells que en siguin beneficiaris.

Totes tres solucions requereixen d'una inversió econòmica per tal d'introduir les estructures de derivació de cabals. Per tant, totes tres alternatives es troben en les mateixes condicions econòmiques, de manera que aquest no és un criteri de discussió entre les alternatives.

Igualment, el fet d'introduir estructures comporta una vessant tècnica a tenir en compte vers la modificació de les seccions del canal a totes tres alternatives.

Les alternatives plantejades tenen un aspecte logístic, donada la seva funcionalitat de gestió. Per una banda, les alternatives 2 i 3 requereixen més control de repartició que l'alternativa 1, ja que en aquest cas es determina un cabal proporcional. L'alternativa 3 necessita d'un sistema eficient de comunicació i centralització de les demandes puntuals; però les dificultats que comporta a la comunitat converteix aquesta alternativa poc viable logísticament i per tant desestimable. A partir d'aquí, la discussió recau entre l'alternativa 1 i 2.

Ambdues alternatives requereixen un manteniment de les derivacions, donat que el pas d'aigua per l'alternativa 1 és constant, mentre que per l'alternativa 2 és periòdic (setmanalment).

Vers l'alternativa 1, amb cabal constant, cal tenir en compte que les pèrdues per infiltració, a banda de les d'evaporació, seran superiors a l'alternativa 2. D'altra banda, aquest pas constant de cabal de l'alternativa 1 permet que els animals tinguin més punts per beure que en el cas de l'alternativa 2.

L'aportació d'aigua és superior, només en el temps determinat, a cada *paraje* per l'alternativa 2. Aquesta alternativa requereix uns torns, una gestió interior comunitària per cada *paraje*, de l'aigua obtinguda durant el torn corresponent per utilitzar-la durant el temps que no es disposi de més aportació.

El fet que l'aigua que circula pel canal tingui un ús domèstic, fa necessari que no manqui aigua cap dia. És per tant, aquest criteri, social, que ens determina l'alternativa 1 com aquella més viable i necessària per resoldre la problemàtica existent a la zona.

No obstant això, es pot aplicar l'alternativa 2 com a gestió interior dels *parajes* per omplir les repeses privades i les àrees de reg. Per això cal un estudi de les necessitats particulars de cadascun dels *parajes*.

A la taula 34 es pot veure un quadre – resum que compara les alternatives plantejades de distribució dels recursos hídrics, amb una valoració dels criteris utilitzats.

Taula 34: Quadre compartatiu de les alternatives plantejades per la gestió dels recursos hídrics del canal.

Alternativa	Tipus de distribució	Criteri social	Criteri econòmic	Criteri logístic
1	Cabal proporcional	Alt	Mig	Baix
2	Per torns	Mig	Mig	Mig
3	Demanda puntual	Baix	Mig	Alt

7 Aplicació: dades i resultats

“Estudia no per saber quelcom més
sinó per saber quelcom millor.”

Séneca

7.1 Dades d'entrada

La metodologia d'aplicació descrita al capítol 2, es basa en tres fases. D'elles, la fase 1 referent a la recopilació d'informació, no té resultats directes sobre les alternatives de remodelació i distribució escollides on s'aplica. La informació és per una banda les dades d'entrada de la metodologia exposada i de l'altra la informació pel coneixement de la problemàtica a Corral Quemado.

En aquest apartat es presenten les dades d'entrada per cadascun dels diferents *softwares* utilitzats durant la metodologia. Dades d'entrada d'acord a les dues alternatives escollides combinades conjuntament: revestiment de formigó del canal amb una distribució proporcional del cabal constantment.

7.1.1 A l'ArcGIS: dades de camp

Les dades d'entrada a l'ArcGIS són aquelles que necessiten un tractament, que aporten informació geogràfica del problema i que permeten buscar-ne la solució. S'ha introduït diferents tipus de dades:

- a) Dades de camp, les obtingudes amb el GPS. Es tracta d'aquells punts característics de la zona d'estudi i els *tracks* corresponents. Aquestes dades s'obtingueren durant l'estada a Corral Quemado (de juliol a desembre de 2008).
- b) Dades geogràfiques, les que conformen la geografia de l'àrea d'estudi. Aquestes dades ja en format per ser llegides per l'ArcGIS s'han extret de Angueria et al. (2007).
- c) Dades satel·litals de l'àrea d'estudi, tal com s'anomenen són les dades obtingudes per mitjà dels web corresponents del satèl·lit LANDSAT. A més a més, del MDT de la zona d'estudi obtingut del web www.srtm.csi.cgiar.org.

La figura 42a mostra la visualització de les dades d'entrada a l'ArcGIS, mentre que la figura 42b mostra la taula de continguts amb tots els *shapefiles* corresponents a les dades que es pot veure a la interfase entre l'usuari i l'ArcGIS.

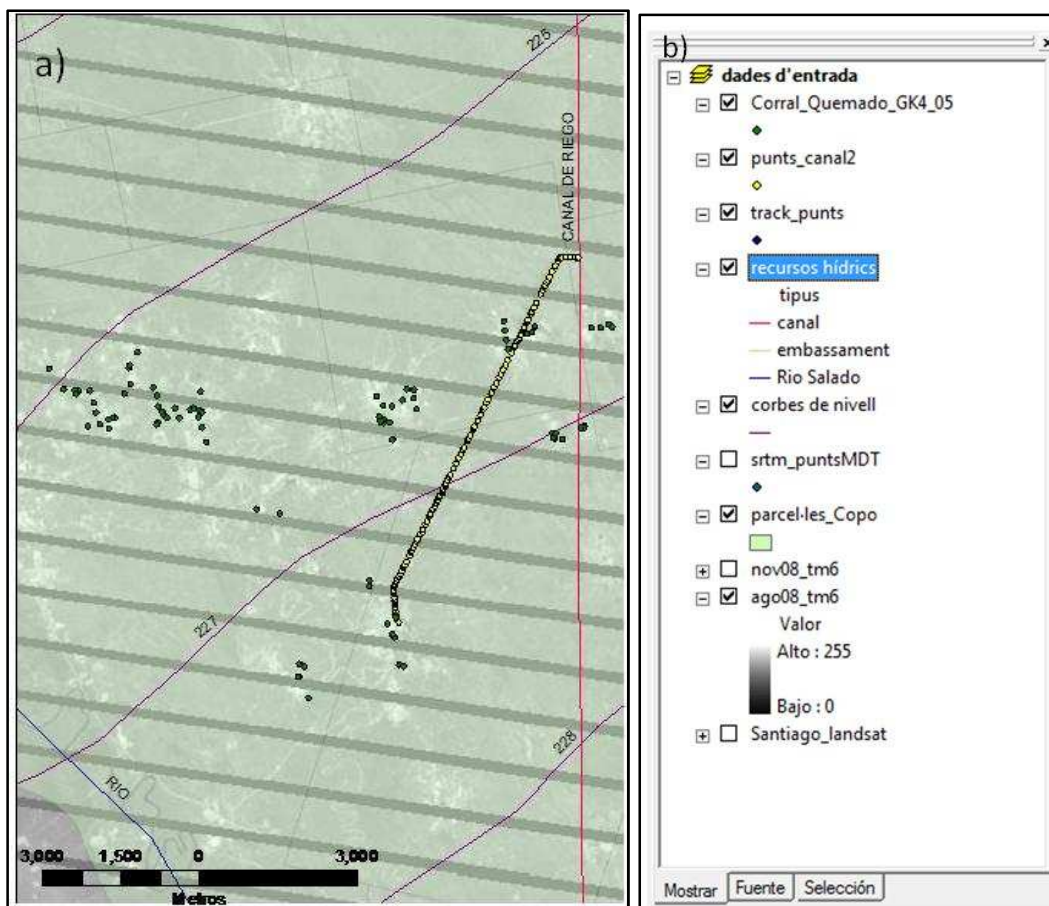


Fig.43: Visualització de les dades d'entrada a l'ArcGIS.: a) vista gràfica de les dades entrades, b) llistat de les dades d'entrada tal com es veu a la interfase entre *software* i usuari.

7.1.2 Al HEC-GeoRAS: caracterització del canal

Com s'ha comentat el HEC-GeoRAS estableix l'enllaç entre l'ArcGIS i el HEC-RAS. Ja que al HEC-RAS es realitza la modelització del canal, des del HEC-GeoRAS amb l'ArcGIS, que els resultats poden ser exportats i analitzar-los sobre el MDT.

La traça del canal principal, els marges, les línies de flux, les seccions crítiques i la localització són els diferents elements que caracteritzen el canal.

La figura 44 exemplifica un tram del canal, entre el PK 7+582 i el PK 7+700, on s'han introduït aquests elements de caracterització del canal. Aquest és el tram corresponent a l'extrem d'aigües avall del canal, on la secció eficient definida canvia a la secció d'obra existent d'entrada a la represa. La caracterització d'aquest canvi de secció requereix introduir diferents marques de seccions (línies verdes).

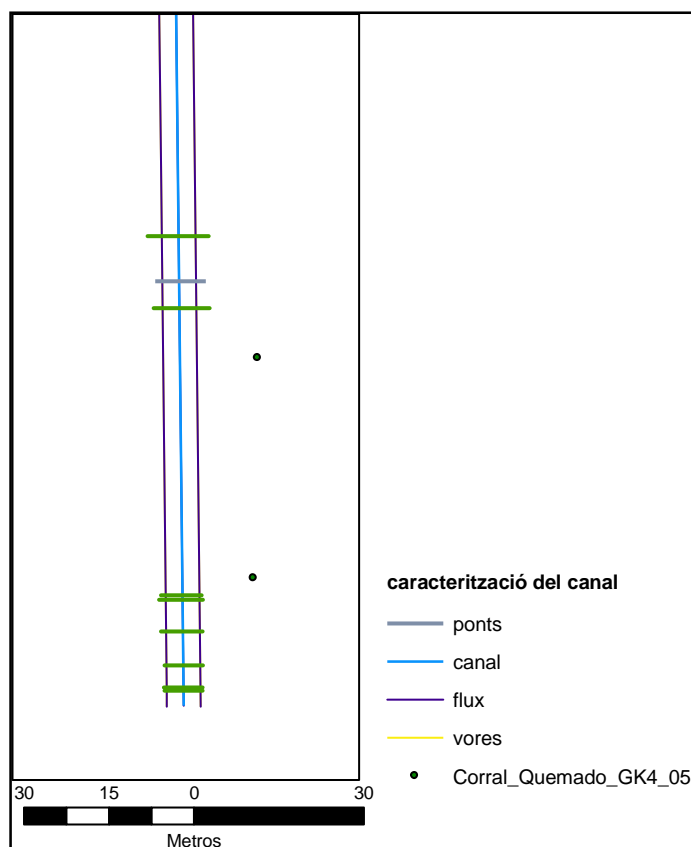


Fig.44: Elements de caracterització del canal a partir de l'ArcGIS i la seva extensió HEC-GeoRAS.

7.1.3 Al HEC-RAS: geometria i moviment

Per modelitzar el perfil de la làmina d'aigua al canal cal introduir les dades referents a la geometria del canal, d'acord a la secció òptima per un revestiment de formigó, a més a més dels valors de Manning corresponents. Però, també, cal introduir les dades referents al flux d'aigua.

> Valors de Manning

Donat que les seccions d'obra actuals ja són de formigó i el revestiment de tot el canal és amb el mateix material, per tant el coeficient de rugositat (valor de Manning) serà constant al llarg de tota la llera del canal. Per altra banda, però, es troba el camí de pas de vehicles i l'espai destinat al manteniment amb valors diferents. La taula 35 mostra els diferents valors emprats, obtinguts a partir de Chow (1959).

Taula 35: valors de Manning emprats per la remodelació del canal amb un revestiment de formigó.

Valor de Manning	Material / espai
0.013	Formigó – llera del canal
0.03	Terra – camí de pas de vehicles
0.08	Terra i vegetació baixa – espai de manteniment

› Geometria del canal

La secció eficient a l'alternativa escollida es representa a la figura 29 (capítol 4). Les seccions marcades amb el HEC-GeoRAS corresponen a punts on hi ha un canvi de dimensions de la secció, de pendent, etc., ja que la geometria d'aquestes seccions correspon a l'estat actual del canal i no a la de la secció de l'alternativa s'introdueixen els valors per cadascuna. A més a més, també s'introdueixen les seccions d'obra existents actualment, ja que les importades no s'adapten a les dimensions reals.

També s'especifiquen les dimensions des ponts, ja que des de l'arxiu importat del HEC-GeoRAS no es representa amb les dimensions actuals, a més a més d'adaptar el seu ample a la secció eficient per un revestiment del canal amb formigó.

S'han introduït més d'una cinquantena de seccions per modelitzar el perfil de la làmina d'aigua per aquesta alternativa les dades per cadascuna d'elles es troben a l'annex B, no obstant això, a continuació, la figura 45 mostra el quadre de diàleg d'introducció de dades de la secció 6051 corresponent al PK 1+649, final del tram d'obra de la derivació a San Benito.

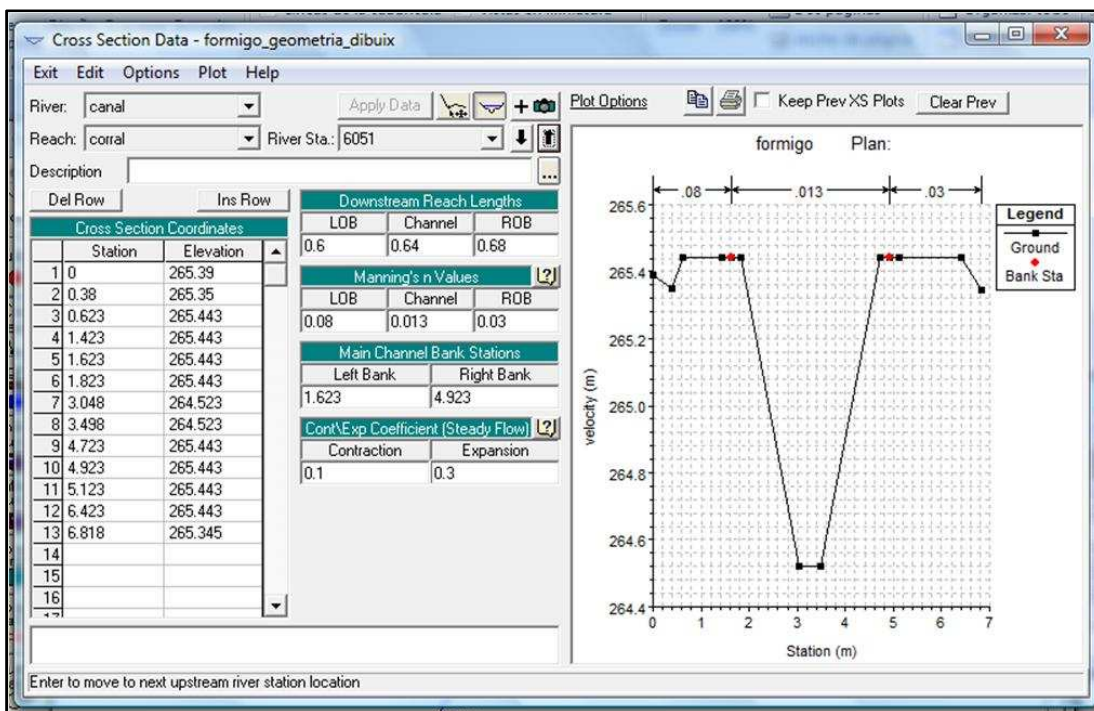


Fig.45: Quadre de diàleg d'introducció de les seccions al HEC-RAS.

A la figura 46 mostra les dades d'entrada per un dels ponts, corresponent al PK 7+001 al *paraje* de Simbolar, la resta de ponts les dades es poden veure a l'annex B.

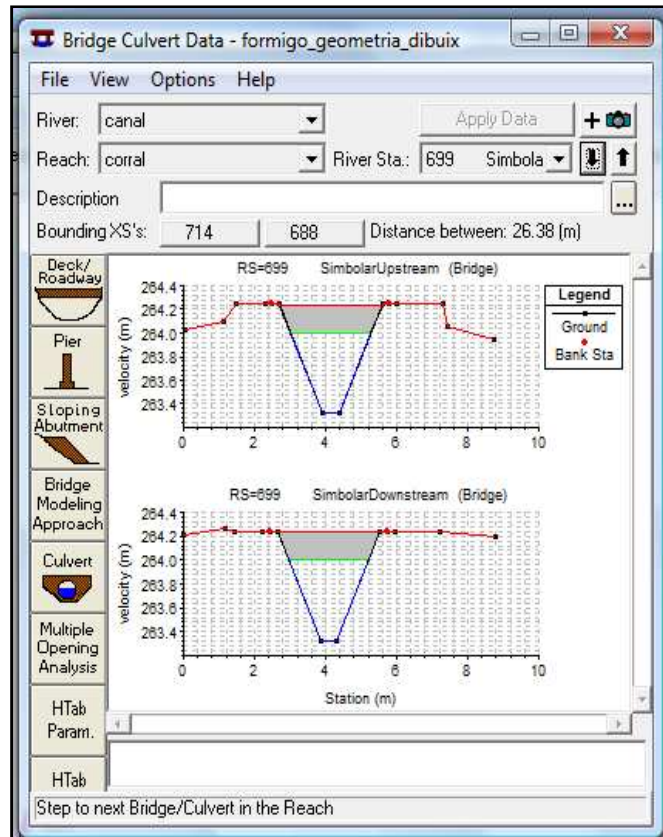


Fig.46: Quadre de diàleg d'introducció del ponts al HEC-RAS.

› Dades del flux d'aigua

En aquest cas les dades d'entrada corresponen al tipus de règim, al calat que es defineix a la secció d'entrada de cabal, com a condició de contorn, i el valor d'aquest cabal.

L'alternativa de gestió es basa amb una distribució proporcional del cabal constantment, per això també cal tenir en compte aquells punts on es perd cabal d'acord a la demanda hídrica de cada *paraje*.

La taula 36 mostra les dades d'entrada pel flux d'aigua.

Taula 36: Dades d'entrada pel flux d'aigua corresponent a una distribució proporcional del cabal constant per cadascuna de les derivacions.

Tipus de règim		Combinació de règim ràpid i lent => <i>mixed</i>		
PK	Cabal (m³/s) circulant pel canal, després de l'extracció a la derivació	Calat normal		Derivació a
		Pendent aigües avall	Pendent aigües amunt	
0+000	0.50	0.0062	0.0062	Inici
1+637	0.37	0.0062	0.0062	San Benito + Puesto el Medio
4+251	0.23	0.0062	0.0062	Pato Pozo + Simbolar
6+606	0.18	0.0062	0.0062	Vinal Pozo

6.2 Resultats i anàlisi

6.2.1 De l'ArcGIS: geografia

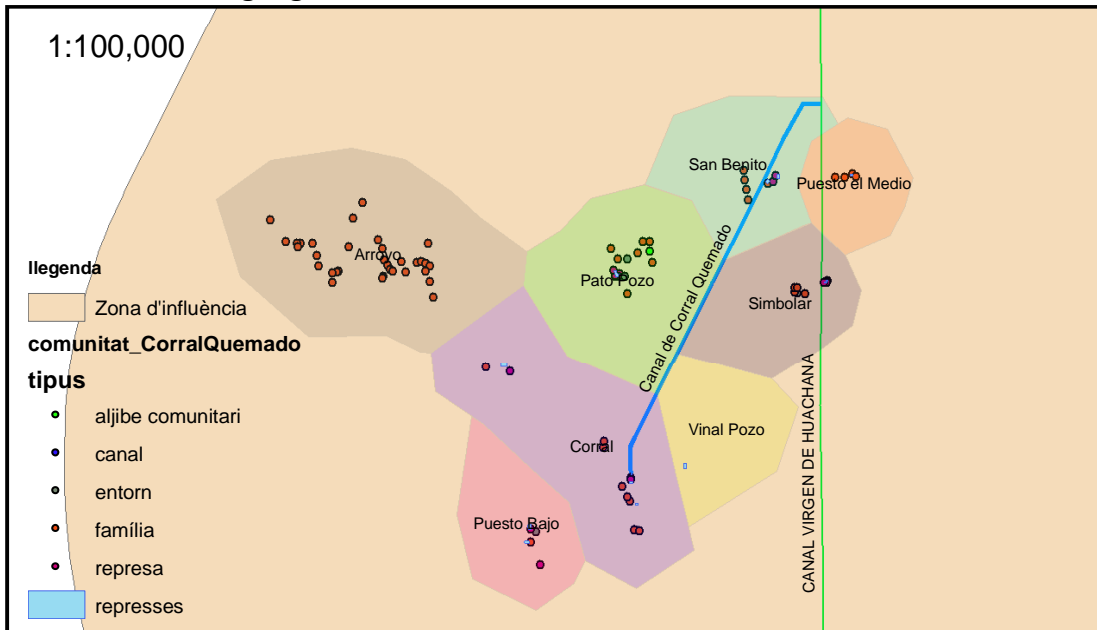


Fig.47: Resultats obtinguts per l'ArcGIS corresponents al tractament de les dades d'entrada. S'extreu informació geogràfica de Corral Quemado.

La figura 47 mostra les superfícies dels *parajes* de Corral Quemado, la traça del canal i les represses existents, la localització dels punts característics i part de l'àrea d'influència del Canal de Corral Quemado, resultats obtinguts del processat de les dades amb l'ArcGIS.

Els resultats obtinguts són els esperats, ja que a partir d'ells es pot localitzar la problemàtica de l'aigua a la comunitat, a més d'obtenir i classificar la informació adaptant-se a la realitat. No obstant això, aquests estan condicionats a les dades inicials, és a dir, a la informació recopilada.

Durant el tractament de les dades provinents del GPS per tal d'obtenir aquests resultats, s'han trobat casos que alguns dels punts obtinguts tenien errors. Les raons d'aquests recauen en el moment de la presa de les dades; per exemple, una manca de recepció d'informació dels satèl·lits per poca visibilitat (arbres, núvols, etc.).

Tal com mostra la figura 10 (capítol 2) el *paraje* del Arroyo es troba dins l'àrea d'influència del canal de Dios, i per tant dins l'àrea d'influència del canal. Malgrat aquest fet, no s'ha tingut en compte pel càlcul de la demanda hídrica, ja que els habitants tenen com a principal font de recursos el Rio Salado. D'altra banda, l'àrea d'influència engloba altres *parajes* no pertanyents a Corral Quemado, els quals tampoc s'han tingut en compte pel càlcul de la demanda hídrica per diversos motius; per una banda, perquè el canal de Corral Quemado no és font pels recursos hídrics que utilitzen, i per l'altra la dificultat d'obtenir informació d'aquests altres *parajes*, la qual cosa no fou possible durant el temps de recopilació d'informació a la zona.

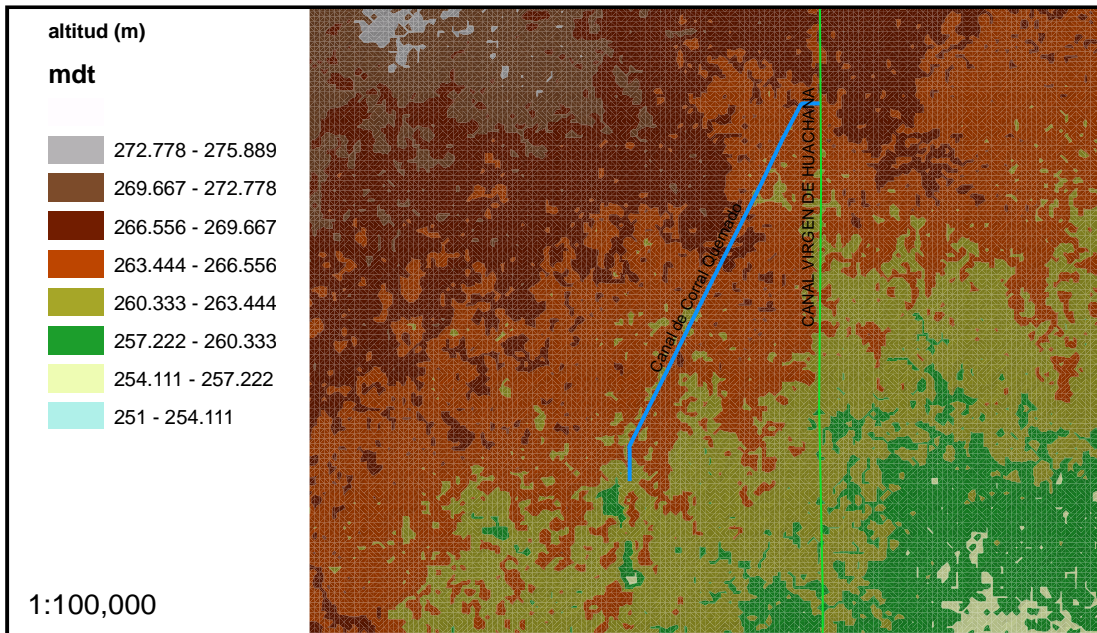


Fig.48: MDT resultant de l'ArcGIS amb l'extensió 3DAnalyst, a partir de les dades de camp obtingudes i de les dades del SRTM.

El model digital del terreny (MDT) de l'àrea d'estudi es representa a la figura 48. Aquest MDT s'obté a partir de l'extensió 3DAnalyst de l'ArcGIS que permet crear MDT a partir de les dades d'entrada corresponents.

A diferència dels resultats que es mostren a la figura 47 obtinguts de les dades de camp, el MDT s'ha obtingut bàsicament de les dades del SRTM. Aquestes dades tenen com a resultat un MDT d'una resolució de 90m, i de 15m en el cas de l'altitud. Pel HEC-GeoRAS aquesta resolució és poc acurada. Certament, per la creació del MDT també s'utilitzen les dades de camp, obtingudes a partir del GPS. Les dades de camp estan concentrades a la traça del canal i a alguns punts entorn als *parajes*, a causa d'aquesta localització aquestes dades tampoc aporten més resolució al MDT.

El MDT obtingut a partir de les dades que es disposen, no assoleix les expectatives. Al MDT li manca resolució per ser utilitzat adequadament pel HEC-GeoRAS, ja que a partir de la caracterització del canal i del MDT es poden obtenir les dimensions de les seccions que presenta actualment el canal. No obstant això, aquest MDT serà utilitzat per obtenir les cotes de les seccions del canal que es defineixin.

El MDT presenta els valors de l'altitud sobre el nivell del mar, respecte el *datum* de Campo Inchauspe, de Corral Quemado. Aquests valors es troben entorn als 250 i 270m. La traça del canal es troba a alçades entorn als 260m, amb alguns punts més elevats i altres més baixos. A partir del mapa de pendents (veure figura 49), el qual s'obté amb l'extensió 3DAnalyst s'ha determinat un pendent mig del canal de 0.0062, utilitzat per dimensionar les seccions eficients.

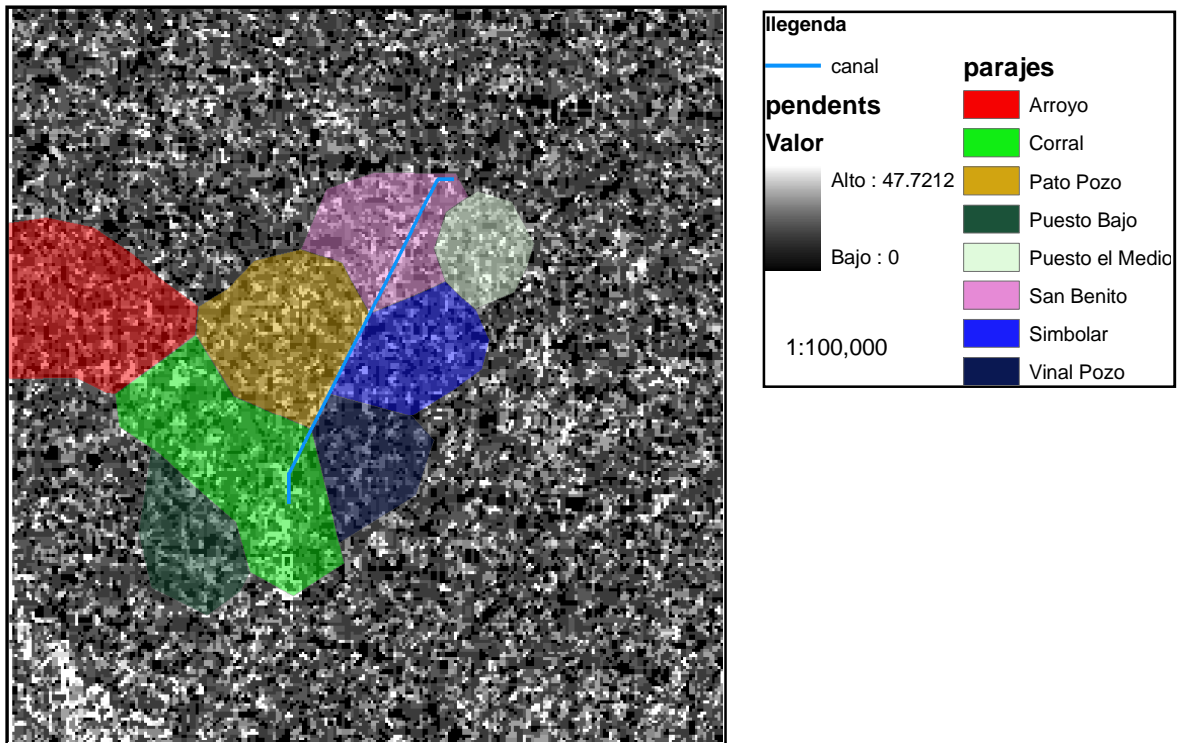


Fig.49: Mapa de pendents obtingut amb l'extensió Spatial Analyst de l'ArcGIS.

6.2.2 Del HEC-RAS: modelització del canal

El HEC-RAS permet modelitzar el cabal d'aigua que circula pel canal. En aquest cas, la modelització del Canal de Corral Quemado s'ha fet per les alternatives escollides als capítols 4 i 5, és a dir per un canal amb una secció eficient d'acord a la demanda hídrica amb revestiment de formigó, i una distribució del cabal proporcional segons la demanda a cada *paraje* (veure taula 32).

La secció eficient definida en l'alternativa escollida pel canal es defineix igual al llarg de tota la traça del canal, de manera que es considera un canal prismàtic amb un pendent suau, amb les excepcions de canvis de secció corresponents als trams entre els PK0+000 i PK0+012, els PK1+627 i PK1+646, i els PK7+687 i PK7+700, on també hi ha un pendent més acusat.

Com s'ha comentat, el canal es considera amb un règim permanent, on les seves variables no canvien amb el temps. Malgrat això, a partir dels resultats, els perfils dels calats al llarg del moviment varien, conjuntament amb la velocitat, moderadament, es defineix, doncs, un règim permanent gradualment variat.

Segons Chow (1959) i Sánchez-Juny et al. (2005) es defineixen les següents hipòtesis bàsiques:

- La pèrdua de càrrega per unitat de longitud en una secció és igual que per a un flux uniforme que tingui la mateixa velocitat i radi hidràulic que la secció. Per tant, el pendent motriu es pot calcular a partir de l'equació de flux uniforme.
- El pendent del canal és petit: a) la profunditat mesurada en la direcció vertical o en la normal al fons coincideixen, b) el factor corrector de la pressió és igual a la unitat, c) no es produeixen fenòmens d'entrada d'aigua.

- El canal és prismàtic (hipòtesis considerada en la determinació de la secció eficient).
- Distribució de la velocitat en una secció és fixa.
- El coeficient de Manning és independent del calat i constant ($n=0.013$).

Si bé les velocitats varien longitudinalment al llarg de la traça del canal, en cada secció la velocitat també té una distribució, condicionada per la simetria, l'ample, la curvatura del canal, la fricció amb les parets del canal i la làmina lliure, etc. La figura 50 mostra el model de distribució de velocitats en un canal de secció trapezoïdal; a la pràctica, però, a causa de pendents baixos es pot considerar una distribució pràcticament uniforme en tota la secció, tal com presenta el HEC-RAS en els seus resultats. La figura 51 exemplifica com el HEC-RAS presenta la distribució de velocitats a la secció 7648, corresponent al PK 0+052, just després del tram d'obra construït actualment.

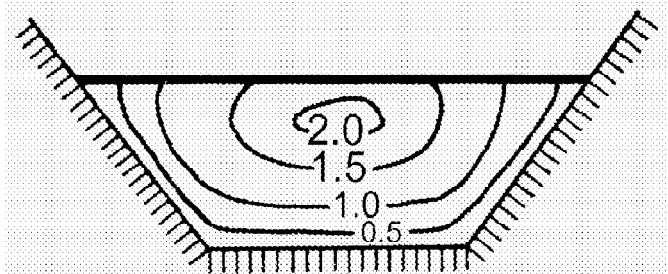


Fig.50: Model teòric de distribució de velocitats en un canal de secció trapezoïdal. Font: Chow, 1959.

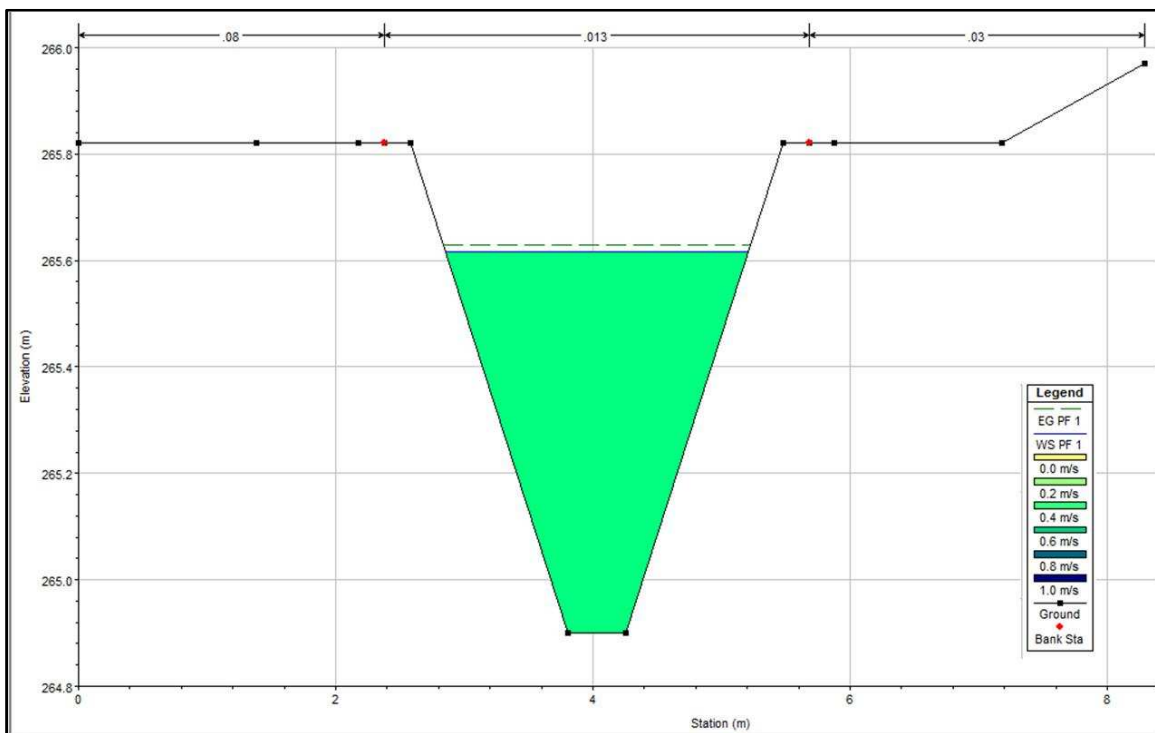


Fig.51: Distribució de les velocitats ocasionades pel pas del cabal modelitzat al PK 0+052 del canal de Corral Quemado.

La velocitat que es produeix a la secció de la figura 51 correspon a 0.50m/s, la qual es troba per sota la mitjana de la velocitat del canal (0.65m/s).

Des dels resultats obtinguts pel HEC-RAS es pot conèixer per cadascuna de les seccions la velocitat i el seu nombre de *Froude*¹¹. D'acord als valors de *Froude* i la seva relació amb la velocitat es defineixen diferents tipus de règim:

- Règim crític ($Fr = 1$): correspon a un calat crític, on l'energia específica¹² és mínima i el cabal transportat és el màxim possible. Aquest tipus de règim, al cas d'estudi només s'assoleix al PK7+700, on el canal desemboca a la presa de Corral.
- Règim lent ($Fr < 1$): en aquests casos el calat corresponent a la secció és superior al calat crític. En aquest tipus de règim les velocitats de propagació del cabal són baixes. Aquest és el tipus de règim que es descriu, majoritàriament al llarg del Canal de Corral Quemado, des de PK0+000 al PK7+681.
- Règim ràpid ($Fr > 1$): en aquest tipus de règim el calat de la secció és inferior al calat crític, de manera es desenvolupen velocitats altes i l'aigua es desplaça per acció de les forces d'inèrcia, i no per les forces gravitatòries. Al Canal de Corral Quemado aquest règim es desenvolupa al últim tram, del PK7+681 al PK7+700.

El canal s'ha modelitzat per una alternativa de gestió que comporta una distribució del cabal d'acord a la demanda hídrica de cada *paraje*, per aquest motiu s'introdueix una reducció de cabal a quatre seccions diferents corresponents a cada *paraje*. Contràriament, no hi ha cap inserció de cabal al llarg de la traça del canal; per tant, el volum d'aigua que circula pel canal es redueix.

Les extraccions de cabal afecten al comportament del canal, afectant la velocitat del flux. Als punts on es produeixen les disminucions de cabal, també disminueix la velocitat. La relació entre cabal i velocitat donada per l'equació (3) justifica que la velocitat disminueix proporcional a la disminució de cabal.

$$Q = v \cdot A \quad (3)$$

on Q és el cabal, v és la velocitat i A l'àrea de la secció, la qual en el cas d'estudi es manté constant.

Per altra banda, la disminució de cabal d'acord a la velocitat també afecta al nombre de *Froude*, el qual també disminueix.

Al moviment permanent gradualment variat es pot aplicar l'equació coneguda com de les corbes de rabeig (4), la qual caracteritza els perfils de la làmina d'aigua.

$$\frac{dy}{dx} = \frac{i - I}{1 - Fr^2} \quad (4)$$

on dy/dx és la variació de la làmina d'aigua respecte la solera del canal, i és el pendent geomètric, mentre que I és el pendent motriu.

Segons els resultats d'aquesta equació es defineixen diferents tipus de corbes de rabeig d'acord al tipus de règim i zona (entre quins calats, crític i normal) es desenvolupa. Veure Chow (1959), Sánchez-Juny et al. (2005).

Al Canal de Corral Quemado la corba més desenvolupada és del tipus M_2 . Aquest tipus de corba es desenvolupa per nombres de *Froude* inferiors a la unitat (règim lent) on el perfil de la làmina d'aigua arriba a un embassament (en aquest cas la presa de Corral) amb un nivell de la làmina d'aigua sota del calat crític, o entre el calat crític i el calat normal. En aquest cas, la

¹¹ El nombre de Froude (Fr) és un paràmetre adimensional que dona idea de les condicions del flux en làmina lliure. El qual s'obté a partir de l'equació $F = \frac{v}{\sqrt{gy}}$, on v és la velocitat, g és la gravetat en (m/s²), y és el calat.

¹² L'energia específica es defineix com $E = d \cdot \cos \theta + \alpha \cdot \frac{v^2}{2g}$, considerant que el pendent és petit es té com $E = y + \frac{v^2}{2g}$; és la quantitat d'energia per unitat de pes de l'aigua a qualsevol secció del canal mesurada respecte el fons del canal.

derivada dy/dx és negativa de manera que el calat disminueix aigües avall, tendint a la perpendicularitat a la solera. La figura 52 exemplifica aquest tipus de corbes.

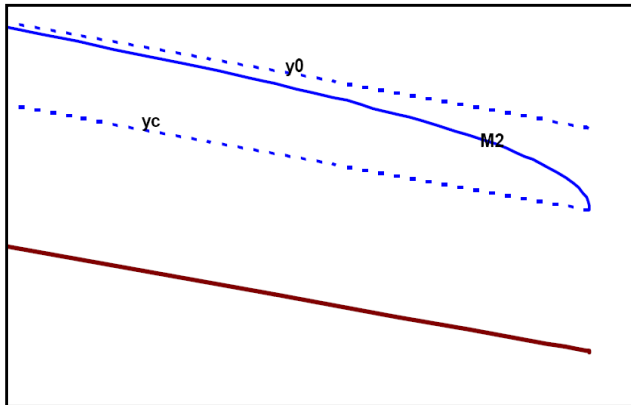


Fig.52: Esquema de la forma teòrica de les corbes de rabeig tipus M_2 . Font: Sánchez-Juny et al., 2005).

El HEC-RAS dibuixa els perfils de la làmina d'aigua amb el gràfic de la figura 53. Com es pot veure la corba M_2 no es desenvolupa com una única corba al llarg de tota la traça del canal, sinó que ho fa d'acord al pendent del canal i a les seccions on s'extreu cabal.

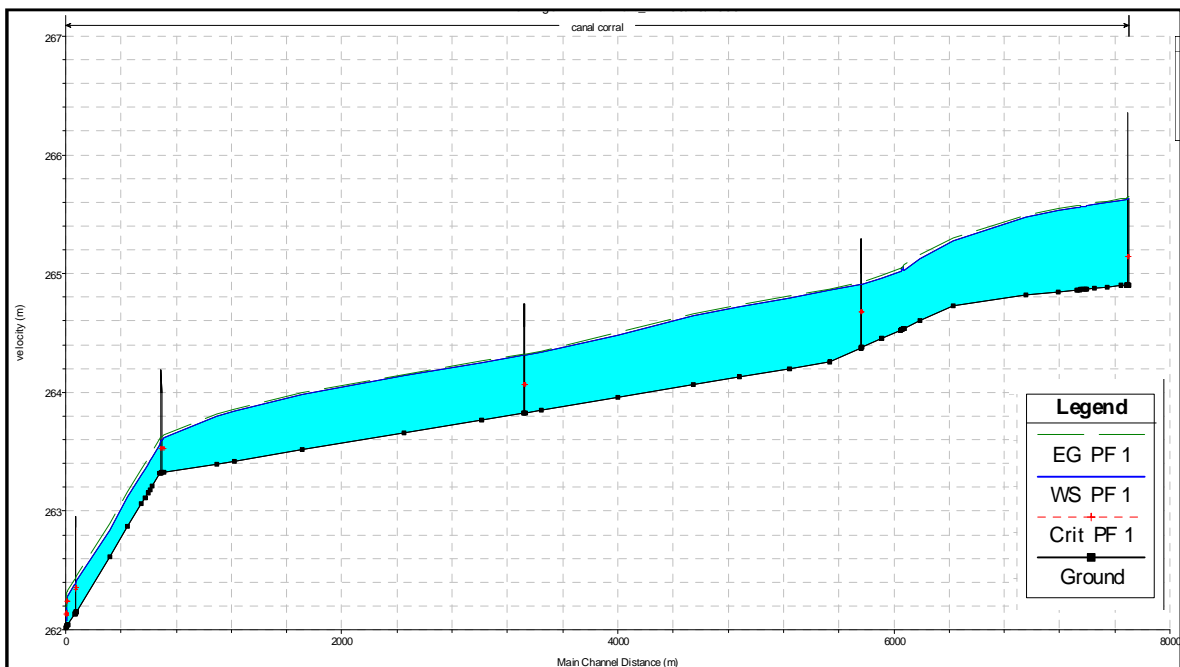


Fig.53: Gràfic del perfil de la làmina d'aigua que s'obté amb el HEC-RAS de la modelització del canal de Corral Quemado, d'acord a les alternatives escollides.

El canal presenta trams, seccions, on es produeixen modificacions en l'ample del canal en distàncies curtes. Aquestes modificacions del canal produeixen canvis en el perfil de la làmina d'aigua, disminuint i augmentant el calat, és a dir, localment es produeix un règim permanent ràpidament variat. Per altra banda, a partir d'aquestes modificacions (eixamplaments o contraccions) es produeixen fenòmens que provoquen pèrdues de càrrega localitzades, motiu pel qual s'han introduït els coeficients d'expansió ($\lambda=0.3$) i contracció ($\lambda=0.1$) a les dades d'entrada.

La teoria (Chow, 1959; Sánchez-Juny et al., 2005) descriu el comportament del perfil de la làmina d'aigua, resumidament, tal com es mostra a la taula 37.

Taula 37: Comportaments de la làmina d'aigua en zones on el canal pateix eixamplaments i contraccions bruscamen.

Eixamplament brusco	
Règim d'aproximació	Comportament del calat
Règim lent	Aixecament de la làmina d'aigua aigües avall, induït des d'aigües avall per la condició de contorn.
Règim ràpid	Disminució de la làmina d'aigua aigües avall
Contracció brusca	
Règim d'aproximació	Comportament del calat
Règim lent	Augment del calat aigües avall
Règim ràpid	El calat aigües avall disminueix

Aquests comportaments de la làmina d'aigua són els que es poden veure al canal de Corral Quemado en els trams d'eixamplament i contracció, transicions de l'ample del canal.

Al Canal de Corral Quemado hi existeixen 5 ponts, un d'ells correspon a una secció tancada rectangular. Les seccions corresponents a aquestes estructures on els perfils de la làmina d'aigua no les sobrepassen, deixant encara una àrea interior buida.

A partir de l'anàlisi dels resultats obtinguts pel HEC-RAS es pot concloure que el comportament del canal d'acord a les alternatives escollides és acceptable.

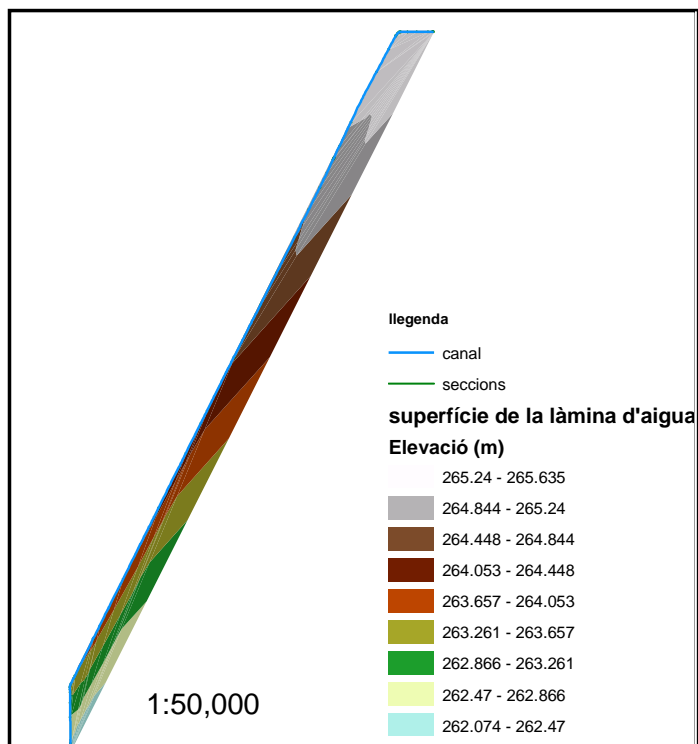
6.2.3 Del HEC-GeoRAS: superfícies del perfil d'aigua

Els resultats obtinguts a partir del HEC-RAS es poden exportar a un arxiu que es pugui llegir amb l'ArcGIS i analitzar amb el HEC-GeoRAS. Els resultats que es presenten es basen en la presentació del perfil de la làmina d'aigua en TIN's, és a dir, creant models digitals d'elevacions de la làmina d'aigua emmagatzemades a través d'una triangulació.

El primer resultat que s'obté amb el HEC-GeoRAS es mostra a la figura 54. Es tracta de la superfície de la làmina d'aigua obtinguda a partir de la modelització del canal amb el HEC-RAS, sense considerar el MDT. El resultat obtingut de la superfície de la làmina d'aigua no només es concentra a la superfície del canal, sinó que engloba els seus laterals, ja que la triangulació utilitza tots els punts segons la seva distribució.

Els valors que es donen de l'elevació de la làmina d'aigua s'especifiquen segons l'alçada de la cota, no es tracta de valors absoluts del calat.

Fig.54. Cotes de l'elevació de la làmina d'aigua a partir de la modelització amb el HEC-RAS i la seva posterior aplicació als SIG.



A partir de la superfície de la làmina d'aigua i del MDT s'obtenen dos altres resultats que indiquen les zones d'inundació possibles, els quals es mostren en detall a la figura 55 per un tram del canal (PK 0+566 i PK 0+874), on actualment es produeixen sobreiximents del canal. El primer dels resultats correspon a aquells punts (es representa per cel·les – *pixels* corresponents) on els valors corresponents al TIN de la làmina d'aigua són superiors al del MDT (figura 55a), els quals es classifiquen amb una escala gradual segons l'alçada de la làmina que sobrepassa el terreny. El segon resultat, expressa aquesta mateixa idea, però a partir de polígons els quals indiquen la superfície d'inundació entorn al canal (figura 55b).

Aquests resultats estan condicionats al MDT, el qual s'ha avaluat com a poc acurat i amb manca d'informació per aquest tipus d'estudi. És per aquest motiu que els resultats corresponents a la superfície d'inundació del HEC-GeoRAS no corresponen als esperats. A més a més, els resultats de la modelització amb el HEC-RAS no indiquen pèrdues per sobreiximent del canal.

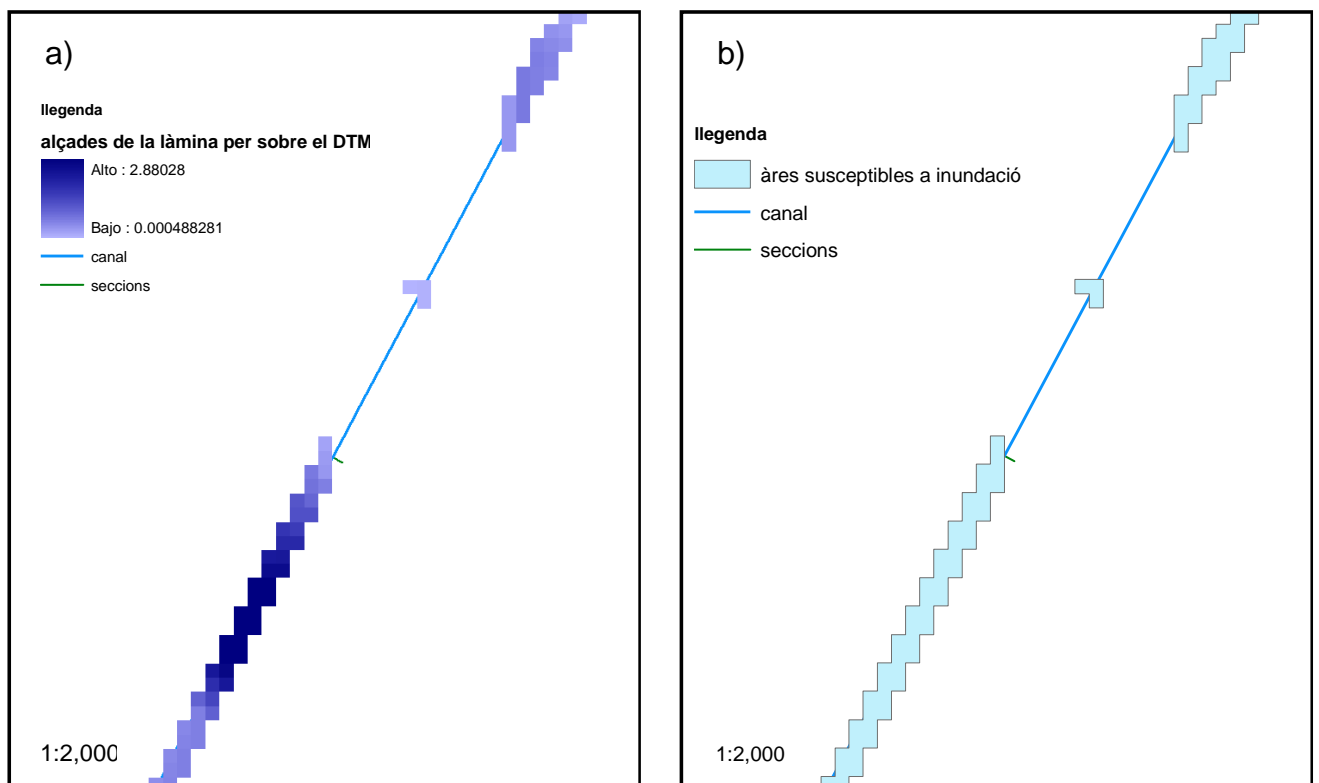


Fig.55. Visualització dels resultats del HEC-RAS amb l'ArcGIS a partir de l'extensió HEC-GeoRAS: a) alçades de la làmina d'aigua per sobre dels valors de cota del MDT, b) àrees susceptibles a inundació. Tram del canal corresponent del PK 0+566 al PK 0+874.

8 Conclusions i línies futures

“No tenemos en nuestras manos la solución de los problemas del mundo, pero ante los problemas del mundo tenemos nuestras manos.”

Anònim.

Aquest treball naixia del repte de buscar una solució a la problemàtica que viu la comunitat de Corral Quemado: difícil accés a l'aigua de qualitat i en quantitat, la qual prové del canal excavat al terra de la comunitat i de l'aigua de pluja. Una solució on aplicar les noves tecnologies com els Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG).

El treball ha estudiat la situació actual dels recursos hídrics del canal de Corral Quemado, ha plantejat diferents alternatives per remodelar el canal i optimitzar el seu rendiment, per distribuir i gestionar els seus recursos hídrics. A més, de presentar una metodologia per avaluar el comportament del canal amb l'ús dels SIG, amb els *softwares* ArcGIS i HEC-RAS i algunes de les seves extensions: 3DAnalyst, Spatial Analyst i HEC-GeoRAS.

8.1 Conclusions

L'estudi de l'estat actual dels recursos hídrics on es calcula la demanda hídrica de Corral Quemado permet determinar un cabal de disseny, a partir del qual s'han plantejat les alternatives de remodelació i gestió del canal.

Les alternatives que es plantegen per la remodelació del canal es centren, principalment, en el revestiment del canal donant-li una secció òptima, fet pel qual es millora la capacitat de cabal que pot circular. De les diferents alternatives, es considera que el revestiment del canal de formigó és aquella que pot solucionar millor la problemàtica de la comunitat. Certament, aquesta alternativa no és la més econòmica, però els criteris socials i tècnics la fan viable per l'àrea d'estudi. El formigó és un material molt utilitzat en aquest tipus de tasques, a més permet reduir les pèrdues per infiltració, les dimensions de la secció del canal i evitar els trencaments dels marges.

Actualment, el canal prescindeix d'un sistema de gestió dels recursos hídrics per aquest motiu s'han plantejat diferents alternatives. Després d'analitzar-les s'ha determinat que distribuir el cabal contínuament, sense establir-ne talls ni torns, pels diferents *parajes* segons la seva demanda hídrica és l'alternativa més adequada per dur a terme a Corral Quemado. Ja que no requereix un desenvolupament logístic a diferència de les altres; malgrat això cal introduir en el canal i les seves seccions diferents estructures de derivació per tal de distribuir el cabal convenientment.

Totes dues alternatives han estat verificades en modelitzar el comportament del canal a partir del HEC-RAS, obtenint bons resultats i fent-les una solució a la problemàtica d'accés a l'aigua de Corral Quemado.

A partir de l'aplicació de la metodologia a les alternatives escollides com a solució per la comunitat de Corral Quemado es desprèn que els SIG són una eina útil per tractar i analitzar informació provinent dels GPS, dades geogràfiques i d'imatges satèl·litals, tot aconseguint

representar la superfície terrestre en models digitals del terreny (MDT) i obtenir resultats com àrees d'influència, distàncies, etc.

Per contra, la manca de precisió en les dades d'entrada, així com la seva dificultat d'obtenció, d'acord a la realitat de Corral Quemado, fan que les tasques per obtenir bons resultats requereixin més temps. N'és exemple el MDT obtingut el qual s'ha obtingut amb menys detall del que s'esperava pel seu estudi amb la modelització del canal.

8.2 Línies futures

Aquest treball pot servir com a base de futurs treballs d'investigació de la utilització de les tecnologies SIG per l'estudi del comportament de canals d'obra, especialment d'aquelles zones, que principalment per la seva condició de desenvolupament social, les dades són escasses i desordenades.

Ja que aquest treball es planteja com un estudi general de les diferents alternatives possibles que es poden dur a terme al canal tot aplicant una metodologia d'utilització dels SIG, en el cas que es desenvolupi l'alternativa escollida a Corral Quemado es recomana realitzar un estudi tècnic i econòmic més rigorós que el present per acotar possibles problemes que se'n derivin.

L'alternativa de gestió escollida planteja una distribució del cabal pels diferents *parajes*, on actualment alguns d'ells no disposen de les derivacions per fer arribar l'aigua o les existents no tenen la capacitat adequada. Per aquest motiu, es recomana l'estudi de la projecció i de la capacitat de les derivacions de cada *paraje*, i evitar possibles problemes d'infiltracions i pèrdues en el seu recorregut.

La solució proposada es basa en un cabal d'acord a la demana hídrica que s'ha de proporcionar des del mateix sistema hídric del Canal de Dios, gestionat per l'APRH de la província, la qual cosa exigeix un compromís polític. Per tant, existeix la possibilitat que aquest cabal no sigui aportat al canal, per tant davant la necessitat de solucionar el problema en el canal es deixa aquest treball com a base on es plantegen diferents alternatives que es poden dur a terme, però amb un estudi a menor escala.

I en perspectiva per augmentar més el rendiment del canal i dels recursos hídrics de la zona, algunes actuacions possibles són per exemple el manteniment de repeses a partir del buidat de sediments acumulats al fons, la impermeabilització i ballat de les mateixes, la construcció de abeuradors pels animals entorn al canal i a les repeses per evitar que hi entrin, l'establiment d'una concentració parcel·lària entre les famílies més properes i així reduir les derivacions a les diferents àrees a regar, i la construcció de sistemes de captació i emmagatzematge de l'aigua de pluja com a altra font dels recursos hídrics.

9 Bibliografia

- Administración provincial de Recursos Hídricos (APRH). (1980). Código de Aguas de Santiago del Estero. Santiago del Estero.
- Angueira, C. (2007). *Geomorfología de Santiago del Estero*. Santiago del Estero: Ediciones INTA-EEASE.
- Angueira, C.; Prieto, D.; López, J.; Barraza, G. (2007). *SigSE versió 2.0*. [CD-ROM]. Santiago del Estero: INTA.
- Arancibia, J. (1990). *Evaluación de las condiciones actuales de funcionamiento del Canal de Dios y condiciones de diseño en distintos tramos*. Informe parcial. Expedient: Obras complementarias del Canal de Dios. [APRH].
- ArcGIS 9. (2005). *Getting Started With ArcGIS*. Estats Units d'Amèrica: ESRI.
- Arumí, M. (2008). *Estudio de alternativas para la rehabilitación de un canal del margen derecho del Río Dulce (Argentina)*. Treball final de carrera. Barcelona: ETSECCPB, UPC. [Enginyeria Sense Fronteres].
- Balairón, L. (2000). *Gestión de recursos hídricos*. 2a.ed. Barcelona: Edicions UPC.
- Basán, M. (2007). *Manejo de los recursos hídricos en zonas áridas y semiáridas para áreas de secano*. Santiago del Estero: Ediciones INTA-EEASE.
- Bernhardsen, T. (1999). *Geographic information systems: an introduction*. 2a.ed. Nova York [etc.]: John Wiley&Sons.
- Bosque, J. (1992). *Sistemas de información geográfica*. Madrid: Rialp.
- Bravo, J. (2008). Enginyer d'hidrologia. Jefatura de construccions de la Administración Provincial de Recursos Hídricos de Santiago del Estero. Santiago del Estero: entrevista personal. 7 d'agost de 2008.
- Brunner, G.W. (2008a). *HEC-RAS. River Analysis System Hydraulic Reference Manual*. U.S. Army Corps of Engineers - Hidrologic Engineering Center. Disponible a: <<http://www.hec.usace.army.mil/>>.
- Brunner, G.W. (2008b). *HEC-RAS. River Analysis System Hydraulic User's Manual*. Army Corps of Engineers - Hidrologic Engineering Center. Disponible a: <<http://www.hec.usace.army.mil/>>.
- Cameron, T; Ackerman, P.E. (2005). *HEC-GeoRAS. An extension for suport of HEC-RAS using ArcGIS*. U.S. Army Corps of Engineers - Hidrologic Engineering Center. Disponible a: <<http://www.hec.usace.army.mil/>>.
- Chow, V.T. (1959). *Open-channel hydraulics*. Estats Units d'Amèrica: McGraw-Hill.
- Codina, J.; López, G. Informació sobre el canal Segarra – Garrigues. [en línia]. Missatge per Ester Bartra. 12 de febrer de 2009. [consulta: 16 de febrer de 2009]. Comunicació personal.
- Comunitat de Corral Quemado (2008). Entrevistes personals. De juliol a desembre de 2008.
- Crítica de la Argentina. [en línia]. Argentina. Disponible a: <<http://www.criticadigital.com.ar/>> [últim accés: 8 d'octubre de 2008].
- DeBarry, P.A. (1999). *GIS modules and distributed models of the watershed: report*. Nova York: ASCE.

- El Liberal. [en línia]. Santiago del Estero. Disponible a: <<http://www.elliberalweb.com.ar>> [últim accés: 8 d'octubre de 2009].
- Enciclopèdia Catalana. (2008). *L'Enciclopèdia*. [en línia]. Barcelona: Enciclopèdia Catalana, SAU. Disponible a: <<http://www.enciclopedia.cat>> [consulta: agost 2009].
- ESF. *Enginyeria Sense Fronteres*. [en línia]. Disponible a: <<http://www.catalunya.ingenieriasinfronteras.org>> [últim accés: 18 de juliol de 2009].
- ESRI. *Environmental Systems Research Institute*. [en línia]. Disponible a: <<http://www.esri.com>> [últim accés: 25 de setembre de 2009].
- FAO: Food and Agriculture of the United Nations. (1993a). *Canals*. Roma: FAO. Irrigation Water Management, Training manual no.7.
- FAO: Food and Agriculture of the United Nations. (1993b). *Scheme Irrigation Water Needs and Supply*. Roma: FAO. Irrigation Water Management, Training manual no.6.
- FAO: Food and Agriculture of the United Nations. (1993c). *Structure For Water Control and Distribution*. Roma: FAO. Irrigation Water Management, Training manual no.8.
- Flumen Ingeniería SRL. (2009). *Caracterización del sistema hídrico Canal de Dios y definición de pautas para su optimización. Provincia de Santiago del Estero y Provincia del Chaco*. Informe final. Santiago del Estero. [Secretaría del Agua].
- Geografía Universal. (1990). Barcelona: Editorial 92, S.A. Vol.8: América, p.278-299.
- Geografía Universal*. (1997). Barcelona: Editorial 92, S.A. Vol.11: Suplement d'actualització, p.316-340.
- IGN. *Instituto Geográfico Nacional de la República Argentina*. [en línia]. Disponible a: <<http://www.ign.gob.ar>> [últim accés: 20 de setembre 2009].
- INAI. *Instituto Nacional de Asuntos Indígenas*. [en línia]. Ministerio de Desarrollo Social. Presidencia de la Nación. Disponible a: <<http://www.desarrollosocial.gov.ar/INAI>> [últim accés: 28 de setembre de 2009].
- INDEC. *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de la República Argentina*. [en línia]. Disponible a: <<http://www.indec.gov.ar>> [últim accés: 18 de setembre de 2009].
- INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2008). *Normas básicas para el manejo de recursos hídricos en el ámbito rural para consumo humano*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. Informe técnico. Santiago del Estero: INTA. Disponible a: <http://www.inta.gov.ar/santiago/info/documentos/agua/propuesta_manejo.pdf>
- Human Development Report 2009 – Argentina*. (2009). [en línia]. United National Development Programme (UNDP). Disponible a: <http://hdrstats.undp.org/es/countries/data_sheets/cty_ds_ARG.html> [últim accés: 28 de setembre de 2009].
- LIRIA, J. (2001). *Canales hidráulicos. Proyecto, Construcción, Gestión y Modernización*. Madrid: Colegio de Ingegneros de Caminos, Canales y Puertos.
- Liso, J.M. [et al.]. (2002). *La banca a l'Amèrica Llatina. Reformes recents i perspectives*. Barcelona: Caixa d'Estalvis i Pensions de Barcelona "la Caixa". Servei d'Estudis.
- Longley, P.A. (1999). *Geographical information systems*. 2a.ed. Nova York: Wiley.
- Mapa de la República Argentina*. [en línia]. Portal educativo del Estado argentino. Disponible a: <<http://www.educ.ar>> [últim accés: 23 de setembre de 2009].

- Meliano, C. (2008). Enginyer d'hidrologia jubilat de la Administració Provincial de Recursos Hídricos de Santiago del Estero. Santiago del Estero: entrevista personal. 7 d'agost de 2008.
- Ministerio de Trabajo, Empleo i Seguridad Social de la República Argentina. [en línia]. Disponible a: <<http://www.trabajo.gob.ar>> [últim accés: 23 de setembre de 2009]
- MNCI. *Movimiento Nacional Campesino Indígena*. [en línia]. Disponible a: <<http://www.mnci.or.ar>> [últim accés: 18 de juliol 2009].
- MNCI – ISF (2009). *Manual práctico para abastecimiento de agua en comunidades campesina indígenas*. Córdoba, Argentina.
- MoCaSE.VC. Atacan con bombas incendiarias la FM Pajschama del MoCaSE Via Campesina. [en línia]. Missatge per ESF-Argentina. 8 d'agost de 2009. [consulta: 8 d'agost de 2009]. Comunicació personal.
- Moldes, J.F. (1995). *Tecnología de los sistemas de información geográfica*. Madrid: Ra-ma.
- Nuevo Diario de Santiago del Estero. [en línia]. *Nuevo Diario Web*. Santiago del Estero. Disponible a: <<http://www.nuevodiarioweb.com.ar>> [últim accés: 8 d'octubre de 2009].
- OMS: Organizació Mundial de la Salut. (2003). *Right to water*. França: World Health Organization. Disponible a: <http://www.who.int/water_sanitation_health/rightwater/>.
- OMS: Organizació Mundial de la Salut. (2009). [en línia]. Disponible a: <<http://www.who.int>>. [últim accés: 28 de setembre de 2009].
- ONU: Organizació de les Nacions Unides. (2005). *El agua fuente de vida*. [en línia]. Disponible a: <<http://www.un.org/waterforlifedecade/waterforlifebklt-s.pdf>>.
- ONU: Organizació de les Nacions Unides (2005). *Decenio Internacional para la acción. El agua fuente de vida (2005 – 2015)*. [en línia]. Disponible a: <<http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/factsheet.html>> [últim accés: 28 de setembre de 2009].
- ONU: Organizació de les Nacions Unides *Naciones Unidas*. [en línia]. Disponible a: <<http://www.un.org/es/>> [últim accés: 30 de setembre de 2009].
- Página tres. [en línia]. Santiago del Estero. Disponible a: <<http://www.paginatres.com.ar>> [últim accés: 8 d'octubre de 2009].
- Peñas, J. (2006). *Sistemas de Información Geográfica aplicados a la gestión del territorio*. San Vicente (Alicante): Editorial Club Universitario.
- Plumed, J. (2004). *Análisis de la gestión de los recursos hídricos en la cuenca del río Pichanas*. Treball final de Carrera. Barcelona: ETSECCPB, UPC. [<http://upcommons.upc.edu>; Enginyeria Sense Fronteres].
- Portal oficial del Gobierno de la República Argentina. [en línia]. Disponible a: <<http://www.argentina.gov.ar>> [últim accés: 23 de setembre de 2009].
- Raschi, E. (2008). Cap de l'estació hídrica núm.2 del Canal de Dios a la Administració Provincial de Recursos Hídricos de Santiago del Estero. Santiago del Estero: entrevistes personals. D'octubre a novembre de 2008.
- Reverté, J.T. (2007). *Comunidad de regantes. Historia y Gestión del Agua*. Servicios Técnicos de la Comunidad. [Comunidad General de Regantes Canal Derecha del Ebro].
- Sánchez-Juny, M. [et al.]. (2005). *Hidráulica*. Barcelona: Edicions UPC.
- Sellés, J.; Cristallini, E.; Mena, M.; Pérez, D. *Levantamiento geológico. Sistema de Coordenadas Gauss-Krüger Internacional*. [en línia]. Disponible a:

<http://aviris.gl.fcen.uba.ar/levantamiento/Guia_GK.pdf> [consulta: 10 de gener de 2009].

Singh, V.P ; Fiorentinon, M. (1996). *Geographical information systems in hydrology*. Dordrecht: Kluwer Academic.

Sistema de Información Geográfica del Instituto Geográfico Nacional. [en línea]. Disponible a: <<http://sig.ign.gob.ar>> [consulta: juny 2008].

Sitio oficial de la provincia de Santiago del Estero. [en línea]. Disponible a: <<http://www.sde.gov.ar>> [últim accés: 30 de setembre de 2009].

The CGIAR Consortium for Spatial Information. *SRTM 90m Digital Elevation Data*. Disponible a: <<http://srtm.csi.cgiar.org>> [consulta: 15 de gener de 2009]

Thompson, S.A. (1999). *Hydrology for water management*. Rotterdam: Balkema.

U.S. Geological Survey. *USGS Global Visualitation Viewer*. [en línea]. Disponible a: <<http://glovis.usgs.gov>> [consulta: 15 de maig de 2009].

Vilalta, R. (2008). Vice-president del Canal Segarra-Garrigues (REG SEGA). Barcelona: entrevista personal. 19 de juny de 2008.

Warner, J.C [et al.]. (2008). *HEC-RAS. River Analysis System Applications Guide*. U.S. Army Corps of Engineers - Hidrologic Engineering Center. Disponible a: <<http://www.hec.usace.army.mil/>>.