



REPUBLICA DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE AGUAS



**MODELO DE SIMULACION HIDROLOGICO
OPERACIONAL CUENCA DEL RIO SAN JOSE**

MANUALES DE OPERACION

REALIZADO POR:
LUIS ARRAU DEL CANTO

Con la Asesoría de
AC INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

DPTO. DE ESTUDIOS Y PLANIFICACION

S.I.T. N°41

Santiago, Diciembre de 1997

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

Ministro de Obras Públicas
Sr. Ricardo Lagos E.

Director General de Aguas
Ing. Sr. Humberto Peña T.

Jefe Departamento de Estudios y Planificación
Ing. Sr. Carlos Salazar M.

Inspectora Fiscal
Ing. Sra. María Angélica Alegría C.

LUIS ARRAU DEL CANTO AC INGENIEROS CONSULTORES

Jefe de Proyecto
Ing. Sr. Guillermo Cabrera F.

Profesionales:

Ing. Sr. Félix Pérez S. (Coordinador)

Ing. Sr. Pablo Isensee M.

Ing. Sr. Ludwig Stowhas B.

Ing. Sr. Luis Arrau del C.

Ing. Sr. Jorge Castillo G.

Ing. Sr. Enrique Kaliski K.

Ing. Sr. Jaime Vargas P.

Ing. Sr. René Pérez L.

Ing. Sr. Eduardo Méndez V.

Ing. Sr. Juan Torres C.

Ing. Sr. Pedro Kamann Ch.

Ing. Sr. Juan Carlos Sanhueza C.

Ing. Sr. Hugo Villegas B.

Geof. Sr. Manuel Araneda C.

Hidromensor Sr. Domingo Aguirre O.

Presentación

*El presente documento comprende los manuales de operación de los modelos que configuran el **Modelo de Simulación Hidrológico Operacional del río San José**. Dichos manuales tienen por finalidad entregar una descripción lo suficientemente clara y completa como para que un usuario, calificado en manejo de computadores personales (en ambiente DOS o WINDOWS), pueda utilizarlos sin mayor inconveniente. También se requiere que el usuario tenga conocimiento del funcionamiento hidrológico del sistema hídrico de la cuenca del río San José y parte de la cuenca del río Lauca. Es conveniente al menos que conozca el estudio propiamente tal.*

*El **Modelo de Simulación** comprende principalmente cuatro programas independientes pero relacionados entre sí mediante algunas variables que ligan las distintas fases del sistema hídrico modelado. Por ejemplo; la relación entre el Modelo Superficial (Modelo de Operación del Sistema Superficial Lauca-Azapa) y el modelo hidrogeológico de Azapa, es a través de las recargas provenientes del sistema superficial que corresponden a las pérdidas desde el río, canales y zonas de riego. Por otro lado, los caudales de entrada del modelo superficial (afluentes a laguna Cotacotani, aportes a las ciénagas de Parinacota y excedentes de la cuenca prealtiplánica del río San José) pueden ser alternativamente generados, para otra condición histórica que la dispuesta por defecto, con los modelos de pronóstico que constituyen un programa aparte. Por último, el modelo que permite estudiar la evolución general de la calidad del agua del sistema acuífero de Azapa por simples balances máxicos (Modelo de Calidad del Agua Subterránea de Azapa) es un programa independiente. No obstante ello, algunas de sus variables (principalmente los flujos subterráneos entre los distintos sectores, los bombeos totales por sector y las recargas de riego) pueden obtenerse del modelo hidrogeológico del valle de Azapa o de los datos presentados en el informe final del estudio.*

De todos los modelos, el hidrogeológico (tanto para el valle de Azapa como el del Lauca) es el único elaborado a partir del programa comercial VISUAL MODFLOW, el resto de los programas fueron desarrollados especialmente para este estudio. En dicho caso, el presente manual constituye un resumen y una explicación más específica de aquellos aspectos particulares de la modelación de los acuíferos de Azapa y Lauca.

Contenido

*I. Manual del Modelo de Operación del Sistema Superficial
Lauca-Azapa*



II. Manual del Modelo de Pronóstico de Caudales Afluentes



*III. Manual de Operación de Los Modelos Hidrogeológicos
Azapa y Lauca*



*IV. Manual del Modelo de Calidad del Agua Subterránea de
Azapa*

***I. MANUAL DEL MODELO DE OPERACIÓN
DEL SISTEMA SUPERFICIAL LAUCA-
AZAPA (AZPSYS)***

INDICE

1	INTRODUCCIÓN	1
2	CARACTERÍSTICAS DEL MODELO AZPSYS	1
3	SIMULACIÓN DE LA OPERACIÓN DEL SISTEMA	3
4	ANTECEDENTES HIDROLÓGICOS	6
5	INSTRUCCIONES PARA EL USO DEL MODELO AZPSYS	6
	a) Requerimientos computacionales	6
	b) Instalación del modelo	6
	c) Datos	7
	d) Proceso del modelo	9
	e) Resultados del modelo	9
	LISTADO DE LOS PROGRAMAS	11

MANUAL DEL MODELO DE OPERACIÓN DEL SISTEMA SUPERFICIAL LAUCA-AZAPA

1 INTRODUCCIÓN

El presente texto es una documentación del modelo **AzpSys**, creado con el fin de simular la operación del sistema Lauca Azapa incluyendo la regulación de la laguna Cotacotani ubicada en la cuenca del río Lauca.

El modelo es una herramienta desarrollada para el análisis y planificación del aprovechamiento de los recursos hídricos de dicho sistema y para poder determinar finalmente, las recargas del acuífero del valle de Azapa que se originan en el uso del agua para riego en cada uno de los escenarios que se desee analizar.

Estas recargas son un antecedente básico para el modelo hidrogeológico con el cual se puede estudiar el mejor aprovechamiento del acuífero del valle de Azapa, las consecuencias de ciertos niveles de extracción de aguas subterráneas y las recomendaciones y restricciones para su adecuada explotación.

Para una determinada demanda de riego del área abastecida por el canal de Azapa, el modelo **AzpSys** permite conocer la operación resultante de la laguna Cotacotani, caracterizada por sus afluentes, evaporaciones, entregas efectuadas, vertimientos y estados finales, además de los caudales captados por el canal Lauca, el caudal sobrante del río Lauca en la bocatoma del canal Lauca, los caudales con que contaría el canal de Azapa junto con el porcentaje de satisfacción de su demanda y el caudal sobrante del río San José en la bocatoma del canal de Azapa.

Conocido el caudal del canal de Azapa, el modelo calcula la percolación proveniente de las pérdidas en la conducción del canal matriz y de sus derivados, como también la que se produce en las áreas regadas, información básica de entrada del modelo hidrogeológico del acuífero del valle de Azapa.

2 CARACTERÍSTICAS DEL MODELO AZPSYS

El modelo de simulación se escribió en el lenguaje de programación Turbo Pascal versión 7.0 y puede ser procesado en cualquier equipo PC IBM compatible que incluya coprocesador matemático.

El programa está estructurado modularmente mediante subrutinas o procedimientos y funciones, además emplea el concepto de UNITS, que son conjuntos de

subrutinas o bien bibliotecas de rutinas ya compiladas que pueden ser invocadas o llamadas por otros programas. Esto permite desarrollar programas más pequeños y más fáciles de depurar y eventualmente de modificar.

El programa consta de una rutina principal denominada **AzpSys** y de los procedimientos **ReadDtaFile** y **OperSysAzp**, además utiliza las UNITS denominadas **AzpVarU**, **AzpMatU** y **AzpRwU**.

El programa principal **AzpSys** controla la ejecución de los procedimientos indicados, lee las matrices de caudales afluentes, efectúa cálculos básicos, controla ciclo de meses y años y, al término de la operación, graba las matrices de resultados del embalse Cotacotani, las matrices de caudales de los canales Lauca y Azapa, las matrices de caudales excedentes en los ríos Lauca y San José, la matriz de porcentajes de satisfacción de la demanda del canal de Azapa y la matriz con las percolaciones por sector en archivos legibles de formato ASCII.

El procedimiento **ReadDtaFile** se encarga de leer los datos necesarios para el proceso, **OperSysAzp** efectúa la operación del sistema propiamente tal, invocando las funciones o procedimientos incluidas en **AzpMatU**, tales como **Oper**, que calcula la satisfacción de una demanda con un caudal dado y **RegMesEmb**, que efectúa el cálculo de la regulación del embalse.

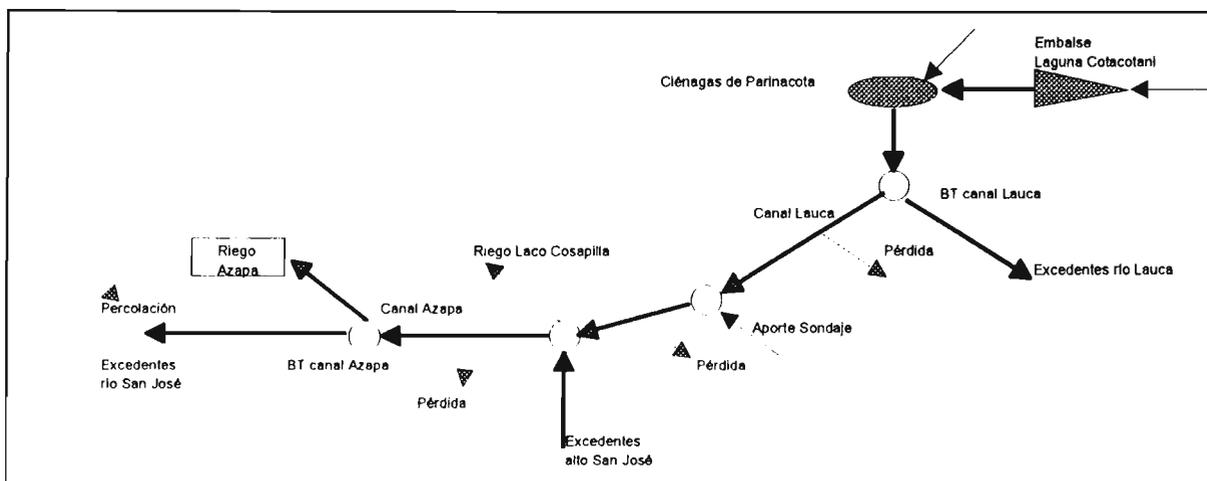
En **AzpVarU** se han incluido todas las declaraciones de constantes y variables empleadas.

En **AzpMatU** se incluyen todas las funciones y procedimientos que son de carácter general y válidas también para otros programas, por ejemplo, funciones matemáticas como **max**, **min**, **Pwr**, como también la función **Sup(v)** que permite calcular la superficie inundada asociada a un cierto volumen del embalse.

AzpRwU es una UNIT que permite leer y grabar las matrices de caudales afluentes, de caudales entregados, estados finales del embalse, etc. Son los procedimientos **ReadMatrix** y **WriteMatrix**.

Al final de este manual se incluye un listado detallado del programa y de las UNITS usadas. En la Figura 1 adjunta se presenta un esquema del sistema Lauca Azapa.

FIGURA 1
ESQUEMA GENERAL SISTEMA LAUCA - AZAPA



3 SIMULACIÓN DE LA OPERACIÓN DEL SISTEMA.

A partir del dato de entrada de demandas del canal de Azapa, el modelo calcula, desde aguas abajo hacia aguas arriba, las entregas que debe efectuar la laguna Cotacotani tomando en cuenta las pérdidas de conducción en el río San José, el caudal que aportan los excedentes de las cuencas prealpiánicas, las demandas de riego del sector Laco Cosapilla, las pérdidas en el canal Lauca, el eventual aporte de los sondajes del acuífero del río Lauca y los aportes de las ciénagas de Parinacota.

Con el fin de analizar posibles restricciones de entregas, el modelo incluye un vector de coeficientes mensuales por los cuales se multiplican las demandas calculadas para Cotacotani. Este vector se define en el archivo de datos y obviamente sus componentes pueden ser unitarias, si no se desea aplicar restricciones.

Una vez calculada la entrega que debe efectuar la laguna Cotacotani se efectúa su operación determinando sus entregas, vertimientos y estado final.

En seguida se procede a efectuar la operación del sistema desde aguas arriba hacia aguas abajo.

A continuación se describe, en términos generales, la secuencia de cálculos empleados en la operación del sistema.

Secuencia de cálculos

Para los efectos de calcular la demanda a la laguna Cotacotani se inicializa el déficit del canal de Azapa en su demanda en bocatoma y luego se va incrementando o reduciendo según si se trata de una pérdida o de un aporte de recursos.

{ Se agrega la pérdida del río San José entre Ausipar y bocatoma canal Azapa }
DefAzp:=DemAzp/EfcRioSnj;

{ Se descuenta el aporte de la cuenca prealtiplánica }
DefAzp:=max(0.0,DefAzp-QexcAltoSnj);

{ Se define la demanda de los regantes de quebradas Laco - Cosapilla a través del porcentaje de derechos que les corresponde y se agrega al cálculo }
DemLcoCos:=DerLcoCos*DemAzp[mesln];
DefAzp:= DefAzp+DemLcoCos;

{ Se agrega pérdida tramo final canal Lauca }
DefAzp:= DefAzp/EfcTr2CnlLca;

{ Se descuenta el aporte del sondaje Lauca }
DefAzp:= max(0.0,DefAzp-QSndLca);

{ Se agrega pérdida tramo inicial canal Lauca }
DefAzp:= DefAzp/EfcTr1CnlLca;

{ El déficit se limita a la capacidad del canal Lauca }
DefAzp:=min(DefAzp,QmxCnlLca);

{ Se descuenta el aporte de las ciénagas de Parinacota }
DemEmb:= max(0.0,DefAzp-QafCp);

{ La demanda se afecta por el vector de coeficientes mensuales de operación }
DemEmb:=VecDemEmb*DemEmb;

{ Se opera la laguna Cotacotani para la demanda DemEmb invocando el procedimiento RegMesEmb }
RegMesEmb;

{ Ahora se inicia la operación de todo el sistema Lauca Azapa }

{ Se inicializan los excedentes del río Lauca en la bocatoma del canal Lauca como la suma de las entregas y vertidos de Cotacotani más los aportes naturales de las Ciénagas de Parinacota }

$ExcRioLca := Mefl + Mvrt + QafICp;$

{ Se determina el caudal del canal Lauca en bocatoma y el excedente del río Lauca, invocando la rutina OperQ }

$OperQ(ExcRioLca, DefAzp, QCnlLca, DefAzp);$

{ Se determina el caudal del canal Lauca en el punto de aporte del Sondaje, km 20, aplicando la eficiencia de conducción del tramo 1 y se agrega el aporte del sondaje }

$QCnlLca := QCnlLca * EfcTr1CnlLca + QSndLca;$

{ Se determina el caudal final del canal Lauca aplicando la eficiencia de conducción del tramo 2 final }

$QCnlLca := QCnlLca * EfcTr2CnlLca;$

{ Se inicializa el caudal del río San José en el aporte del canal Lauca }

$QRioSnj := QCnlLca;$

{ Se satisface la demanda del sector Laco Cosapilla invocando la rutina OperQ }

$OperQ(QRioSnj, DemLcoCos, QLcoCos, DefLcoCos);$

{ Se agregan los aportes de la cuenca prealtiplánica del río San José y se descuentan las pérdidas en el tramo hasta bocatoma Azapa }

$QRioSnj := EfcRioSnj * (QRioSnj + QexcAltoSnj);$

{ La demanda del canal de Azapa se limita a la capacidad del canal }

$DefAzp := \min(DemAzp, QmxCnlAzp);$

{ Se satisface la demanda del canal de Azapa invocando la rutina OperQ }

$OperQ(QRioSnj, DefAzp, DspAzp, DefAzp);$

{ Se define el eventual déficit de Azapa }

$DefAzp := DemAzp - DspAzp;$

{ Se define el caudal del canal de Azapa }

$MCnlAzp := DspAzp;$

{ Se define el excedente del río San José frente a la bocatoma del ca. Azapa }

$MExcSnj := QRioSnj;$

{ Se calcula el % de satisfacción de la demanda del canal Azapa }

$PdsAzp := DspAzp / DemAzp;$

4 ANTECEDENTES HIDROLÓGICOS.

Las estadísticas de caudales medios mensuales requeridas por el modelo **AzpSys** corresponden a los afluentes a la laguna Cotacotani, a los aportes de las Ciénagas de Parinacota y a los excedentes de las cuencas prealtiplánicas del río San José. Esta información, fue elaborada en el estudio hidrológico, se incluye en el Anexo 6.1-2 del informe final del estudio.

5 INSTRUCCIONES PARA EL USO DEL MODELO AZPSYS.

a) Requerimientos computacionales.

Para procesar el módulo ejecutable **AZPSYS.EXE**, que tiene un tamaño de 24.816 bytes, basta un equipo PC con 640 kB en RAM, disco duro con un espacio libre mínimo de 0,1 MB, sistema operativo MS DOS 3.0 y monitor monocromático VGA.

Si se desea modificar el programa, deberá usarse Turbo Pascal 7.0, lenguaje que para ser instalado exige, al menos, 8,0 MB libres en disco duro, procesador 80286, MS DOS 3.0, 640 kB RAM, 1MB libre de memoria extendida, monitor color VGA.

b) Instalación del modelo.

Para instalar el módulo **AZPSYS.EXE**, basta copiarlo desde el diskette al directorio raíz del disco duro del computador o a otro subdirectorio de trabajo. No obstante, como el modelo genera varios archivos de resultado en formato ASCII, es útil mantenerlos en subdirectorios separados para cada proceso que se desee guardar, lo que se puede conseguir situando el módulo **AZPSYS.EXE** en un directorio aparte cuyo nombre, por ejemplo, **UTL**, esté incluido en el comando **PATH** del archivo **AUTOEXEC.BAT**.

Para procesar **AzpSys** debe prepararse un directorio que contenga los siguientes archivos en formato ASCII (el trabajo posterior se puede realizar en el mismo directorio):

- el archivo de datos, por ejemplo, **A0.dat**
- los archivos **Qafllc.qmm**, **Qafllp.qmm** y **Qexasnj.qmm** que corresponden a las estadísticas de caudales afluentes a Cotacotani, los aportes de las Ciénagas de Parinacota y los excedentes de las cuencas prealtiplánicas del río San José, respectivamente.

El directorio o subdirectorío ocupa 64.020 bytes incluyendo los archivos de datos requeridos y también los de resultados.

c) Datos.

El único dato que el programa solicita ingresar por pantalla es el nombre del archivo en formato ASCII que contiene los datos requeridos para un determinado proceso. El nombre de este archivo debe ser de dos caracteres solamente, por ejemplo, **A0**, ya que el modelo usa estos dos caracteres para identificar los archivos de resultados. La extensión del archivo de datos debe ser **.DAT**.

En la página siguiente se presenta un archivo de datos típico. La estructura del archivo de datos es tal, que cada dato a ingresar se autodocumenta en la línea inmediatamente anterior. Así, las líneas impares contienen identificación y las pares, datos propiamente tal.

En la primera línea de datos se debe ingresar el nombre del proyecto.

En la segunda línea se debe especificar el número de años hidrológicos a procesar (Nyear), el año de partida (Styear), el mes de partida (Stmes), 10 para octubre, el volumen inicial, el volumen máximo y el volumen muerto de Cotacotani, en millones de m³

En la tercera línea de datos se deben ingresar, en m³/s, las capacidades de los canales Azapa y Lauca, las pérdidas del río San José, los derechos del sector Laco Cosapilla y las pérdidas del canal Lauca de los dos tramos considerados, cifras en %

En la cuarta línea de datos se ingresan, en mm, las lluvias mensuales promedio de Cotacotani de enero a diciembre.

En la quinta línea de datos se ingresan, en mm, las evaporaciones mensuales promedio de Cotacotani de enero a diciembre.

En la sexta línea de datos se ingresan, en %, los coeficientes de las demandas de Cotacotani.

En la séptima línea de datos se ingresan, en m³/s, las demandas mensuales del canal de Azapa de enero a diciembre, obtenidas del Anexo A 5.1-1 Cuadro N° 3 del informe final. Estas demandas pueden obtenerse mediante la planilla Excel llamada DEMAZP.XLS que efectúa los cálculos de las demandas a partir de los antecedentes presentados en el referido Anexo A.5.1-1. En esta planilla se han indicado con fondo de

color verde las celdas que contienen datos modificables y con fondo de color amarillo las celdas de resultados de cálculos que no deben modificarse

En la octava línea de datos se ingresan, en m³/s, los aportes mensuales del sondaje del río Lauca de enero a diciembre.

En las líneas siguientes se ingresan, para cada sector del modelo hidrogeológico, los % de pérdidas en el canal matriz, en el derivado y en el riego, las acciones y el área del sector. Estos % de pérdidas se determinan con la planilla Excel denominada PERAZP.XLS que emplea los resultados de los cálculos de pérdidas presentados en los Anexos A 3.6 - 1 Cálculo de los aportes por percolación a la napa desde los canales de riego y A3.6 - 2 Cálculo de los aportes por percolación a la napa desde los sectores de riego.

EJEMPLO DE ARCHIVO DE DATOS A0.DAT

Ingrese nombre del proyecto

Sistema Lauca Azapa

Ingrese NYear,Styear Stmes Vin, Vmax, Vmrto (Mm3)

27 1967 10 1.988785 21.177326 1.988785

Ingrese QmcCnlAzp, QmxCnlLca (m³/s), PerRioSnj, DerLcoCos,

PerTr1CnlLca, PerTr2CnlLca en °/1

1.0 1.7 0.20 0.0505886 0.107 0.0482

Ingrese LluEmb en mm ENERO A DICIEMBRE

113.3 62.7 41.1 3.1 0.1 0.2 0.0 0.1 0.2 0.4 2.3 28.6

Ingrese EvEmb en mm ENERO A DICIEMBRE

64.0 70.7 75.4 143.1 100.5 86.6 88.9 97.8 109.4 132.0 131.2 105.6

Ingrese VecDemEmb de ENERO A DICIEMBRE

1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0

Ingrese demandas mensuales canal Azapa en m³/s de ENE a DIC

0.663 0.637 0.463 0.385 0.452 0.458 0.534 0.640 0.739 0.788 0.968 0.787

Ingrese aporte mensual Sondaje río Lauca en m³/s de ENE a DIC

0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01

Ingrese: % pérdidas sectores en Matriz, Derivado, Riego, Acciones Area (km²)

S00 Bt a km	13.710	5.5310	0.8436	11.6	633.0	10.0
S13 Cerro Blanco		0.0540	0.9620	12.0	281.0	3.310550
S14 Cabuza		0.4980	0.0830	8.5	81.0	1.500150
S12 Sta. Irene Chuval		0.4230	0.3300	8.5	181.0	2.660850
S11 Cerro Moreno		0.0	0.2310	15.8	273.0	3.861170
S10 Las Riveras		0.0	0.0065	40.0	137.0	1.011050
S09 San Miguel		0.0	0.0440	40.0	16.0	0.919800
S16 Juan Noé		0.0	0.0	0.0	0.0	3.121655
S08 Las Maitas		3.1140	0.0	0.0	2.0	3.938350
S07 Alto Ramírez N.		0.0	0.0350	22.5	56.0	0.292000
S06 Alto Ramírez S.		0.0	4.0400	5.0	133.0	2.558650
S05 Cerro Sombrero		0.0	0.0150	29.5	108.0	1.259250
S04 Pago de Gómez N.		0.0	1.0400	26.0	261.0	3.719350
S03 Pago de Gómez S.		0.0	0.7600	26.0	315.0	5.288850

d) Proceso del modelo.

Es recomendable procesar **AzpSys** bajo un ambiente de trabajo como el de **XTREE**, por las facilidades que este ambiente presenta para el manejo de archivos, es decir, verlos en pantalla, editarlos, copiarlos, moverlos, borrarlos y renombrarlos, como también para el manejo de directorios y subdirectorios. Lo anterior también puede ser realizado desde programas Windows, tales como: Wordpad, Notepad, Administrador de Archivos, y cualquier editor de textos ASCII. Situado en el directorio de trabajo, en el cual se han ubicado el archivo de datos y los archivos **Qaflec.qmm**, **Qaflep.qmm** y **Qexasnj.qmm**, se invoca el modelo dando su nombre **AzpSys** y respondiendo enseguida con el nombre del archivo de los datos, **A0**, en el ejemplo.

e) Resultados del modelo.

A continuación se detallan los diferentes archivos de resultados que produce el modelo **AzpSys**. Los nombres de los archivos presuponen que el archivo de datos es **A0.DAT**.

a) Archivos asociados al embalse Cotacotani.

Los archivos de resultados asociados a la operación de la laguna Cotacotani se identifican con los dos primeros caracteres del caso procesado, seguido de los caracteres **EMB** y luego la extensión que designa el tipo de resultados del archivo, en la forma siguiente:

- A0EMB.AFL : caudal medio mensual afluente, en m³/s
- A0EMB.DEM : caudal medio mensual demandado, en m³/s
- A0EMB.EVP : caudal medio mensual evaporado, en m³/s
- A0EMB.LLU : caudal medio mensual de lluvia, en m³/s
- A0EMB.AFL : caudal medio mensual por obra de entrega, en m³/s
- A0EMB.VRT : caudal medio mensual vertido, en m³/s
- A0EMB.VUF : volumen útil al final de cada mes, en millones de m³

b) Archivos de resultados asociados a canales y ríos.

- A0RIOLCA.EXC : Excedentes río Lauca en bocatoma canal Lauca
- A0RIOSNJ.EXC : Excedentes río San José en bocatoma canal Azapa
- A0CNLLCA.QMM : Caudal medio mensual canal Lauca en bocatoma
- A0CNLAZP.QMM : Caudal medio mensual canal Azapa en bocatoma
- A0PDSAZP.PDS : Porcentaje de satisfacción demanda canal Azapa
- A0PERMDR.PER : Pérdidas en el sistema del canal Azapa, en mm/año

El archivo con A0PERMDR.PER incluye, para cada sector del modelo hidrogeológico, la suma de las pérdidas anuales en el canal matriz, en los derivados y en las áreas de riego, expresadas en (mm/año).

Ejemplo del archivo A0PERMDR.PER

Caso a0: Percolación en matriz, derivados y riego canal Azapa (mm/año)
Percolación por sectores del modelo Hidrogeológico

Año	S00	S13	S14	S12	S11	S10	S09	S16	S08	S07	S06	S05	S04	S03
1967	134	100	82	73	69	293	45	0	117	250	247	138	140	105
1968	179	134	110	98	92	392	60	0	156	335	331	185	187	140
1969	158	118	97	86	81	346	53	0	138	295	292	163	165	124
1970	140	105	86	76	72	307	47	0	122	262	259	144	146	110
1971	146	109	89	80	75	319	49	0	127	273	270	151	152	114
1972	179	134	110	98	92	392	60	0	156	335	331	185	187	140
1973	179	134	110	98	92	392	60	0	156	335	331	185	187	140
1974	179	134	110	98	92	392	60	0	156	335	331	185	187	140
1975	179	134	110	98	92	392	60	0	156	335	331	185	187	140
1976	179	134	110	98	92	392	60	0	156	335	331	185	187	140
1977	179	134	110	98	92	392	60	0	156	335	331	185	187	140
1978	179	134	110	98	92	392	60	0	156	335	331	185	187	140
1979	179	134	110	98	92	392	60	0	156	335	331	185	187	140
1980	179	134	110	98	92	392	60	0	156	335	331	185	187	140
1981	179	134	110	98	92	392	60	0	156	335	331	185	187	140
1982	150	113	92	82	78	330	50	0	131	282	278	155	157	118
1983	135	101	83	74	70	295	45	0	118	252	249	139	141	105
1984	179	134	110	98	92	392	60	0	156	335	331	185	187	140
1985	179	134	110	98	92	392	60	0	156	335	331	185	187	140
1986	179	134	110	98	92	392	60	0	156	335	331	185	187	140
1987	179	134	110	98	92	392	60	0	156	335	331	185	187	140
1988	179	134	110	98	92	392	60	0	156	335	331	185	187	140
1989	179	134	110	98	92	392	60	0	156	335	331	185	187	140
1990	179	134	110	98	92	392	60	0	156	335	331	185	187	140
1991	148	111	90	80	76	323	49	0	129	276	273	152	154	115
1992	143	107	87	78	74	312	48	0	125	267	264	147	149	112
1993	153	115	94	84	79	336	51	0	134	287	283	158	160	120
Prom	168	126	103	91	87	367	56	0	146	314	310	173	175	131

LISTADOS DE PROGRAMAS

Programa AZPSYS

Units AzpVarU, AzpMatU, AzpRwU

program AzpSYS;

```

{
Operación mensual del sistema del canal Lauca - Azapa
con embalse Cotacotani
versión #1
autor: P.Isensee M.
fecha: sep 1996
}
Uses Crt,AzpVarU,AzpRwU,AzpMatU;

procedure ReadDtaFile;
var
  Rv:text;
  Ssec:string[30];
begin
  write('Ingrese nombre archivo datos (sin extensión) : ');readln(Fnm0);
  Fnm:=Fnm0+'.dat';
  assign(Rv,Fnm);reset(Rv);
  readln(Rv);readln(Rv,TtlG);{ Nombre estudio }

  readln(Rv);
  readln(Rv,NumTotOfYears,Styear,Stmes,Vin,Vmax,Vmrto);
  readln(Rv);
  readln(Rv,QmxCnlAzp,QmxCnlLca,PerRioSnj,DerLcoCos,PerTr1CnlLca,PerTr2CnlLca);

  readln(Rv);for j:=1 to 12 do Read(Rv,LluEmb[j]);readln(Rv);
  readln(Rv);for j:=1 to 12 do Read(Rv,EvEmb[j]);readln(Rv);
  readln(Rv);for j:=1 to 12 do Read(Rv,VecDemEmb[j]);readln(Rv);
  { Leer demandas canal Azapa en BT }
  readln(Rv);
  for j:=1 to 12 do Read(Rv,DemAzp[j]);readln(Rv);
  { Leer caudal sondaje río Lauca }
  readln(Rv);
  for j:=1 to 12 do Read(Rv,QSndLca[j]);readln(Rv);
  { Leer datos de pérdidas en sectores , matriz, derivado, riego y acciones }
  readln(Rv);
  for j:=1 to 14 do
    readln(Rv,Ssec,CperM[j],CperD[j],CperR[j],Acciones[j],Area[j]);

  { Calcular pérdida total matriz y total acciones }
  TotPerM:=0.0;TotAcc:=0.0;
  for j:=1 to 14 do

```

```

begin
  TotperM:=TotperM+CperM[j];
  TotAcc:=TotAcc+Acciones[j];
end;

close(Rv);
end;{ ReadDtaFile }

procedure OperSysAzp;
var
  DefAzp,DspAzp,PdsAzp,ExcRioLca,QCnlLca,
  QLcoCos,DemLcoCos,DefLcoCos,QRioSnj           :real;
begin
  { Demanda al embalse Cotacotani
  }
  { Se agrega la pérdida del río San José entre Ausipar y BT }
  DefAzp:=DemAzp[meskln]/EfcRioSnj;

  { Se descuenta el aporte de la cuenca prealtiplánica }
  DefAzp:=max(0.0,DefAzp-QexcAltoSnj[i,jmes]);

  { Se agrega la demanda de los regantes de quebradas Laco - Cosapilla }
  DemLcoCos:=DerLcoCos*DemAzp[meskln];
  DefAzp:= DefAzp+DemLcoCos;

  { Se agrega pérdida tramo final canal Lauca }
  DefAzp:= DefAzp/EfcTr2CnlLca;

  { Se descuenta el aporte del sondaje Lauca }
  DefAzp:= max(0.0,DefAzp-QSndLca[jmes]);

  { Se agrega pérdida tramo inicial canal Lauca }
  DefAzp:= DefAzp/EfcTr1CnlLca;
  DefAzp:=min(DefAzp,QmxCnlLca);
  { Se descuenta el aporte de las ciénagas de Parinacota }
  DemEmb:= max(0.0,DefAzp-QafICp[i,jmes]);

  { La demanda se afecta por el factor de operación }
  DemEmb:=VecDemEmb[meskln]*DemEmb;

  AflEmb:=QafICc[i,jmes];
  Mafl[i,jmes]:=AflEmb;

```

```

Mdem[i,jmes]:=DemEmb;

{ Regulación mensual del embalse }
RegMesEmb;

{ Operación del sistema Lauca Azapa }
ExcRioLca:=Mefl[i,jmes]+Mvrt[i,jmes]+QaflCp[i,jmes];

OperQ(ExcRioLca,DefAzp,QCnlLca,DefAzp);
MCnlLca[i,jmes]:=QCnlLca;
MExcLca[i,jmes]:=ExcRioLca;
QCnlLca:=QCnlLca*EfcTr1CnlLca+QsndLca[meskln];
QCnlLca:=QCnlLca*EfcTr2CnlLca;

QRioSnj:=QCnlLca;
OperQ(QRioSnj,DemLcoCos,QLcoCos,DefLcoCos);
QRioSnj:=EfcRioSnj*(QRioSnj+QexcAltoSnj[i,jmes]);

DefAzp:=min(DemAzp[meskln],QmxCnlAzp);
OperQ(QRioSnj,DefAzp,DspAzp,DefAzp);
DefAzp:=DemAzp[meskln]-DspAzp;
MCnlAzp[i,jmes]:=DspAzp;
MExcSnj[i,jmes]:=QRioSnj;

{ % Demandas suplidas          }
if DemAzp[meskln]>0.0 then
  PdsAzp:=DspAzp/DemAzp[meskln]
else PdsAzp:=1.000;
MPdsAzp[i,jmes]:=PdsAzp;

end; { OperSysAzp }

procedure Percolacion;
var
  Qnc,Qbt:real;
begin
  Fnm:=Fnm0+'permdr.per';
  assign(Wv,Fnm);rewrite(Wv);

  writeln(wv,' Caso '+Fnm0+
    ': Percolación en matriz, derivados y riego canal Azapa (mm/año)');
  Writeln(wv,' Percolación por sectores del modelo Hidrogeológico');

```

```

writeln(wv);
write(wv,' Año');
for j:=1 to 14 do write(wv,Tsec[j]:6);writeln(wv);
writeln(wv);

for j:=1 to 14 do MedPer[j]:=0.0;

for i:=1 to ny do
begin
  for j:=1 to 14 do PromPer[j]:=0.0;
  for jmes:=1 to 12 do
  begin
    Qbt:=MCnlAzp[i,jmes]*1000.0;
    Qnc:=(1.0-0.01*TotPerM)*Qbt;
    for j:=1 to 14 do
      PromPer[j]:=PromPer[j]+
        0.01*((CperM[j]+CperD[j])*Qbt+Qnc*CperR[j]*Acciones[j]/TotAcc);
    end; { jmes }

  write(wv,Styear-1+i:6);

  for j:=1 to 14 do
  begin
    PromPer[j]:=PromPer[j]/12;
    PromPer[j]:=PromPer[j]*MillSegAno/Area[j];
    MedPer[j]:=MedPer[j]+PromPer[j];
    write(wv,PromPer[j]:6:0);
  end; { j for }
  writeln(wv);

end;{ i for }
writeln(wv);
write(wv,' Prom');
for j:=1 to 14 do write(wv,MedPer[j]/ny:6:0);writeln(wv);

close(wv);
end;{ Percolacion }

begin { Body program }
  ClrScr;
  GoToXY(20,1);ClrEol;writeln('Programa AzpSys.PAS versión N° 2');

  ReadDtaFile;

```

```

{ Leer matrices de caudales
  Qaflcc : afluentes a embalse CotaCotani
  Qaflcp : afluentes Ciénagas de Parinacota
  QexcSnj : excedentes cuenca prealtilánica del río San José
}
fmm:='Qaflcc.qmm';
ReadMatrix(QaflCc,fmm,L1,L2,ny);

fmm:='Qaflcp.qmm';
ReadMatrix(QaflCp,fmm,L1,L2,ny);

fmm:='QexaSnj.qmm';
ReadMatrix(QexcAltoSnj,fmm,L1,L2,ny);

VuMax:=Vmax-Vmrto;
QVuMaxDia:=VuMax/MillSegDia;
Vfin:=Vin;
ny:=NumTotOfYears;
Nmeses:=ny*12;

EfcTr1CnlLca:=1.0-PerTr1CnlLca;
EfcTr2CnlLca:=1.0-PerTr2CnlLca;
EfcRioSnj:=1.0-PerRioSnj;

{ inicio ciclo años }
for i:=1 to ny do
begin
  GoToXY(20,5);write('año ',i:2);
  Bisiesto:=(Styear+i) mod 4;
{ inicio ciclo meses

jmes =1 es primer mes de la operación
meskln es el número de mes calendario que le corresponde
  si el primer mes es octubre, entonces meskln=10
}
for jmes:=1 to 12 do
begin
  GoToXY(20,6);write('mes ',jmes:2);
  meskln:=klndmes(jmes);
  ndias:=DiasMes[meskln];
  if (meskln=2) and(Bisiesto=0) then ndias:=29;

```

```

OperSysAzp;

end; { jmes for ciclo meses }

end ;{ i for ciclo años }

Percolacion;

Fnm:=Fnm0+'emb.afl'; WriteMatrix(Mafl,Fnm,TtlG,TtlMafl,1,8,3);
Fnm:=Fnm0+'emb.dem'; WriteMatrix(Mdem,Fnm,TtlG,TtlMdem,1,8,3);
Fnm:=Fnm0+'emb.evp'; WriteMatrix(Mevp,Fnm,TtlG,TtlMevp,1,8,3);
Fnm:=Fnm0+'emb.llu'; WriteMatrix(Mllu,Fnm,TtlG,TtlMllu,1,8,3);
Fnm:=Fnm0+'emb.efl'; WriteMatrix(Mefl,Fnm,TtlG,TtlMefl,1,8,3);
Fnm:=Fnm0+'emb.vrt'; WriteMatrix(Mvrt,Fnm,TtlG,TtlMvrt,1,8,3);
Fnm:=Fnm0+'emb.vuf'; WriteMatrix(MVuFin,Fnm,TtlG,TtlMVuFin,1,8,3);

Fnm:=Fnm0+'riolca.exc';WriteMatrix(MExcLca,Fnm,TtlG,TExcLca,1,8,3);
Fnm:=Fnm0+'riosnj.exc';WriteMatrix(MExcSnj,Fnm,TtlG,TExcSnj,1,8,3);
Fnm:=Fnm0+'cnlLca.qmm';WriteMatrix(MCnlLca,Fnm,TtlG,TCnlLca,1,8,3);
Fnm:=Fnm0+'cnlAzp.qmm';WriteMatrix(MCnlAzp,Fnm,TtlG,TCnlAzp,1,8,3);
Fnm:=Fnm0+'pdsAzp.pds';WriteMatrix(MPdsAzp,Fnm,TtlG,TPdsAzp,1,8,3);

GoToXY(1,13);ClrEol;write('Fin proceso' );

end. { program AzpSYS.Pas }

```

Unit AzpVarU;

```

{-----}
{ Unit      : AzpVarU.PAS }
{ Descripción : Unit con la declaración de constantes }
{ tipos y variables }
{ Autor      : Pablo Isensee M. }
{ Fecha      : dic 1994,sep 1996 }
{-----}

```

Interface

```
{$IFDEF CPU87} {$N+} {$ELSE} {$N-} {$ENDIF}
```

type

```

{$IFOPT N+}
{ real = single;}
{$ELSE}
single = real;
double = real;
extended = real;
comp = real;
{$ENDIF}
matrix=array[1..40,1..12] of real;
Vector12=array[1..12] of real;
Vector14=array[1..14] of real;
LongString=string[132];
String20=string[20];
String12=string[12];
ByteVector=array[1..12] of byte;

```

const

```

Tyear:string[8]=' Año';
Tprom:string[8]=' Prom';
Tsuma:string[8]=' Suma';
Blnk8:string[8]=' ';
Blnk5:string[5]=' ';
Tmes:array[1..12] of string[3]=
    ('ene','feb','mar','abr','may','jun',
     'jul','ago','sep','oct','nov','dic');

```

```

Tsec:array[1..14] of string[3]=
  ('S00','S13','S14','S12','S11','S10','S09',
   'S16','S08','S07','S06','S05','S04','S03');

TtlMafl:LongString='Caudal medio mensual afluyente al embalse (m3/s)';
TtlMdem:LongString='Caudal medio mensual demandado al embalse (m3/s)';
TtlMevp:LongString='Caudal medio mensual evaporado desde el embalse (m3/s)';
TtlMllu:LongString='Caudal medio mensual de lluvia en el embalse (m3/s)';
TtlMefl:LongString='Caudal medio mensual por obra de entrega embalse (m3/s)';
TtlMvrt:LongString='Caudal medio mensual vertido por el embalse (m3/s)';
TtlMVuFin:LongString='Volumen útil final del embalse ( Mm3 )';

TExcLca:LongString='Excedentes río Lauca en BT canal Lauca (m3/s)';
TExcSnj:LongString='Excedentes río San José en BT canal Azapa (m3/s)';
TCnlLca:LongString='Caudal canal Lauca en BT (m3/s)';
TCnlAzp:LongString='Caudal canal Azapa en BT (m3/s)';
TPdsAzp:LongString='Porcentaje de satisfacción demanda canal Azapa (°/1)';

DiasMes:ByteVector=(31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31);
MillSegDia:real=8.64e-2;
MillSegAño:real=31.536;
a0sv:real=2.396077;
a1sv:real=-0.117767;
a2sv:real=0.039298;
a3sv:real=-0.000903;

var
  NumTotOfYears,Styear,Nmeses                :integer;
  i,j,jdia,meskn,jmes,ny,Stmes,ndias,Bisiesto :byte;

Vmax,VuMax,Vmrto,Vfin,Vin,QVuMaxDia,
DemEmb,AflEmb,
QmxCnlLca,QmxCnlAzp,EfcTr1CnlLca,EfcTr2CnlLca,EfcRioSnj,DerLcoCos,
PerTr1CnlLca,PerTr2CnlLca,PerRioSnj,
TotPerM,TotAcc                               :real;

Mafl,Mdem,Mefl,Mevp,Mllu,Mvrt,MVuFin,
MExcLca,MExcSnj,MCnlLca,MCnlAzp,MPdsAzp,
Qaflcc,Qaflcp,QexcAltoSnj                    :matrix;

```

LluEmb,EvEmb,VecDemEmb,DemAzp,QSndLca :vector12;
CperM,CperD,CperR,Acciones,PromPer,Area,MedPer :vector14;

Fnm,Fnm0 :String12;
L1,L2,TtlG :LongString;
wv,rv :text;

Implementation

begin

end. { AzpVarU }

Unit AzpMatU;

```

{-----}
{ Unit      : AzpMatU.PAS          }
{ Descripción : Unit con funciones y procedimientos de uso      }
{           frecuente en los programas.                          }
{ Autor      : Pablo Isensee M.    }
{ Fecha      : dic 1994, sep 1996  }
{-----}

```

INTERFACE

```
uses Crt,AzpVarU;
```

```
function Pwr(BaseArg,ExpArg:real):real;
function max(Arg1,Arg2:real):real;
function min(Arg1,Arg2:real):real;
function klndmes(j:byte):byte;
function Sup(x:real):real;
```

```
procedure OperQ(var Q,Dem,Dsupl,Def:real);
procedure RegMesEmb;
```

IMPLEMENTATION

```
function Pwr(BaseArg,ExpArg:real):real;
begin
  Pwr:=Exp(ExpArg*Ln(BaseArg))
end;
```

```
function max(Arg1,Arg2:real):real;
begin
  if Arg1>Arg2 then max:=Arg1
  else max:=Arg2;
end;{ max }
```

```
function min(Arg1,Arg2:real):real;
begin
  if Arg1<Arg2 then min:=Arg1
  else min:=Arg2;
end;{ min }
```

```
function klndmes(j:byte):byte;
begin
  meskln:=(Stmes-1+j) mod 12;
  if meskln=0 then meskln:=12;
  klndmes:=meskln;
end;{ klndmes }
```

```
function Sup(x:real):real;
begin
  Sup:=a0sv+x*(a1sv+x*(a2sv+x*a3sv));
  { x en Mm3
  Sup en km2 }
end;
```

```
procedure OperQ(var Q, Dem, DSupl, Def:real);
begin
  if Q<Dem then DSupl:=Q
  else DSupl:=Dem;
  Def:=Dem-DSupl;
  Q:=Q-DSupl;
end;
```

```
procedure RegMesEmb;
var
  Evp, Lluvia, QVuf, Efl, Vrt,
  SEvp, SLluvia, SEfl, SVrt, FacConv, Area      :real;
  jdia:byte;
begin

  SEvp:=0.0; SLluvia:=0.0; SEfl:=0.0; SVrt:=0.0;
  FacConv:=1e-3/ndias/MillSegDia;

  for jdia:=1 to ndias do
  begin
    GoToXY(20,7);write('dia ',jdia:2);

    QVuf:=(Vfin-Vmrto)/MillSegDia+AflEmb;
    Area:=Sup(Vfin); { area en km2 }
  {
    Evp:=1e-3*EvEmb[meskln]/ndias*Area/MillSegDia;
    Lluvia:=1e-3*LluEmb[meskln]/ndias*Area/MillSegDia;
  }
  Evp:=FacConv*EvEmb[meskln]*Area;
```

Lluvia:=FacConv*LluEmb[meskln]*Area;

Evp:=min(QVuf,Evp);
QVuf:=QVuf-Evp+Lluvia;

Efl:=min(QVuf, DemEmb);
QVuf:=QVuf-Efl;

Vrt:=max(QVuf-QVuMaxDia,0.0);
QVuf:=QVuf-Vrt;

Vfin:=QVuf*MillSegDia+Vmrto;

SEvp:=SEvp+Evp;
SLluvia:=SLluvia+Lluvia;
SEfl:=SEfl+Efl;
SVrt:=SVrt+Vrt;
end; { jdia for }

Mevp[i,jmes]:=SEvp/ndias;
Mllu[i,jmes]:=SLluvia/ndias;
Mefl[i,jmes]:=SEfl/ndias;
Mvrt[i,jmes]:=SVrt/ndias;
MVuFin[i,jmes]:=Vfin-Vmrto;

end; { RegMesEmb }

end. { AzpMatU }

Unit AzpRwU;

```

{-----}
{ Unit      : AzpRwU.PAS                }
{ Descripción : Unit con procedimientos para IO de matrices  }
{ Autor      : Pablo Isensee M.         }
{ Fecha      : abr,may 1995, sep 1996   }
{-----}

```

Interface

```

uses Crt,AzpVarU,AzpMatU;

procedure ReadMatrix(var Mat:matrix;
                    fnm:String12;
                    var L1Mat,L2Mat:LongString;
                    var ny:byte);

procedure WriteMatrix(var Mat:matrix;
                     fnm:String12;
                     var L1Mat,L2Mat:LongString;
                     IndPro,FieldLen,DecLen:byte);

```

Implementation

```

procedure ReadMatrix(var Mat:matrix;
                    fnm:String12;
                    var L1Mat,L2Mat:LongString;
                    var ny:byte);
var
  IOCode,j,nyear:integer;
  Rv:text;
begin
  assign(Rv,fnm);reset(Rv);
  readln(Rv,L1Mat);readln(Rv,L2Mat);readln(Rv);
  readln(Rv);readln(Rv);
  ny:=0;
  read(Rv,nyear);

  repeat;{ loop de años con control a la salida }
    ny:=ny+1;

```

```

for j:=1 to 12 do read(Rv,Mat[ny,j]); readln(Rv);

{$I-}
read(Rv,nyear);{ permite leer files con o sin promedios }
{$I+}
IOCode:=IOResult;

until (IOCode<>0) or (eof(Rv));{ end of repeat }

close(Rv);
end; { ReadMatrix }

procedure WriteMatrix(var Mat:matrix;
                      fnm:String12;
                      var L1Mat,L2Mat:LongString;
                      IndPro,FieldLen,DecLen:byte);

var
  SumSqrX,SumX,Xmed,Xmax,Xmin,DesvEst           :array[1..14] of real;
  Xmat,SumYear,SumVer,SsqDif,PromVer,PromYear   :real;
  Wv:text;
  j,meskln:byte;

begin
  assign(Wv,fnm);rewrite(Wv);
  GoToXY(1,12);ClrEol;write('Grabando matriz '+fnm);
  writeln(Wv,Blnk8,Blnk8,L1Mat);
  writeln(Wv,Blnk8,Blnk8,L2Mat);writeln(Wv);
  write(Wv,Blnk8,Tyear);

  for j:=1 to 12 do
  begin
    meskln:=kIndmes(j);
    write(Wv,Blnk5,Tmes[meskln]);
  end;
  if IndPro=1 then
    write(Wv,' PromVer',Tprom:FieldLen)
  else
    write(Wv,' SumaVer',Tsuma:FieldLen);

  writeln(wv);writeln(wv);
  for j:=1 to 14 do

```

```

begin
  SumX[j]:=0.0;SumSqrX[j]:=0.0;Xmax[j]:=0.0;Xmin[j]:=1e6;
end;
for i:=1 to ny do
begin
  SumYear:=0.0;SumVer:=0.0;
  write(Wv,i+Styear-1:16);
  for j:=1 to 12 do
  begin
    Xmat:=Mat[i,j];
    Xmax[j]:=max(Xmat,Xmax[j]);
    Xmin[j]:=min(Xmat,Xmin[j]);
    write(Wv,Xmat:FieldLen:DecLen);
    SumYear:=SumYear+Xmat;
    SumX[j]:=SumX[j]+Xmat;
    SumSqrX[j]:=SumSqrX[j]+Xmat*Xmat;
    if j>6 then SumVer:=SumVer+Xmat;
  end; { j for }
  if IndPro=1 then
  begin
    PromVer:=SumVer/6;PromYear:=SumYear/12;
    writeln(Wv,PromVer:FieldLen:DecLen,PromYear:FieldLen:DecLen);

    SumX[13]:=SumX[13]+PromVer;
    SumX[14]:=SumX[14]+PromYear;

    Xmax[13]:=max(PromVer,Xmax[13]);
    Xmin[13]:=min(PromVer,Xmin[13]);
    Xmax[14]:=max(PromYear,Xmax[14]);
    Xmin[14]:=min(PromYear,Xmin[14]);

    SumSqrX[13]:=SumSqrX[13]+Sqr(PromVer);
    SumSqrX[14]:=SumSqrX[14]+Sqr(PromYear)
  end
  else
  begin
    writeln(Wv,SumVer:FieldLen:DecLen,SumYear:FieldLen:DecLen);

    SumX[13]:=SumX[13]+SumVer;
    SumX[14]:=SumX[14]+SumYear;

    Xmax[13]:=max(SumVer,Xmax[13]);
    Xmin[13]:=min(SumVer,Xmin[13]);

```

```
Xmax[14]:=max(SumYear,Xmax[14]);
Xmin[14]:=min(SumYear,Xmin[14]);

SumSqrX[13]:=SumSqrX[13]+Sqr(SumVer);
SumSqrX[14]:=SumSqrX[14]+Sqr(SumYear)
end;
end; { i for }

writeln(Wv);write(Wv,Blk8,Tprom);
for j:=1 to 14 do
begin
  Xmed[j]:=SumX[j]/ny;
  SsqDif:=max(0.0,SumSqrX[j]-ny*Sqr(Xmed[j]));
  DesvEst[j]:=Sqrt(SsqDif/(ny-1));
  write(Wv,Xmed[j]:FieldLen:DecLen);
end;

writeln(Wv);write(Wv,Blk8,' DesvEsT');
for j:=1 to 14 do write(Wv,DesvEst[j]:FieldLen:DecLen);

writeln(Wv);write(Wv,Blk8,' Max');
for j:=1 to 14 do write(Wv,Xmax[j]:FieldLen:DecLen);

writeln(Wv);write(Wv,Blk8,' Min');
for j:=1 to 14 do write(Wv,Xmin[j]:FieldLen:DecLen);

close(Wv);
end; { WriteMatrix }

end. { AzpRwU }
```

II. MANUAL DEL MODELO DE PRONÓSTICO DE CAUDALES AFLUENTES

INDICE

1	LAGUNA COTACOTANI	1
2	CIÉNAGAS DE PARINACOTA	2
3	RIO SAN JOSÉ	2

MANUAL DE USO DE LA IMPLEMENTACIÓN COMPUTACIONAL DE LOS MODELOS ESTADÍSTICOS DE PRONÓSTICO

En el presente acápite se entregan al usuario las nociones básicas para poder utilizar tres programas, compilados en lenguaje BASIC, que entregan el pronóstico de los caudales para los afluentes de la laguna Cotacotani, para las ciénagas de Parinacota y eventualmente, con las reservas del caso, para los excedentes del río San José.

Para ejecutar los programas basta con un computador que cumpla con los requerimientos computacionales señalados en el capítulo 2 del apartado correspondiente a la operación de los modelos hidrogeológicos, pudiendo ser suficiente para este caso tan sólo 8 Mb Ram y 40 Mb libres en disco duro. Los programas son archivos ejecutables (COTA.EXE, PARI.EXE Y SANJOSE.EXE) que corresponden a cada uno de los puntos pronosticados (ver puntos siguientes). Además se entregan las librerías de programas necesarios para ejecutar los módulos mencionados. Cada programa se ejecuta invocando el nombre del archivo ejecutable desde la entrada de comandos en DOS o desde WINDOWS.

Estos programas son el resultado de considerar las relaciones obtenidas a partir de los análisis estadísticos efectuados para las series de caudales existente para cada uno de los casos estudiados (ver Informe Final del estudio). A continuación se explica cada uno de los programas por separado:

1 LAGUNA COTACOTANI:

El programa que se entrega tiene el nombre de COTA.EXE, el que da la posibilidad de obtener los caudales pronosticados para diferentes períodos de tiempo, dentro del rango de meses entre Abril y Octubre.

El menú principal da la opción de pronosticar siete períodos diferentes, desde Abril a Octubre. Al elegir cualquiera de las alternativas se deberá tener en cuenta que como datos de entrada se necesitarán los valores de los caudales para cada uno de los meses anteriores al período a pronosticar, medidos en l/s, los que se entregan como información por pantalla cada vez que el programa lo requiera. Como ejemplo, para el período de pronóstico Abril a Noviembre se necesitan los valores de los caudales de los meses de Febrero y Marzo, medidos en l/s.

Al efectuar cada uno de los pronósticos se puede generar un archivo de salida con los resultados obtenidos. Se debe entregar por pantalla el nombre del archivo de salida, el que se generará en el mismo directorio en que se encuentra el programa COTA.EXE.

2 CIÉNAGAS DE PARINACOTA:

El nombre del programa que genera el pronóstico de caudales para este caso en particular se denomina PARI.EXE.

El menu principal es semejante al caso de la Laguna Cotacotani.

Lo particular de este caso es la necesidad de contar además de los valores de los meses de Febrero y Marzo, en cuanto a caudales, con el valor del mes de Enero, necesario para poder generar el caudal pronosticado del mes de Abril, el que se encuentra, a su vez, en el pronóstico del período de Abril a Noviembre. Para los demás períodos la información requerida es la misma que para el caso del punto 1.

El archivo de salida, posible de generar, necesita el nombre de este archivo y se genera en el mismo directorio en el que se encuentra el programa PARI.EXE.

3 RIO SAN JOSÉ:

El nombre del programa que genera el pronóstico de caudales para este caso en particular se denomina SANJOSE.EXE.

El menú principal, a diferencia de los anteriores, sólo solicita las estadísticas de precipitación en los meses de Enero, Febrero y Marzo, entregando el resultado de la estimación, sin posibilidad de actualización.

El archivo de salida, posible de generar, necesita el nombre de este archivo y se genera en el mismo directorio en el que se encuentra el programa SANJOSE.EXE.

***III. MANUAL DE OPERACIÓN DE LOS MODELOS
HIDROGEOLÓGICOS AZAPA Y LAUCA (VMF)***

INDICE

1	INTRODUCCIÓN	1
2	REQUERIMIENTOS DE HARDWARE	2
3	EJECUCIÓN DEL PROGRAMA	2
4	CÓMO CARGAR LOS MODELOS AZAPA Y LAUCA	2
5	MENÚ ENTRADA (INPUT). MODIFICACIÓN DE DATOS	3
5.1	GENERAL	3
5.2	AGREGAR O MODIFICAR POZOS DE BOMBEO	4
5.3	CREAR O MODIFICAR ZONAS DE RECARGA DESDE LA SUPERFICIE	5
5.4	CALCULAR BALANCES DE AGUA EN SUBSECTORES	7
5.5	MODIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES DE BORDE	7
6	MENÚ DE EJECUCIÓN (RUN) DEL MODELO	7
7	MENU DE SALIDA (OUTPUT). ANÁLISIS DE RESULTADOS	8
8	RESUMEN DE FUNCIONES Y OPCIONES DEL PROGRAMA	9

MANUAL DE OPERACIÓN DE LOS MODELOS HIDROGEOLOGICOS DEL VALLE DEL RÍO SAN JOSÉ Y RÍO LAUCA

1 INTRODUCCIÓN

Los modelos hidrogeológicos desarrollados para los valles de Azapa y Lauca fueron construidos sobre el código computacional denominado Visual MODFLOW (VMF), el cual comprende un pre y post procesador para los programas MODFLOW y MODPATH, siendo este último una rutina incluida en las opciones (menús) del propio VISUAL-MODFLOW. El MODFLOW es un programa que permite representar los flujos subterráneos en 3 dimensiones considerando todas las posibles interacciones que un sistema acuífero pueda tener con su entorno. El MODPATH es un programa de seguimiento de partículas con el que se pueden determinar líneas de flujo y zonas de captura asociadas al patrón de flujo.

A través de la interfaz VMF se integran dichas componentes en un ambiente gráfico de fácil acceso y utilización. La interfaz gráfica del programa VMF está dividida en tres grandes grupos: entrada (INPUT), ejecución (RUN) y salida (OUTPUT). En “entrada” se crea o modifica una aplicación completa. En el menú de “ejecución” se ejecuta el programa para ciertas condiciones iniciales y temporales (régimen permanente o impermanente). En la opción “salida” se pueden ver los resultados y su representación gráfica, además de exportar los datos a otras aplicaciones.

Con esta herramienta se ha elaborado una representación del flujo subterráneo del valle del río San José en el sector de Azapa (Modelo Azapa) y del acuífero correspondiente al río Lauca en el altiplano (Modelo Lauca). Las características y detalles de los sistemas acuíferos asociados pueden consultarse en los textos de los informes correspondientes.

Este manual se divide en dos partes. En la primera parte se muestran paso a paso las opciones para acceder a cada sección o componente de cada modelo, ya sea en general o en particular, y cómo modificarlas. En la segunda parte se entrega una visión sintética completa de todas las opciones de los menús y las barras de funciones que incluye el programa, lo cual permite una consulta rápida.

Las explicaciones se efectúan conjuntamente para ambas aplicaciones (Azapa y Lauca) señalando explícitamente aquellas particularidades de cada caso cuando corresponda.

2 REQUERIMIENTOS DE HARDWARE

Para ejecutar VMF se requiere contar con un computador con la siguiente configuración mínima recomendada:

- 16 Mbytes de RAM
- disketera de alta densidad de 3 ½" (1,44 Mbyte)
- disco duro con al menos 40 Mbyte libres (se recomiendan 60 Mbyte mínimo)
- tarjeta de video VGA
- ratón Microsoft o compatible
- DOS 5.0 o superior
- coprocesador matemático

Si se presentan problemas con una configuración particular del equipo, consulte la guía " Trouble shooting" del capítulo 7 del manual del fabricante: VISUAL MODFLOW Versión 1.5, Nilson Guiguer and Thomas Franz, Warterloo Hidrogeologic Software, 1996. Dicho manual y sus discos de instalación fueron entregados a la Dirección General de Aguas junto con todo el material asociado al presente contrato de consultoría.

3 EJECUCIÓN DEL PROGRAMA

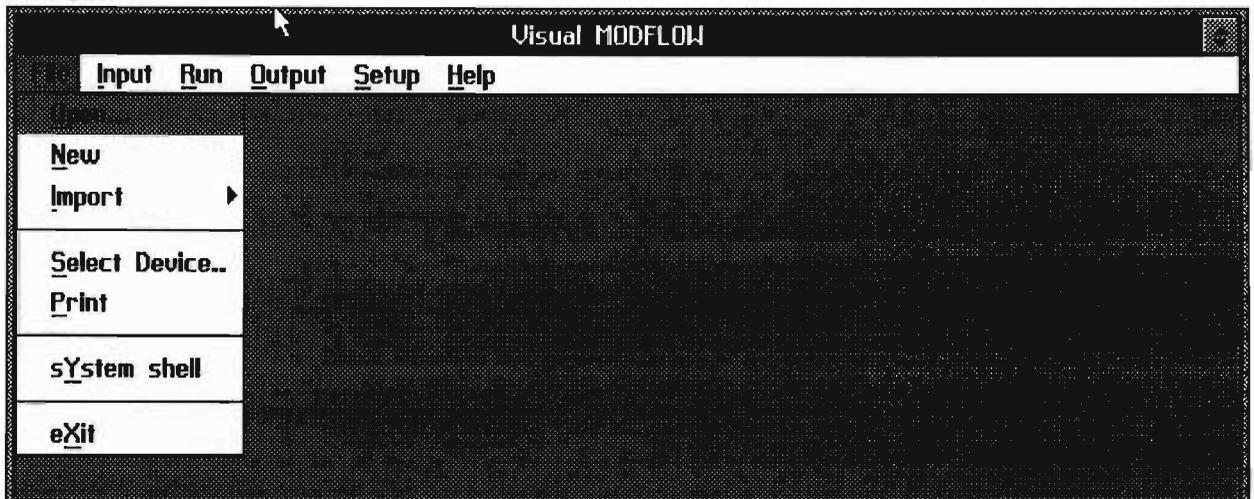
Desde el sistema DOS., ingresar al subdirectorio donde se encuentra grabado el VMF, desde dicho subdirectorio, tipear VMODFLOW y ejecutar ENTER. El software muestra su presentación y con [ENTER] o posicionando el cursor con el mouse sobre la tecla <OK> que aparece en pantalla, se prosigue.

Desde WINDOWS se accede a través del menú de INICIO, seleccionado la opción EJECUTAR c:\ [directorio] \ vmodflow.

4 CÓMO CARGAR LOS MODELOS AZAPA Y LAUCA

En la parte superior izquierda de la pantalla, barra de funciones del menú principal, en <FILE> se elige <OPEN> (Figura N°1) y se muestra una ventana donde se puede seleccionar el archivo Azapa.vmf o Lauca.vmf en los subdirectorios correspondientes. Seleccionando dichos archivos con un doble clic del ratón o con [ENTER], aparece en pantalla una visión en planta del modelo correspondiente.

FIGURA 1



5 MENÚ ENTRADA (INPUT). MODIFICACIÓN DE DATOS

5.1 GENERAL

Eligiendo <Input>, se ingresa al submenú que maneja los datos de entrada y características de cada modelo. Ver Figura N°2.

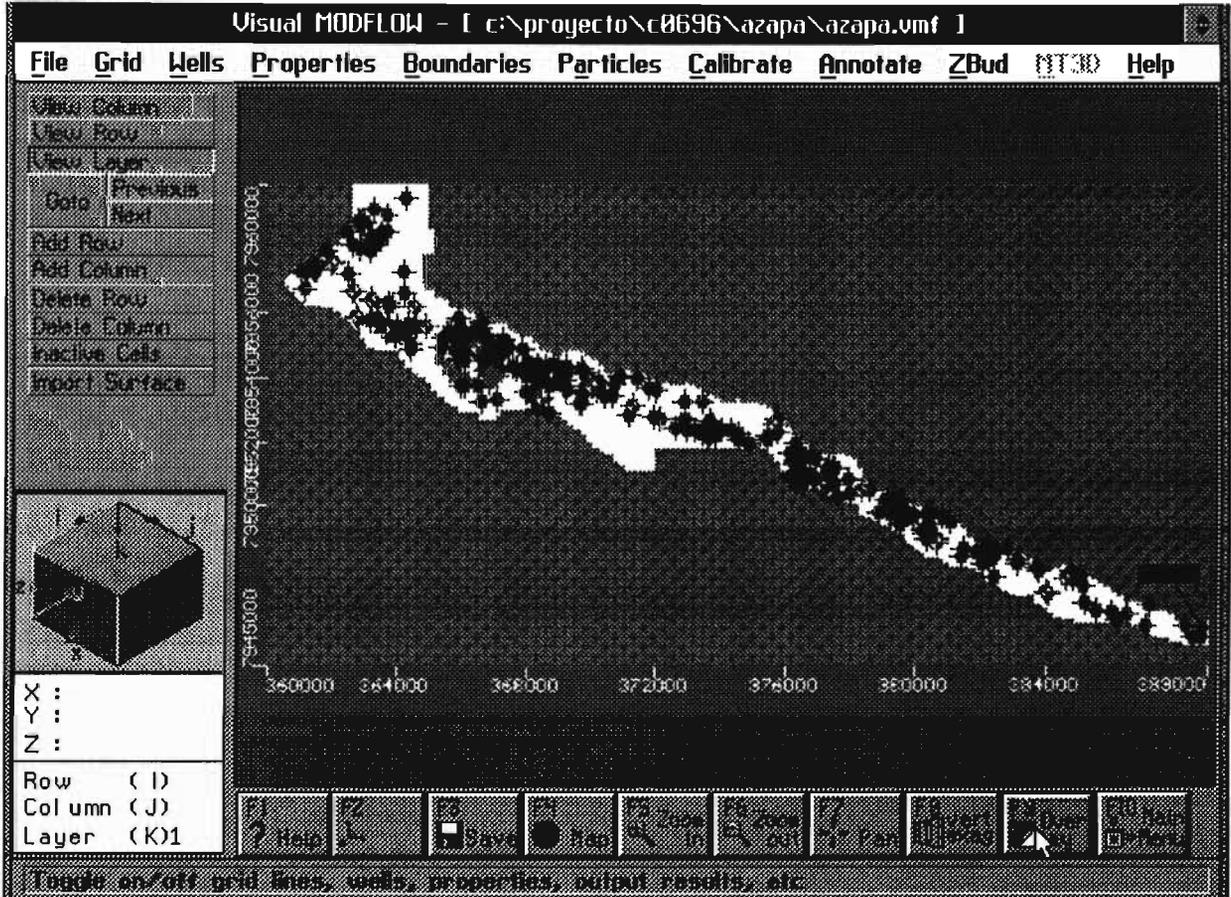
Como se puede ver en pantalla, el tramado de filas y columnas no permite ver los elementos incorporados en el modelo. Para visualizar la zona modelada completa se debe eliminar la grilla, puesto que las dimensiones de la pantalla, el espaciamiento adoptado y la resolución gráfica del software no permiten ver simultáneamente algunos elementos.

En la barra ubicada en el extremo inferior aparece una serie de 10 funciones globales. Con [F9]-<OVERLAY> se activa una ventana que incluye un listado con todos los elementos que aparecen o pueden incorporarse a la pantalla. Desactivando <GRID OVERLAY> desaparece el tramado de la malla por ejemplo.

La zona blanca interior indica celdas activas, es decir, celdas donde se produce flujo. El sector gris corresponde a celdas inactivas, en estas no existe flujo subterráneo y representan las formaciones rocosas y zonas impermeables que rodean los acuíferos. Los puntos verdes indican pozos de observación y los de color rojo, pozos de bombeo.

Con la función [F5] de la barra inferior se pueden seleccionar zonas específicas, las que se pueden apreciar con mayor detalle usando <ZOOM IN>, la visión completa se recupera con [F6]-<ZOOM OUT>. Con la función F10 <MAIN MENU> se regresa al menú principal.

FIGURA 2



5.2 AGREGAR O MODIFICAR POZOS DE BOMBEO

Desde el input se selecciona en la barra superior <WELLS>. Para agregar un nuevo pozo se activa la opción <ADD WELL> de la barra vertical izquierda de la pantalla, y el cursor se posiciona en donde se quiere agregar un pozo, el que se puede ubicar en cualquier punto de la malla.

Con un clic en el botón izquierdo del mouse aparece la página de edición del nuevo pozo. Se debe asignar un nombre al pozo (<WELL NAME>) e ingresar las coordenadas del punto donde se desea ubicar el pozo si es que se necesita modificar o precisar dicha ubicación. A la izquierda de la pantalla se muestra un corte vertical del pozo, con la tecla <ADD SCREEN> en pantalla se activa el mouse para definir la zona captante del pozo, con <SCREEN ALL> se asigna criba a toda la longitud del pozo. También se puede ingresar la criba con <EDIT WELL SCREEN> y las cotas extremas de la zona captante.

A la derecha de la pantalla se ingresa la regla de explotación del pozo; esta se establece con el caudal de extracción (<RATE>) en m³/día y el tiempo inicial (<START>) y el tiempo final (<STOP>) para cada período de bombeo. Para reglas de operación variables se repite el procedimiento para cada caudal.

Un detalle del resto de las opciones que incorpora el submenú <WELLS>, se pueden consultar en el capítulo 2.6 del Manual del fabricante.

El detalle de los bombeos de cada pozo considerado en el modelo puede consultarse en el Anexo 6.3-3 “Bombeos Históricos valle de Azapa” del Informe.

Para incorporar un pozo de observación, se realiza un procedimiento análogo en el submenú <CALIBRATE>. En este caso no se necesita ingresar un bombeo y pueden digitarse opcionalmente los valores observados del nivel.

5.3 CREAR O MODIFICAR ZONAS DE RECARGA DESDE LA SUPERFICIE

La recarga areal se asigna siempre sobre el estrato superior en el modelo (si hay más de un estrato representado).

Para el caso del modelo Azapa, se definieron 16 sectores diferentes que corresponden a las distintas zonas de riego, al río San José, un sector auxiliar y zona urbana. Dichos sectores se identifican con un número en el modelo y corresponden a los señalados en el Cuadro 1 (corresponde al cuadro 6.3.2-4 del informe principal del estudio).

En el mencionado cuadro se indican el nombre del sector, el área asociada y el caudal de recarga promedio para el período de calibración del modelo. Dicho flujo es el que puede ser cambiado para representar otra situación de interés.

El área indicada en el cuadro es útil para convertir un caudal dado en volumen por unidad de tiempo a tasa de recarga, es decir altura de agua o lámina anual.

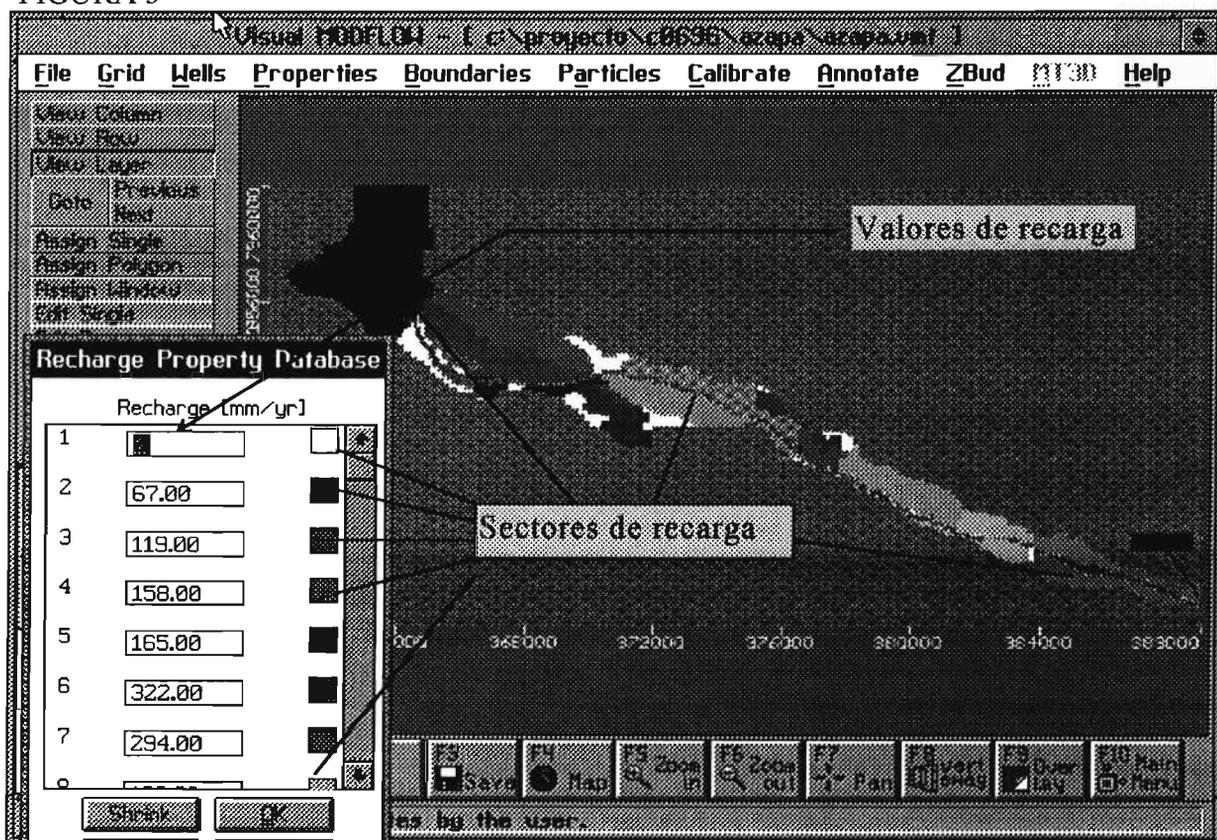
La modificación de las tasas de recarga se ingresa en un cuadro de diálogo similar al de los bombeos pero en régimen permanente. Se pueden modificar individualmente las tasas de un sector en particular con la opción <Edit Property>, o todas juntas con la opción <Database>. La identificación de cada sector es muy fácil puesto que cada uno lleva asociado un color determinado.

La creación de un nuevo sector se puede efectuar individualmente en cada celda con la opción <Assign Single>, en forma de polígono con <Assign Polygon> o en forma de ventana con <Assign Windows>.

CUADRO 1
SECTORES DE RECARGA MODELO AZAPA

SECTOR	NOMBRE SECTOR	AREA	CAUDAL	TASA
Nº		(m ²)	(l/s)	(mm/año)
1	AUXILIAR	8570200		0
2	ARICA - RED	15129250	32,000	67
3	PAGO DE GÓMEZ S	5288850	20,009	119
4	PAGO DE GÓMEZ N	3719350	18,682	158
5	CERRO SOMBRERO	1259250	6,608	165
6	ALTO RAMÍREZ SUR	2558650	26,136	322
7	ALTO RAMÍREZ NORTE	292000	2,726	294
8	LAS MAITAS	3938350	22,736	182
9	SAN MIGUEL	919800	1,170	40
10	LAS RIVERAS	1011050	8,110	253
11	CERRO MORENO	3861170	13,452	110
12	SANTA IRENE(Norte y Sur)	2660850	18,928	224
13	CERRO BLANCO	3310550	21,358	203
14	CABUZA	1500150	6,435	135
15	RÍO SAN JOSÉ	4029600	0,000	0
16	JUAN NOE (VERT)	3121655	10,335	104

FIGURA 3



5.4 CALCULAR BALANCES DE AGUA EN SUBSECTORES

Si se requiere estudiar el efectos de nuevas captaciones o de cualquier otra alteración del patrón de flujo subterráneo, puede resultar interesante evaluar los volúmenes de agua que vienen de cada zona circundante o los balances hídricos asociados a una zona en particular.

Desde el menú Input en <ZBUD> con <ASSIGN SINGLE> o <ASSIGN POLYGON> se marca con el cursor las celdas que cubren la zona en las que se desea evaluar el flujo pasante o donde establecer el balance. Si se desea evaluar en otras zonas de manera simultánea, se debe repetir el proceso asignando las celdas a otro PROPERTY.

Luego al correr el modelo, el <ZONE BUDGET> evaluará los caudales que entran y salen a las zonas definidas. Los resultados se pueden ver en el submenú <OUTPUT>, seleccionando <ZBUDGET>.

5.5 MODIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES DE BORDE

Aunque no se recomienda puesto que el modelo ya fue calibrado, puede ser necesario modificar las condiciones de recarga en algún sector, como en el extremo Oriente aguas arriba de Cabuza donde se inicia el modelo Azapa o en las entradas y salidas de agua del modelo Lauca (río Lauca extremo norte y extremo suroriente o río Viscachani extremo poniente). Para ello se debe seguir la siguiente secuencia:

<MAIN MENU> <INPUT> <BOUNDARIES> <CONSTANT HEAD>

Las celdas que corresponden a condiciones de borde de nivel constante aparecen de color burdeos; con la barra de funciones vertical del lado izquierdo de la pantalla, se puede editar individualmente las celdas que se desee modificar.

6 MENÚ DE EJECUCIÓN (RUN) DEL MODELO

Si se han efectuado cambios en el archivo base se debe grabar el archivo (<File> <Save> o <Save as>), volver al menú principal y seleccionar:

<RUN> TRANSIENT <OK>

Luego se debe elegir la distribución de niveles que se desea adoptar como punto de partida de la ejecución, es decir, la condición inicial.

<BASIC> <INITIAL HEADS> <PREVIOUS VISUAL MODFLOW RUN>

Se debe seleccionar el archivo H0.hds que se encuentre en el directorio de trabajo del usuario:

C:\ \..... \..... \h0.hds

Luego se debe seleccionar el tiempo 0 (Time 0), período 1 (Period 1) y paso de tiempo 1 (Time step1),

Este instante inicial corresponde a la distribución piezométrica de niveles generada con la ejecución del propio modelo según los datos históricos del período inicial de simulación (1990). No es conveniente modificar la opción de partida ni el tipo de dato inicial.

La regla de paso de tiempo se modifica en la opción

<BASIC> <TIME>

apareciendo un cuadro de diálogo titulado:

<STRESS PERIOD WINDOWS>

En el cuadro se indican el N° del período, el tiempo inicial (START), el tiempo final (STOP), el número de pasos de tiempo (Time Steps) y un multiplicador del incremento de tiempo.

Finalmente en el menú <Run Model> se eligen las opciones <Run Modflow> y <Run Zone budget>. Esta última opción es opcional y se requiere ejecutar en caso de cambios en los balances por zonas.

Más detalles respecto de otras opciones en el menú de ejecución pueden ser consultadas en el manual comercial del modelo.

7 MENU DE SALIDA (OUTPUT). ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este nivel el programa permite al usuario visualizar los resultados en pantalla, imprimirlos o exportarlos como archivos de intercambio de información ya sea gráfica o de texto.

De todas las opciones disponibles (ver Figura 4) se destacan las que permiten visualizar las curvas de igual valor del potencial hidráulico (<Head>) asociado al agua subterránea (isopiezométricas para el caso de acuífero confinado o isofreáticas para un

acuífero libre), las que entregan el campo de velocidades (<Velocities>) del flujo regional, el contraste con valores observados (<Calibrate>) en algunos puntos (nivel vs. tiempo) y el balance general de todo el modelo o para zonas previamente definidas (<Zbudget>).

Del menú vertical del costado izquierdo de la pantalla se puede seleccionar <Options>, que permite especificar el valor mínimo, el máximo, el intervalo, el color y la precisión de las curvas de nivel, para un determinado tiempo de salida (con la opción <Choose Time>).

Con la opción <Select> se seleccionan los pozos de observación previamente definidos para poder visualizar puntualmente los niveles en función del tiempo. Una vez seleccionados los puntos (cambian de color verde a azul), se activa el gráfico (limnigrama) con la opción <Head vs. Time>.

Seleccionando <Zbudget> del menú principal superior se accede a los resultados del balance hídrico. Dentro del menú vertical del costado izquierdo de la pantalla se puede escoger <Mass Balance> para ver los resultados globales del balance de aguas, o sea a toda la zona modelada. La opción <Zbud Output> entrega los resultados del balance por cada zona definida.

FIGURA 4



8 RESUMEN DE FUNCIONES Y OPCIONES DEL PROGRAMA

En los Cuadros que se presentan a continuación, se resumen y describen las funciones del Menú Principal y los submenús Input, Run y Output.

MENÚ PRINCIPAL		
FILE (Archivo)	OPEN	
	NEW	
	IMPORT	
	SELECT DEVICE	
	PRINT	
	SYSTEM SHELL	
	EXIT	
INPUT (Datos de Entrada)	FILE	
	GRID	
	WELLS	
	PROPERTIES	
	BOUNDARIES	
	PARTICLES	
	CALIBRATE	
	ANNOTATE	
	ZBUD	
	MT3D	
HELP		
RUN(Ejecutar)	TRANSIENT (Régimen Impermanente)	FILE
		BASIC
		SOLVER
		RECHARGE
		LAYER
		BCF
	STEADY STATE (Régimen Permanente)	OC
		PATHLINES
		RUN MODEL
		TRANSLATE
		HELP
		FILE
		HEAD
DRAWDN		
VELOCITIES		
CALIBRATE		
PATHLINES		
ZBUDGET		
BND/PROP		
MT3D		
HELP		
OUTPUT (Datos de Salida)		
SETUP		
HELP		

INPUT (Datos de entrada)		
FILE (Archivo)	SAVE	Grabar archivo en uso, si se ha especificado un nombre, se graba directamente con éste
	SAVE AS	Grabar archivo, con la opción de asignar otro nombre u otro directorio
	SELECT DEVICE	Elegir el tipo de impresora
	PRINT	Imprimir
	MAIN MENU	Volver al menú principal
GRID (Malla)	VIEW COLUMN	Ver corte por columna
	VIEW ROW	Ver corte por fila
	VIEW LAYER	Ver planta de un estrato
	GOTO	ir a una fila, columna o estrato siguiente o anterior
	ADD ROW	Agregar división de una fila
	ADD COLUMN	Agregar división de una columna
	DELETE ROW	Borrar división para enlazar 2 filas en una
	DELETE COLUMN	Borrar división para enlazar 2 columnas en una
	INACTIVE CELLS	Activar o desactivar celdas
	IMPORT SURFACE	Importar superficie tridimensional desde archivo formato Ascii o desde el Software Surfer
WELLS (Pozos)	ADD WELL	Agregar pozo
	DELETE WELL	Borrar pozo
	EDIT WELL	Editar pozo Existente
	GRAPH	Mostrar reglas de explotación de pozos de forma gráfica
	MOVE WELL	Mover pozo
	COPY WELL	Copiar pozo
PROPERTIES (Parámetros)	CONDUCTIVITY	Ingresar distribución de permeabilidad
	STORAGE	Ingresar distribución de parámetros de almacenamiento
	RECHARGE	Ingresar distribución de recargas superficiales
	EVAPOTRANSPIRATION	Ingresar distribución de evapotranspiración

INPUT (Datos de entrada) [continuación]		
BOUNDARIES (Límites)	CONSTANT HEAD	Definir celdas de nivel piezométrico conocido
	RIVERS	Asignar celdas del tipo río
	GHB	Definir celdas del tipo GHB, que consideran una condición de borde de flujo cuyo caudal de entrada o salida depende del nivel piezométrico de las celdas circundantes y del nivel especificado para la celda GHB
	DRAIN	Asignar celdas del tipo dren
	WALL	Crear una muralla de espesor y permeabilidad definida
	PARTICLES (Trazadores)	ADD PARTICLE
ADD LINE		Agregar una serie de partículas en línea
ADD CIRCLE		Agregar una serie de partículas dispuestas en una circunferencia
DELETE		Borrar partícula
TRACKING		Permite cambiar el sentido de desplazamiento de la partícula según el flujo a favor o en contra
COPY		Copiar las partículas incorporadas de un estrato a otro
CALIBRATE (Pozos de Observación)	ADD OBS	Agregar punto de observación de nivel
	DELETE OBS	Borrar punto de observación de nivel
	EDIT OBS	Editar punto de observación
	IMPORT OBS	Importar puntos de observación desde archivo formato Ascii
ANNOTATE (Objetos Gráficos)	ADD ARROW	Agregar flecha
	ADD RECTANGLE	Agregar rectángulo
	ADD CIRCLE	Agregar círculo
	ADD TEXT	Agregar texto
	ADD LINE	Agregar línea
	EDIT SINGLE	Editar anotación
	MOVE SINGLE	Mover anotación
ZBUD (Balances Volumétricos)	ASSIGN SINGLE	Asignar celda de balance volumétrico
	ASSIGN POLYGON	Asignar polígonos de balance volumétrico
	ASSIGN WINDOW	Asignar rectángulo
	COPY LAYER	Copiar distribución de áreas de evaluación de balances de un estrato a otro
	DATA BASE	mostrar listado con las distintas áreas de evaluación asignadas
MT3D		Opción reservada para una versión posterior
HELP (Ayuda)		Ayuda; sólo incluye especificaciones acerca de la versión del Visual Modflow

RUN (Ejecución del modelo)



SELECT RUN TYPE	Elegir tipo de ejecución
1) TRANSIENT	Régimen Impermanente
2) STEADY STATE	Régimen Permanente



FILE (Archivo)	SAVE	Grabar archivo en uso, si se ha especificado ya un nombre, se graba directamente con dicho nombre
	SAVE AS	Grabar archivo, con la opción de asignar otro nombre u otro directorio
	MAIN MENU	Volver al menú principal
BASIC	TIME	Mostrar los períodos de tiempo definidos para la modelación y definir el paso o incremento de tiempo
	INITIAL HEADS	Establecer las condiciones iniciales de la modelación, se tienen las siguientes opciones: <ul style="list-style-type: none"> - Un nivel uniforme para toda la malla - Importar una superficie piezométrica desde el Software Surfer - Importar una superficie de archivo de formato Ascii - Distribución de niveles piezométricos generados en alguno de los períodos de simulación de otra ejecución del Visual Modflow
SOLVER	Elegir el algoritmo para resolver los sistemas de ecuaciones que determinan las distribuciones de niveles piezométricos simulados	
RECHARGE	La recarga se aplica a la capa del extremo superior o a la celda activa ubicada más arriba en cada columna vertical	
LAYER	Elegir el tipo de napa asociado a cada capa	
BCF	Activar capacidad de rehumedecimiento de celdas y elegir los parámetros relacionados	
OC	Output Control	Definir en qué instantes se desea obtener resultados y de qué variables
	List File Opts	Definir formatos de resultados y archivos de salida
PATHLINES	Establecer las opciones del movimiento de partículas indicadoras, como el detener el movimiento de una partícula cuando el flujo de descarga desde una celda es muy pequeño con respecto al flujo total que ha entrado a ésta	
RUN MODEL	Ejecutar el modelo	
		Modflow (niveles) Zone Budget (balance)
TRANSLATE	Crear los archivos de datos que requiere el programa para ser ejecutado	
HELP	Ayuda; sólo incluye especificaciones acerca de la versión del Visual Modflow	

OUTPUT		
FILE	SAVE	Grabar archivo en uso, si se ha especificado un nombre, se graba directamente con éste
	SAVE AS	Grabar archivo, con la opción de asignar otro nombre u otro directorio
	SELECT DEVICE	Elegir el tipo de impresora
	EXPORT ASCII	Exportar niveles piezométricos para cada celda a un archivo formato ASCII
	PRINT	Imprimir
	MAIN MENU	Volver al menú principal
HEAD	VIEW COLUMN	Ver columna en corte
	VIEW ROW	Ver fila en corte
	VIEW LAYER	Ver planta de una capa
	GOTO	Ir a una fila, columna o capa siguiente o anterior
	OPTIONS	Opciones de presentación de la variable
	CREATE OVERLAY	Submenú reservado para versiones posteriores
	CHOOSE TIME	Escoger el instante de tiempo para el que se representa la variable
	NEXT TIME	Mostrar la representación de la variable para el siguiente lapso de tiempo
	PREVIOUS TIME	Mostrar la representación de la variable el lapso de tiempo anterior
	INSPECT CELL	Mostrar parámetros asociados a cada celda como la capa, columna, fila, permeabilidad, almacenamiento, recarga, evapotranspiración y el nivel piezométrico (variable de salida)
	SELECT	Seleccionar uno o más puntos de observación para visualizar un gráfico de la variable en función del tiempo a través de HEAD VS TIME
	HEAD VS TIME	Mostrar gráfico de niveles a través del tiempo de los puntos de observación elegidos con SELECT
EXPORT LAYER	Exportar niveles piezométricos calculados por el modelo para cada celda a un archivo formato Ascii	

OUTPUT [continuación]		
DRAWDN	VIEW COLUMN	Ver columna en corte
	VIEW ROW	Ver fila en corte
	VIEW LAYER	Ver planta de una capa
	GOTO	Ir a una fila, columna o capa siguiente o anterior
	OPTIONS	Opciones de presentación de la variable
	CREATE OVERLAY	Submenú reservado para versiones posteriores
	CHOOSE TIME	Escoger el instante de tiempo para el que se representa la variable
	NEXT TIME	Mostrar la representación de la variable para el siguiente lapso de tiempo
	PREVIOUS TIME	Mostrar la representación de la variable el lapso de tiempo anterior
	INSPECT CELL	Mostrar parámetros asociados a cada celda como la capa, columna, fila, permeabilidad, almacenamiento, recarga, evapotranspiración y el nivel piezométrico (variable de salida)
	SELECT	Seleccionar uno o más puntos de observación para visualizar un gráfico de la variable en función del tiempo a través de DRWDN VS TIME
	DRWDN VS TIME	Mostrar gráfico de depresiones a través del tiempo de los puntos de observación elegidos con SELECT
VELOCITIES	VIEW COLUMN	Ver columna en corte
	VIEW ROW	Ver fila en corte
	VIEW LAYER	Ver planta de una capa
	GOTO	Ir a una fila, columna o capa siguiente o anterior
	OPTIONS	Opciones de presentación de la variable
	CREATE OVERLAY	Submenú reservado para versiones posteriores
	CHOOSE TIME	Escoger el instante de tiempo para el que se representa la variable
	NEXT TIME	Mostrar la representación de la variable para el siguiente lapso de tiempo
	PREVIOUS TIME	Mostrar la representación de la variable el lapso de tiempo anterior
	PROJECTION	Mostrar proyecciones de vectores velocidad en el plano de la pantalla
	DIRECTION	Mostrar la dirección de los vectores velocidad según su componente asociada al plano de la pantalla
	MAGNITUDE	Mostrar magnitudes de los vectores velocidad

OUTPUT [continuación]		
CALIBRATE	VIEW COLUMN	Ver columna en corte
	VIEW ROW	Ver fila en corte
	VIEW LAYER	Ver planta de una capa
	GOTO	Ir a una fila, columna o capa siguiente o anterior
	OPTIONS	Este submenú no dispone de opciones
	CREATE OVERLAY	Submenú reservado para versiones posteriores
	CHOOSE TIME	Escoger el instante de tiempo para el que se representa la variable
	NEXT TIME	Mostrar la representación de la variable para el siguiente lapso de tiempo
	PREVIOUS TIME	Mostrar la representación de la variable el lapso de tiempo anterior
	SELECT	Seleccionar uno o más puntos de observación para visualizar un gráfico de la variable en función del tiempo a través de HEAD VS TIME
	CALC VS OBS	Mostrar gráfico de niveles simulados versus niveles medidos para los puntos de observación seleccionados
	HEAD VS TIME	Mostrar gráfico de niveles a través del tiempo de los puntos de observación elegidos con SELECT
	INSPECT	Mostrar parámetros asociados a cada celda como la capa, columna, fila, permeabilidad, almacenamiento, recarga, evapotranspiración y el nivel piezométrico (variable de salida)
	PATHLINES	VIEW COLUMN
VIEW ROW		Ver fila en corte
VIEW LAYER		Ver planta de una capa
GOTO		Ir a una fila, columna o capa siguiente o anterior
OPTIONS		Este submenú no dispone de opciones
CREATE OVERLAY		Submenú reservado para versiones posteriores
CHOOSE TIME		Escoger el instante de tiempo para el que se representa la variable
NEXT TIME		Mostrar la representación de la variable para el siguiente lapso de tiempo
PREV. TIME		Mostrar la representación de la variable el lapso de tiempo anterior
PROJECTION		Mostrar las proyecciones de las líneas de flujo en el plano de la pantalla
SEGMENTS		Mostrar sólo las líneas de flujos que pasan por el plano representado en pantalla
TOGGLE		Activar o Desactivar una o un grupo de líneas de flujo
INSPECT		Mostrar parámetros asociados a cada celda como la capa, columna, fila, permeabilidad, almacenamiento, recarga, evapotranspiración y el nivel piezométrico (variable de salida)

OUTPUT [continuación]		
ZBUDGET	VIEW COLUMN	Ver columna en corte
	VIEW ROW	Ver fila en corte
	VIEW LAYER	Ver planta de una capa
	GOTO	Ir a una fila, columna o capa siguiente o anterior
	OPTIONS	Este submenú no dispone de opciones
	CREATE OVERLAY	Submenú reservado para versiones posteriores
	CHOOSE TIME	Escoger el instante de tiempo para el que se representa la variable
	NEXT TIME	Mostrar la representación de la variable para el siguiente lapso de tiempo
	PREVIOUS TIME	Mostrar la representación de la variable el lapso de tiempo anterior
	ZBUD OUTPUT	Mostrar datos de salida de los balances volumétricos para cada período de la simulación en cada zona definida. Caudales de entrada y salida asociados a cada componente del flujo (pozos, evapotranspiración, celda de nivel piezométrico constante, etc.)
	MASS BALANCE	Mostrar datos acumulados para todo el sistema, de volúmenes y caudales entrantes y de salida
BND/PROP	VIEW COLUMN	Ver columna en corte
	VIEW ROW	Ver fila en corte
	VIEW LAYER	Ver planta de una capa
	GOTO	Ir a una fila, columna o capa siguiente o anterior
	BOUNDARIES	Acceder directamente para visualizar los tipos de condiciones de borde impuestas
	PROPERTIES	Acceder directamente a las distribuciones de parámetros impuestos (permeabilidad, almacenamiento, evapotranspiración y recarga)
	INSPECT CELL	Mostrar parámetros asociados a cada celda como la capa, columna, fila, permeabilidad, almacenamiento, recarga, evapotranspiración y el nivel piezométrico (variable de salida)
MT3D		Opción reservada para versiones posteriores
HELP		Ayuda; sólo incluye especificaciones acerca de la versión del Visual Modflow

BARRA INFERIOR DE FUNCIONES GLOBALES		
F1	? HELP	Ayuda, presenta información acerca del menú que se encuentre seleccionado
F2		Función reservada para otras versiones
F3	SAVE	Grabar el archivo con el nombre actual
F4	MAP	Importar un archivo formato DXF para incorporar información gráfica
F5	ZOOM IN	Producir un acercamiento de alguna zona seleccionada
F6	ZOOM OUT	Restablecer al visión completa
F7	PAN	Permite desplazar la imagen de la zona modelada en el espacio disponible en pantalla
F8	VERT EXAG	Para los cortes verticales de filas y columnas permite ajustar el factor de escala vertical con respecto a la longitud horizontal
F9	OVERLAY	Permite seleccionar qué elementos visualizar en pantalla
F10	MAIN MENU	Volver al menú principal

***IV. MANUAL DEL MODELO DE CALIDAD DEL
AGUA SUBTERRÁNEA DE AZAPA***

INDICE

1	INTRODUCCIÓN	1
2	VARIABLES DEL MODELO	2
3	INGRESO DE DATOS AL SISTEMA	2
4	OPERACIÓN DEL MODELO	4
4.1	BALANCE DE AGUA	4
4.2	BALANCE DE SALINIDAD	5
5	SALIDAS DEL MODELO	6
5.1	BALANCE DE AGUA	6
5.2	BALANCE DE SALINIDAD	7

MANUAL DEL MODELO DE CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA DE AZAPA

1 INTRODUCCIÓN

El modelo de calidad de agua desarrollado, representa el fenómeno de incremento de la salinidad en el acuífero del Valle de Azapa a través de ecuaciones de balance, temporal y espacial, de agua y de salinidad. El tramo del valle que se simula corresponde a los últimos 40 kilómetros antes de llegar al mar, y está comprendido entre el sector de Pampa Grande y la ciudad de Arica. El sistema superficial y el acuífero se representan como un sistema unidimensional discretizado en el espacio y en el tiempo, tal como se indica en forma esquemática en la figura 6.4.3-1 del informe principal (se adjunta a este manual).

El modelo fue desarrollado en una planilla de cálculo en el software Quatro Pro, versión 4.0. En los cuadros 6.4.6-1 y 6.4.7-1 del informe principal (se adjuntan a este manual), se muestra la estructura de la planilla de cálculo utilizada. En los archivos MODELO_A.WQ1 y MODELO_B.WQ1 se encuentran las planillas de cálculo correspondientes a los modelos de simulación de la conductividad eléctrica y concentración de cloruros respectivamente.

Para realizar los balances de agua el modelo recibe como entrada las características geométricas del acuífero, características de porosidad del acuífero, los niveles freáticos promedio en cada uno de los módulos de simulación, los flujos subterráneos de entrada para cada uno de los módulos de simulación, los caudales entregados a los sectores de riego por los canales de riego, las percolaciones producidas en los sectores de riego, las percolaciones de los canales de riego, los caudales provenientes de vertientes y los caudales bombeados desde el acuífero en cada sector para usos de agua potable, industriales y de riego.

Los datos de la geometría del sistema y su porosidad provienen del estudio hidrogeológico de la cuenca. Los datos de los flujos subterráneos de entrada en cada módulo se obtienen del modelo hidrogeológico. La información de los caudales de los canales de riego, vertientes y pozos en cada módulo de simulación se determinaron a partir de información recogida en terreno procesada en el presente estudio.

Para realizar el balance de salinidad, temporal y espacial, se incorporan además, como datos de entrada al modelo, la calidad de las aguas superficiales (Canal Azapa), y la calidad de aguas inicial del acuífero en cada módulo de simulación. La información de calidad de agua debe ser recopilada en terreno. En este caso se utilizó información obtenida en el estudio "Monitoreo de la Cuenca del

Datos de Calidad de aguas

CONDUCTIVIDAD AGUA SUPERFICIAL: 1000 umho/cm
CONDUCTIVIDAD AGUA SUBTERRANEA 1000 umho/cm
CLORUROS AGUA SUPERFICIAL: 57.9 mg/l
CLORUROS AGUA SUBTERRANEA BASE: 280 mg/l

CALIDAD INICIAL (1988 o anterior)

AGUAS SUBTERRANEAS

SECTOR	C.E. umho/cm	Cloruros mg/l
1	1800	280
2	1800	280
3	1750	300
4	1798	311
5	1800	280
6	1930	212
7	1225	215
8	1540	223
9	1272	219

**CUADRO 6.4.7-1
SALIDAS DEL MODELO**

Balance de agua (en millones de m3)

AÑO 1988 (j=1)

I	Qij	RVij	RCij	RPij	APIj	ICij	IRij	ETij	ΔVij	QSIj	Vij al comien
1	29.129	0.000	1.127	0.000	0.000	0.149	0.474	0.653	0.000	5.482	58.60
2	27.853	0.000	1.974	0.000	0.000	0.633	1.201	0.772	-0.000	7.316	63.02
3	25.246	0.000	2.995	0.001	0.000	0.577	1.388	1.607	7.925	1.356	79.12
4	21.674	0.000	3.486	0.032	0.003	0.649	1.545	1.973	-4.211	7.726	122.63
5	17.539	0.000	4.372	1.628	0.176	0.854	1.983	4.016	-0.732	9.492	115.71
6	12.313	3.800	1.732	1.561	1.172	0.610	1.823	5.270	1.893	3.500	65.90
7	9.971	3.800	1.648	1.975	0.000	1.287	2.428	4.995	-2.534	3.974	55.62
8	7.036	0.000	6.518	2.931	7.262	0.518	2.212	7.236	-6.486	2.996	394.63
9	0.000	0.000	0.000	0.908	5.814	0.000	0.000	0.808	-3.726	0.000	107.27
TOTAL		7.600	23.851	9.036	14.427	5.276	13.055		-7.872		1062.36

AÑO 1989 (j=2)

I	Qij	RVij	RCij	RPij	APIj	ICij	IRij	ETij	ΔVij	QSIj	Vij
1	17.209	0.000	0.666	0.000	0.000	0.088	0.280	0.388	0.000	6.233	58.60
2	16.455	0.000	1.166	0.000	0.000	0.374	0.710	0.456	0.000	7.316	63.02
3	14.915	0.000	1.769	0.001	0.001	0.341	0.820	0.950	6.615	1.861	67.04
4	12.805	0.000	2.059	0.032	0.003	0.383	0.913	1.178	-4.352	7.474	118.42
5	10.362	0.000	2.563	1.604	0.176	0.505	1.172	3.015	2.608	4.762	114.98
6	7.275	3.108	1.023	1.556	1.168	0.360	1.260	4.428	-2.383	2.933	67.79
7	5.891	3.108	0.974	1.956	0.000	0.760	1.605	4.433	-2.825	3.059	53.09
8	4.157	0.000	3.851	2.923	6.937	0.306	1.307	5.467	-8.279	3.091	388.04
9	-0.000	0.000	0.000	0.903	5.798	0.000	0.000	0.903	-3.610	0.000	103.54
TOTAL		6.216	14.091	8.975	14.084	3.118	8.066		-12.225		1054.51

AÑO 1990 (j=3)

I	Qij	RVij	RCij	RPij	APIj	ICij	IRij	ETij	ΔVij	QSIj	Vij
1	19.373	0.000	0.749	0.000	0.000	0.099	0.305	0.444	0.000	3.809	58.60
2	18.525	0.000	1.313	0.000	0.000	0.421	0.784	0.529	0.000	5.014	63.02
3	16.791	0.000	1.992	0.001	0.001	0.384	0.893	1.099	4.207	2.081	93.66
4	14.415	0.000	2.318	0.032	0.003	0.432	0.996	1.352	-3.493	6.969	114.07
5	11.665	0.000	2.908	1.600	0.188	0.568	1.266	3.221	3.000	4.037	117.59
6	8.189	2.417	1.152	1.536	1.180	0.406	1.092	4.014	-2.658	3.059	65.41
7	6.632	2.417	1.096	1.943	0.000	0.856	1.478	3.976	-1.742	2.775	50.26
8	4.680	0.000	4.335	4.060	6.632	0.344	1.473	6.923	-9.065	2.964	379.76
9	-0.000	0.000	0.000	0.900	5.801	0.000	0.000	0.900	-3.736	0.000	99.93
TOTAL		4.834	15.863	10.071	13.806	3.510	8.309		-13.487		1042.29

AÑO 1991 (j=4)

I	Qij	RVij	RCij	RPIj	APIj	ICIj	IRij	ETij	ΔVij	QSIj	V
1	16.033	0.000	0.624	0.000	0.000	0.083	0.246	0.379	0.000	3.043	58.
2	15.326	0.000	1.094	0.000	0.000	0.289	0.578	0.516	0.000	3.910	63.
3	13.943	0.000	1.660	0.001	0.001	0.320	0.720	0.941	2.709	2.239	97.
4	11.963	0.000	1.932	0.032	0.006	0.360	0.809	1.154	-3.063	6.433	110.4
5	9.671	0.000	2.423	1.612	0.199	0.474	1.046	2.969	2.579	3.564	120.5
6	6.775	1.725	0.960	1.516	1.190	0.338	0.788	3.414	-2.896	3.154	62.7
7	5.477	1.725	0.913	1.835	0.000	0.707	1.094	3.379	-1.222	2.617	46.5.
8	3.856	0.000	3.613	4.098	6.326	0.243	1.186	6.526	-9.155	2.775	370.71
9	-0.000	0.000	0.000	0.897	5.823	0.000	0.000	0.897	-3.944	0.000	96.16
TOTAL		3.450	13.219	9.990	13.547	2.814	6.466		-14.993		1028.80

AÑO 1992 (j=5)

I	Qij	RVij	RCij	RPIj	APIj	ICIj	IRij	ETij	ΔVij	QSIj	Vij
1	17.046	0.000	0.674	0.000	0.000	0.076	0.243	0.432	0.000	2.623	58.60
2	16.295	0.000	1.182	0.000	0.000	0.126	0.425	0.757	0.000	3.374	63.02
3	14.987	0.000	1.793	0.001	0.001	0.343	0.749	1.045	2.036	2.428	100.57
4	12.851	0.000	2.087	0.032	0.078	0.413	0.873	1.246	-2.325	5.929	107.51
5	10.351	0.000	2.617	1.597	0.199	0.377	0.967	3.247	2.134	3.343	123.16
6	7.357	1.034	1.037	1.525	1.353	0.359	0.711	2.885	-2.906	3.406	59.85
7	5.961	1.034	0.987	1.542	0.072	0.785	1.061	2.502	0.207	2.397	47.30
8	4.189	0.000	3.903	2.933	7.615	0.286	1.306	5.530	-9.240	2.681	361.54
9	-0.000	0.000	0.000	0.897	7.042	0.000	0.000	0.897	-5.259	0.000	92.25
TOTAL		2.069	14.280	8.527	16.361	2.766	6.334		-15.352		1013.61

AÑO 1993 (j=6)

I	Qij	RVij	RCij	RPIj	APIj	ICIj	IRij	ETij	ΔVij	QSIj	Vij
1	18.287	0.000	0.734	0.000	0.000	0.083	0.255	0.479	0.000	2.506	58.60
2	17.470	0.000	1.266	0.000	0.000	0.137	0.447	0.859	0.000	3.091	63.02
3	16.047	0.000	1.950	0.001	0.000	0.373	0.785	1.166	1.693	2.554	102.61
4	13.724	0.000	2.270	0.034	0.340	0.449	0.922	1.381	-1.840	5.393	105.19
5	11.004	0.000	2.647	1.569	0.326	0.154	0.766	3.650	1.230	3.165	125.30
6	8.003	0.093	1.128	1.538	1.774	0.390	0.715	2.044	-2.457	3.343	56.95
7	6.485	0.093	1.073	1.220	0.462	0.854	1.080	1.306	1.012	2.491	47.50
8	4.557	0.000	4.245	2.552	7.751	0.312	1.422	5.375	-8.537	2.460	352.30
9	-0.000	0.000	0.000	0.865	7.516	0.000	0.000	0.865	-5.921	0.000	86.99
TOTAL		0.186	15.534	7.778	18.171	2.753	6.393		-14.820		998.46

AÑO 1994 (j=7)

I	Qij	RVij	RCij	RPij	APij	ICij	IRij	ETij	ΔVij	QSij	Vij
1	16.896	0.000	0.885	0.000	0.000	0.078	0.188	0.497	0.000	2.495	58.60
2	16.133	0.000	1.201	0.000	0.000	0.128	0.342	0.859	0.000	2.964	63.02
3	14.804	0.000	1.822	0.001	0.000	0.328	0.570	1.252	1.654	2.208	104.30
4	12.654	0.000	2.120	0.037	2.282	0.256	0.562	1.596	-4.339	5.048	103.35
5	10.277	0.000	2.659	1.534	1.457	0.144	0.564	3.630	-0.329	3.091	126.53
6	7.474	0.036	1.054	1.700	2.168	0.364	0.710	2.080	-2.925	3.185	54.49
7	6.056	0.036	1.002	1.055	0.392	0.798	0.948	1.145	0.957	2.491	48.52
8	4.256	0.000	3.985	2.405	7.894	0.291	1.336	5.034	-8.609	2.428	343.77
9	0.000	0.000	0.000	0.819	7.026	0.000	0.000	0.819	-5.419	0.000	81.07
TOTAL		0.073	14.508	7.551	21.222	2.368	5.218		-19.010		983.64

AÑO 1995 (j=8)

I	Qij	RVij	RCij	RPij	APij	ICij	IRij	ETij	ΔVij	QSij	Vij
1	13.309	0.000	0.541	0.000	0.000	0.061	0.129	0.412	0.000	2.547	58.60
2	12.707	0.000	0.948	0.000	0.000	0.092	0.231	0.717	0.000	2.870	63.02
3	11.868	0.000	1.439	0.001	0.000	0.234	0.368	1.071	1.485	1.987	105.96
4	9.993	0.000	1.674	0.038	2.299	0.202	0.390	1.323	-4.551	4.793	99.01
5	8.117	0.000	2.100	1.361	1.491	0.113	0.365	3.076	-0.682	3.122	126.20
6	5.903	0.000	0.832	2.197	1.632	0.288	0.577	2.453	-2.996	3.154	51.56
7	4.783	0.000	0.792	1.042	0.306	0.630	0.725	1.108	0.764	2.397	49.47
8	3.361	0.000	3.131	2.339	9.060	0.230	1.058	4.412	-9.764	2.050	335.16
9	-0.000	0.000	0.000	0.799	7.191	0.000	0.000	0.799	-5.940	0.000	75.85
TOTAL		0.000	11.458	7.777	21.979	1.852	3.864		-21.684		964.63

Balance de salinidad (conductividad eléctrica umho/cm)

AÑO 1988 (j=1)

i	CCij	CVij	CIRij	Cij
				al comienzo
1	1000.00	1600.00	2377.16	1600.0
2	1000.00	1600.00	1642.91	1600.0
3	1000.00	1750.00	2158.24	1750.0
4	1000.00	1798.00	2293.34	1798.0
5	1000.00	1800.00	3681.60	1800.0
6	1000.00	1930.00	6624.09	1930.0
7	1000.00	1225.00	3592.78	1225.0
8	1000.00	1540.00	4987.03	1540.0
9	1000.00	1272.00	0.00	1272.0

AÑO 1989 (j=2)

i	CCij	CVij	CIRij	Cij
1	1000.00	1604.75	2377.08	1604.8
2	1000.00	1594.79	1642.93	1594.8
3	1000.00	1738.93	2158.92	1738.9
4	1000.00	1799.54	2318.93	1799.5
5	1000.00	1826.38	4704.96	1826.4
6	1000.00	2025.58	8309.33	2025.6
7	1000.00	1273.45	4625.07	1273.5
8	1000.00	1540.82	6391.94	1540.8
9	1000.00	1279.75	0.00	1279.8

AÑO 1990 (j=3)

i	CCij	CVij	CIRij	Cij
1	1000.00	1607.06	2456.82	1607.1
2	1000.00	1592.79	1675.14	1592.8
3	1000.00	1728.66	2231.92	1728.7
4	1000.00	1800.02	2379.97	1800.0
5	1000.00	1849.80	4580.69	1849.8
6	1000.00	2123.38	8746.07	2123.4
7	1000.00	1336.16	4683.57	1336.2
8	1000.00	1543.53	7197.52	1543.5
9	1000.00	1287.83	0.00	1287.8

AÑO 1991 (j=4)

i	CCij	CVij	CIRij	Cij
1	1000.00	1610.04	2542.06	1610.0
2	1000.00	1590.72	1892.25	1590.7
3	1000.00	1723.43	2307.40	1723.4
4	1000.00	1800.79	2458.11	1800.6
5	1000.00	1871.84	5200.38	1871.8
6	1000.00	2200.96	*****	2200.4
7	1000.00	1388.09	5350.99	1388.1
8	1000.00	1549.17	8402.58	1549.2
9	1000.00	1295.71	0.00	1295.7

AÑO 1992 (j=5)

I	CCij	CVij	CIRij	Cij
1	1000.00	1612.62	2775.86	1612.6
2	1000.00	1591.71	2781.88	1591.7
3	1000.00	1720.15	2398.75	1720.2
4	1000.00	1801.44	2458.95	1801.4
5	1000.00	1893.05	5830.83	1893.0
6	1000.00	2259.16	9586.04	2259.2
7	1000.00	1440.01	4427.00	1440.0
8	1000.00	1556.00	6485.07	1556.0
9	1000.00	1303.33	0.00	1303.3

AÑO 1993 (j=6)

I	CCij	CVij	CIRij	Cij
1	1000.00	1616.11	2860.56	1616.1
2	1000.00	1599.48	2875.69	1599.5
3	1000.00	1718.45	2485.51	1718.5
4	1000.00	1801.86	2528.87	1801.9
5	1000.00	1916.42	7641.03	1916.4
6	1000.00	2286.68	6790.13	2286.7
7	1000.00	1474.13	2785.55	1474.1
8	1000.00	1560.60	5786.01	1560.6
9	1000.00	1311.12	0.00	1311.1

AÑO 1994 (j=7)

I	CCij	CVij	CIRij	Cij
1	1000.00	1620.13	3644.70	1620.1
2	1000.00	1607.69	3514.57	1607.9
3	1000.00	1718.13	3199.02	1718.1
4	1000.00	1802.78	3693.76	1802.8
5	1000.00	1945.09	*****	1945.1
6	1000.00	2261.07	7016.70	2261.1
7	1000.00	1474.16	2753.48	1474.2
8	1000.00	1564.52	5784.74	1564.5
9	1000.00	1318.69	0.00	1318.7

AÑO 1995 (j=8)

I	CCij	CVij	CIRij	Cij	Cij+1
1	1000.00	1625.04	4184.71	1625.0	1629.0
2	1000.00	1617.48	4106.70	1617.5	1626.0
3	1000.00	1720.79	3907.66	1720.8	1724.0
4	1000.00	1810.87	4488.20	1810.7	1818.0
5	1000.00	1974.35	*****	1974.4	1999.3
6	1000.00	2238.08	9967.48	2238.1	2231.0
7	1000.00	1473.87	3209.68	1473.9	1482.1
8	1000.00	1566.22	6424.92	1566.2	1572.1
9	1000.00	1326.58	0.00	1326.6	1333.7

Valle de Azapa-Arica”, realizado AC Ingenieros en 1995 para ESSAT S.A. y análisis de calidad del agua de pozos de ESSAT S.A. entre 1967 y 1992. El parámetro alfa, que representa la fracción de salinidad que es retenida por el suelo en el proceso de percolación, se incorpora también como dato del modelo en cada uno de los módulos de simulación. Los valores de este parámetro, para cada módulo de simulación, se obtienen de la calibración del modelo.

2 VARIABLES DEL MODELO

Las variables que representan el sistema para un elemento son las siguientes:

Cantidad de agua

- RC: volumen de riego extraído desde el canal.
- RV: volumen de riego con agua superficial desde vertientes.
- Q: caudal transportado por el canal en la entrada de la zona de riego respectiva.
- S: superficie de riego
- ET: evapotranspiración
- IR: infiltración desde la zona de riego
- IC: infiltración desde los canales de riego en cada zona
- RP: volumen de riego extraído desde las aguas subterráneas
- AP: volumen de agua extraído desde las aguas subterráneas para abastecimiento humano (agua potable) u otros usos diferentes del riego.
- QS: volumen de aguas subterráneas aportado hacia el elemento de aguas abajo.
- DV: Variación del volumen de agua subterránea por efecto de la extracción excesiva

Calidad del agua

- CC: salinidad en el agua del canal en la entrada de la zona de riego respectiva.
- CV: salinidad en las fuentes de aguas superficiales complementarias al canal
- C: salinidad en las aguas subterráneas.
- CIR: salinidad en la infiltración desde la zona de riego.

3 INGRESO DE DATOS AL SISTEMA

Los datos de entrada del modelo pueden ser ingresados manualmente en la planilla de cálculo. En el cuadro 1 se muestran las celdas designadas para la entrada de los datos requeridos para la ejecución del modelo.

Cuadro 1 Datos de entrada al modelo

Datos de entrada del modelo	Símbolo	unidad	valor (1)	fuentes	Celdas designadas
Porosidad total del acuífero	-	adimen	0,2	Estudio Hidrogeológico	B5
Porosidad efectiva del acuífero	-	adimen	0,1	Estudio Hidrogeológico	B6
Retención de sales en el subsuelo en cada zona	α	adimen	0 a 0,6	Calibración Modelo	B11..B19
Flujos subt. de entrada a cada zona	QS_{ij}	$Mm^3/año$	6.4.6-1	Modelo Hidrogeológico	B25..I34
Límites de zonas de simulación	-	km	6.4.6-1	-	B46..C55
Ancho del basamento rocoso en cada zona	-	m	6.4.6-1	Estudio Hidrogeológico	E46..E45
Cota media del basamento rocoso por zona	-	m.s.n.m.	6.4.6-1	Estudio Hidrogeológico	F46..F55
Área de la napa en cada zona	-	Mm^2	6.4.6-1	Estudio Hidrogeológico	G46..G55
Nivel de napa freática para el año 1 en cada zona	-	m.s.n.m.	6.4.6-1	Estudio Hidrogeológico	H46..H55
Caudales entregados por canales	RC_{ij}	$Mm^3/año$	6.4.6-1	Estudio Demandas	B67..I75
Percolaciones en zonas de riego	IR_{ij}	$Mm^3/año$	Anexo 3.6-2	Estudio Demandas	B83..I91
Percolaciones desde canales	IC_{ij}	$Mm^3/año$	Anexo 3.6-1	Estudio Demandas	B99..I107
Caudal de vertientes empleado en riego	RV_{ij}	$Mm^3/año$	6.3.2-10	Estadística	B115..I123
Caudales bombeados desde la napa con fines de agua potable e industriales	AP_{ij}	$Mm^3/año$	3.3.2-2	Datos Terreno	B131..I139
Caudales bombeados desde la napa con fines de riego	RP_{ij}	$Mm^3/año$	3.3.2-2	Datos Terreno	B147..I155
Calidad aguas superficiales	CC_{ij}	mg/l o $\mu mho/cm$	Anexo 4-1	Datos Terreno y recopilados	E163
Calidad base aguas subterráneas (aguas arriba del valle)	C_{0j}	mg/l o $\mu mho/cm$	6.4.6-1	Datos Terreno y recopilados	E164
Calidad del agua subterránea al inicio de la simulación	C_{i0}	mg/l o $\mu mho/cm$	6.4.6-1	Datos Terreno y recopilados	B171..B179

(1): N° del Cuadro en el Informe Principal Final y/o N° del Anexo Final

4 OPERACIÓN DEL MODELO

4.1 BALANCE DE AGUA

Una vez ingresados los datos en las celdas correspondientes en la planilla se calculan automáticamente los balances de agua y de salinidad en cada uno de los módulos y para cada año.

En primer término se calcula el balance de agua en el sistema para el primer año que considera la simulación a través de las ecuaciones de balance de agua en el canal, en el predio y en el agua subterránea:

Ecuación de balance de agua en el canal

$$Q_{i,j} = I_{C_{i,j}} + R_{C_{i,j}} + Q_{i+1,j}$$

Ecuación de balance de agua en el predio

$$R_{C_{i,j}} + R_{V_{i,j}} + R_{P_{i,j}} = E_{T_{i,j}} + I_{R_{i,j}} + I_{C_{i,j}}$$

Ecuación de balance de agua en el agua subterránea

$$Q_{S_{i-1,j}} + I_{R_{i,j}} + I_{C_{i,j}} = R_{P_{i,j}} + A_{P_{i,j}} + V_{i,j} + R_{V_{i,j}} + Q_{S_{i,j}}$$

A partir de la ecuación de balance de agua en el canal se calcula los caudales que posee el canal en cada uno de los tramos correspondientes a los módulos de simulación $Q_{i+1,j}$.

Luego, utilizando la ecuación de balance de agua en el predio, se calculan las evapotranspiraciones efectivas producidas en cada módulo de simulación, $E_{T_{i,j}}$.

Por último se calculan las variaciones en los volúmenes de agua subterránea producidas en cada zona o módulo de simulación, $DV_{i,j}$. A partir de esta información, y conociendo los volúmenes de agua que contenía el acuífero en cada

módulo al comienzo del año en estudio, $V_{i,j}$, se determinan los volúmenes de agua contenidos en el acuífero en cada zona para el año siguiente, $V_{i,j+1}$.

Estos últimos datos permiten el cálculo del balance de agua de año siguiente. De esta forma se completa el cálculo del balance de agua para todos los años considerados en la simulación.

4.2 BALANCE DE SALINIDAD

Con los datos obtenidos en el balance de agua más los datos de calidad de agua y los coeficientes de retención de salinidad en el proceso de percolación, se calcula el balance de salinidad en cada uno de los módulos de simulación y para cada año.

El balance de salinidad se calcula para el cada año considerado en la simulación utilizando las ecuaciones de balance de masa determinadas en el predio y en el agua subterránea:

Ecuación de balance de masa en el predio

$$RC_{i,j} \times CC_{i,j} + R_{Vi,j} \times CV_{i,j} + R_{Pi,j} \times C_{i,j} = IR_{i,j} \times Cl_{i,j} + IC_{i,j} \times CC_{i,j}$$

Ecuación de balance de masa en el agua subterránea

$$V_{ii,j} \times C_{i,j} = V_{i,j-1} \times C_{i,j-1} + Q_{Si-1,j} \times C_{i-1,j} + (1-a)(IR_{i,j} \times Cl_{i,j} + IC_{i,j} \times CC_{i,j} - R_{Pi,j} \times C_{i,j} - A_{Pi,j} \times C_{i,j} - Q_{Si,j} \times C_{i,j})$$

A partir de la ecuación de balance de masa en el predio se calcula la concentración de cloruros, o conductividad eléctrica, según corresponda, en el agua que infiltra desde la zona de riego, $Cl_{i,j}$.

Luego, utilizando la ecuación de balance de salinidad en el agua subterránea, se calcula la concentración de salinidad en el agua subterránea para el año analizado, $C_{i,j}$, en función de la concentración de salinidad en el agua subterránea determinada para el año anterior. De esta forma se completa el balance de salinidad para todos los años considerados en la simulación.

5 SALIDAS DEL MODELO

5.1 BALANCE DE AGUA

El balance de agua del sistema para cada módulo de simulación y en cada uno de los años considerados se presenta en la planilla de cálculo en el rango de celdas A182..M138.

En los cuadros 2 y 3 se presenta el detalle de la información contenida en el balance de agua del sistema.

Cuadro 2
Salidas del modelo. Balance de agua. Información por año

Año	Filas de la planilla que contienen balance de agua
1988	189 a 197
1989	206 a 214
1990	223 a 231
1991	240 a 248
1992	257 a 265
1993	274 a 282
1994	291 a 299
1995	308 a 316

Cuadro 3
Salidas del modelo. Balance de agua

Variable	Símbolo	Unidad	Columna que contiene la información
Caudal del canal en la entrada de la zona	Q_{ij}	$Mm^3/año$	B
Riego con agua de vertientes en cada zona	RV_{ij}	$Mm^3/año$	C
Riego con agua del canal en cada zona	RC_{ij}	$Mm^3/año$	D
Riego con agua subterránea en cada zona	RP_{ij}	$Mm^3/año$	E
Caudales bombeados desde la napa con fines de agua potable e industriales	AP_{ij}	$Mm^3/año$	F
Percolaciones desde canales	IC_{ij}	$Mm^3/año$	G
Percolaciones desde zonas de riego	IR_{ij}	$Mm^3/año$	H
Evapotranspiración en cada zona	ET_{ij}	$Mm^3/año$	I
Variación del volumen de agua subterránea en cada zona	ΔV_{ij}	$Mm^3/año$	J
Flujos subterráneos de entrada a cada zona	QS_{ij}	$Mm^3/año$	K
Volumen de agua subterránea al inicio del período	V_{ij}	$Mm^3/año$	L

5.2 BALANCE DE SALINIDAD

El balance de salinidad del sistema para cada módulo de simulación y en cada uno de los años considerados se presenta en la planilla de cálculo en el rango de celdas A322 a F449.

En los cuadros 4 y 5 se presenta el detalle de la información contenida en el balance de salinidad del sistema.

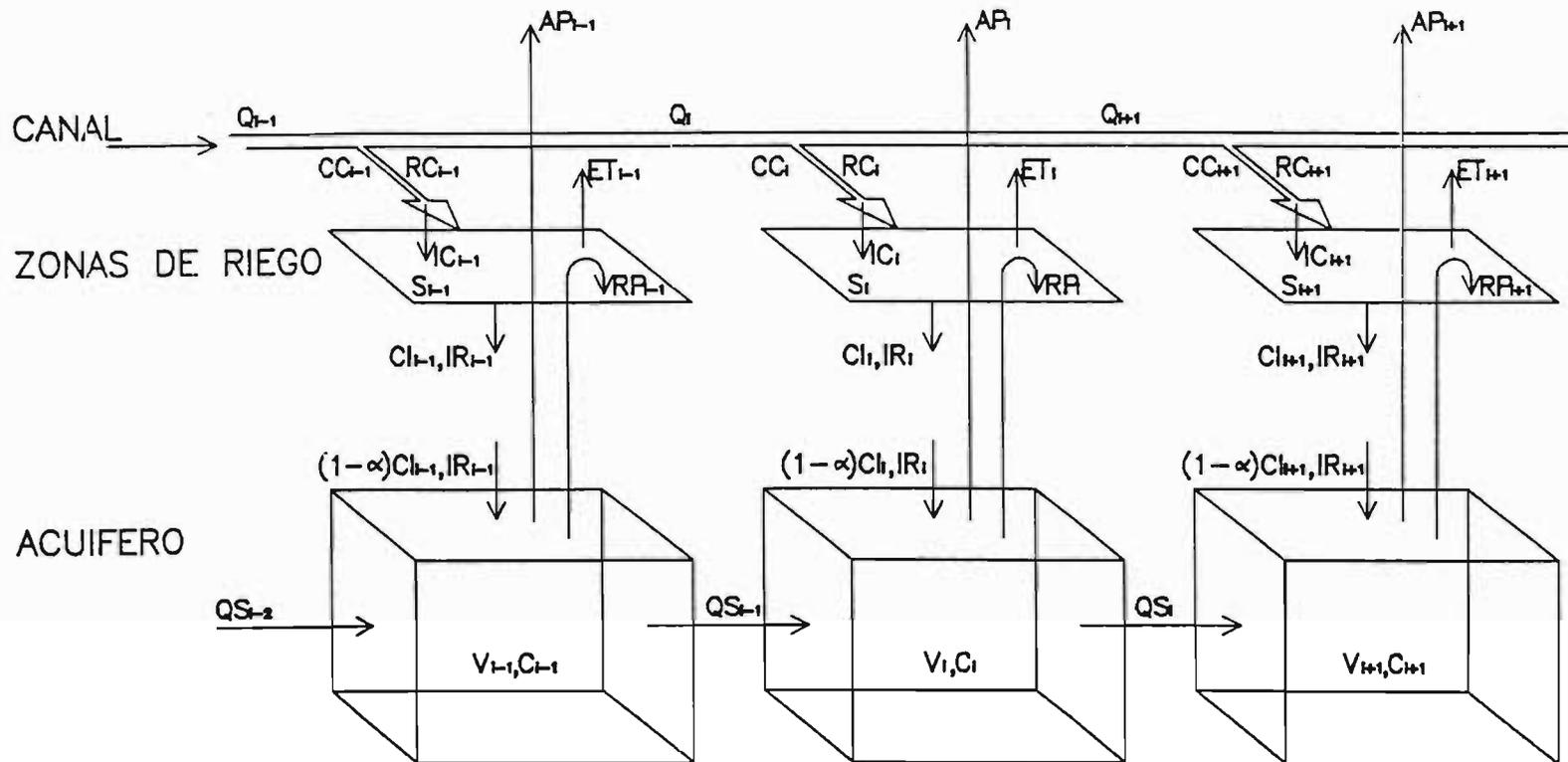
Cuadro 4
Salidas del modelo. Balance de salinidad. Información por año

Año	Filas de la planilla que contienen balance de agua
1988	329 a 337
1989	345 a 353
1990	361 a 369
1991	377 a 385
1992	393 a 401
1993	409 a 417
1994	425 a 433
1995	441 a 449

Cuadro 5
Salidas del modelo. Balance de salinidad

Variable	Símbolo	Unidad	Columna que contiene la información
Salinidad del agua del canal en cada zona	CC_{ij}	mg/l o $\mu\text{mho/cm}$	B
Salinidad de las aguas de vertientes	CV_{ij}	mg/l o $\mu\text{mho/cm}$	C
Salinidad de la infiltración en las zonas de riego	CIR_{ij}	mg/l o $\mu\text{mho/cm}$	D
Salinidad de las aguas subterráneas en cada zona	C_{ij}	mg/l o $\mu\text{mho/cm}$	E

Figura 6.4.3-1
Esquema del modelo de calidad



**CUADRO 6.4.6-1
VARIABLES DEL MODELO**

Datos generales del modelo

Porosidad del acuífero

total	0.2
efectiva	0.1

Retención de sales del suelo (calibrado)

sector	alfa
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0.6
7	1
8	0.5
9	-

Flujo subterráneo

Caudal estimado en la entrada del sector 1

año	Caudal l/s	Caudal Mm3/año
1988	154	4.858
1989	188	5.864
1990	108	3.405
1991	86	2.715
1992	79	2.504
1993	69	2.168
1994	71	2.229
1995	75	2.358

Datos generales de los módulos

Módulo	km inicial	km final	Largo módulo m	ancho basam. m	Cota roca msnm	Area napa Mm2	Cota inicial napa msnm	Volumen inicial acuífero Mm3	Area de riego há
0	0.00	6.82	6820	800.00	785.5	5.456	849.6	69.95	0
1	6.82	10.61	3790	800.00	646.6	3.032	743.4	58.60	150.57
2	10.61	14.64	4030	800.00	569.7	3.224	667.4	63.02	259.63
3	14.64	19.34	4700	800.00	487.7	3.760	592.9	79.12	453.69
4	19.34	25.16	5820	889.82	366.6	5.179	485	122.63	437.65
5	25.16	30.94	5780	1172.07	271.1	6.775	356.5	115.71	624.33
6	30.94	36.00	5060	989.60	181.2	5.007	247	65.90	549.99
7	36.00	36.82	2820	1996.33	101.3	5.630	150.7	55.62	652.66
8	36.82	44.46	6640	3240.31	-14.1	16.275	93.84	394.63	1041.21
9	44.46	45.23	774	3745.63	-154.1	2.699	30.9	107.27	0

Datos generales de caudales

CAUDAL POR CANAL PRINCIPAL Y DERIVADOS (Millones de m³/año)

SECTOR	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
1	1.127	0.666	0.749	0.624	0.674	0.734	0.685	0.541
2	1.974	1.166	1.313	1.094	1.182	1.266	1.201	0.946
3	2.995	1.769	1.992	1.660	1.793	1.950	1.822	1.439
4	3.486	2.059	2.316	1.932	2.087	2.270	2.120	1.674
5	4.372	2.583	2.908	2.423	2.617	2.847	2.659	2.100
6	1.732	1.023	1.152	0.960	1.037	1.126	1.054	0.832
7	1.648	0.974	1.096	0.913	0.967	1.073	1.002	0.792
8	6.518	3.851	4.335	3.813	3.903	4.245	3.965	3.131
9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	23.851	14.091	15.663	13.219	14.280	15.534	14.508	11.458

PERCOLACIONES DESDE LAS ZONAS DE RIEGO (Millones de m³/año)

SECTOR	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
1	0.474	0.280	0.305	0.246	0.243	0.255	0.188	0.129
2	1.201	0.710	0.784	0.578	0.425	0.447	0.342	0.231
3	1.388	0.820	0.899	0.720	0.749	0.785	0.570	0.368
4	1.545	0.913	0.998	0.809	0.873	0.922	0.582	0.390
5	1.983	1.172	1.266	1.046	0.967	0.766	0.564	0.365
6	1.823	1.260	1.092	0.788	0.711	0.715	0.710	0.577
7	2.428	1.605	1.478	1.094	1.061	1.080	0.946	0.725
8	2.212	1.307	1.473	1.186	1.306	1.422	1.336	1.056
9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	13.055	8.066	8.309	6.466	6.334	6.393	5.218	3.864

PERCOLACIONES DESDE LOS CANALES (Millones de m³/año)

SECTOR	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
1	0.149	0.088	0.099	0.083	0.076	0.083	0.078	0.061
2	0.633	0.374	0.421	0.289	0.126	0.137	0.126	0.092
3	0.577	0.341	0.364	0.320	0.343	0.373	0.328	0.234
4	0.649	0.383	0.432	0.360	0.413	0.449	0.256	0.202
5	0.854	0.505	0.568	0.474	0.377	0.154	0.144	0.113
6	0.610	0.360	0.406	0.338	0.359	0.390	0.364	0.288
7	1.287	0.760	0.856	0.707	0.785	0.854	0.798	0.630
8	0.518	0.306	0.344	0.243	0.286	0.312	0.291	0.230
9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	5.278	3.116	3.510	2.814	2.766	2.753	2.386	1.852

CAUDAL PROVENIENTE DE VERTIENTES (Millones de m3/año)

SECTOR	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	3.800	3.108	2.417	1.725	1.034	0.093	0.036	0.000
7	3.800	3.108	2.417	1.725	1.034	0.093	0.036	0.000
8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	7.600	6.216	4.834	3.450	2.069	0.186	0.073	0.000

AGUA SUBTERRANEA: AGUA POTABLE Y USOS INDUSTRIALES (Millones de m3/año)

SECTOR	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
4	0.003	0.003	0.003	0.008	0.078	0.340	2.282	2.299
5	0.176	0.176	0.188	0.199	0.199	0.328	1.457	1.491
6	1.172	1.168	1.180	1.190	1.353	1.774	2.168	1.632
7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.072	0.462	0.392	0.308
8	7.262	6.937	6.632	6.328	7.615	7.751	7.894	9.060
9	5.814	5.798	5.801	5.823	7.042	7.516	7.028	7.191
	14.427	14.084	13.808	13.547	16.361	18.171	21.222	21.979

AGUA SUBTERRANEA: RIEGO (Millones de m3/año)

SECTOR	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
4	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.034	0.037	0.038
5	1.628	1.804	1.800	1.612	1.597	1.569	1.534	1.381
6	1.561	1.556	1.536	1.516	1.525	1.538	1.700	2.197
7	1.975	1.956	1.943	1.835	1.542	1.220	1.055	1.042
8	2.931	2.923	4.080	4.098	2.933	2.552	2.405	2.339
9	0.908	0.903	0.900	0.897	0.897	0.865	0.819	0.799
	9.036	8.975	10.071	9.990	8.527	7.778	7.551	7.777

Balance de salinidad (cloruros mg/l)

AÑO 1988 (j=1)

i	CCij	CVij	CIRij	Cij al comienzo
1	57.90	280.00	137.64	280.0
2	57.90	280.00	95.12	280.0
3	57.90	300.00	125.07	300.0
4	57.90	311.00	137.05	311.0
5	57.90	260.00	341.01	260.0
6	57.90	212.00	678.27	212.0
7	57.90	183.00	474.62	183.0
8	57.90	223.00	466.09	223.0
9	57.90	219.00	0.00	219.0

AÑO 1989 (j=2)

i	CCij	CVij	CIRij	Cij
1	57.90	278.28	137.63	278.3
2	57.90	274.24	95.13	274.2
3	57.90	293.92	125.17	293.9
4	57.90	307.22	141.33	307.2
5	57.90	263.32	488.16	263.3
6	57.90	230.50	900.17	230.5
7	57.90	185.21	619.55	185.2
8	57.90	222.39	667.89	222.4
9	57.90	219.12	0.00	219.1

AÑO 1990 (j=3)

i	CCij	CVij	CIRij	Cij
1	57.90	277.45	142.25	277.4
2	57.90	271.34	96.99	271.3
3	57.90	290.05	129.38	290.0
4	57.90	304.84	144.18	304.8
5	57.90	267.47	463.50	267.5
6	57.90	245.20	949.18	245.2
7	57.90	190.59	605.21	190.6
8	57.90	222.32	783.18	222.3
9	57.90	219.22	0.00	219.2

AÑO 1991 (j=4)

i	CCij	CVij	CIRij	Cij
1	57.90	276.52	147.19	276.5
2	57.90	268.12	109.56	268.1
3	57.90	286.71	133.79	286.7
4	57.90	302.14	150.09	302.1
5	57.90	270.73	551.25	270.7
6	57.90	256.98	1127.84	257.0
7	57.90	194.36	680.68	194.4
8	57.90	222.57	945.84	222.6
9	57.90	219.31	0.00	219.3

AÑO 1992 (j=5)

I	CCIj	CVIj	CIRIj	Cij
1	57.90	275.83	160.72	275.8
2	57.90	266.10	161.07	266.1
3	57.90	264.17	138.95	264.2
4	57.90	299.86	149.39	299.9
5	57.90	273.94	608.84	273.9
6	57.90	266.44	1043.03	266.4
7	57.90	198.22	535.22	198.2
8	57.90	223.06	674.24	223.1
9	57.90	219.41	0.00	219.4

AÑO 1993 (j=6)

I	CCIj	CVIj	CIRIj	Cij
1	57.90	275.25	166.78	275.2
2	57.90	265.41	166.50	265.4
3	57.90	281.76	144.06	281.8
4	57.90	297.30	153.93	297.3
5	57.90	277.10	782.68	277.1
6	57.90	272.07	711.56	272.1
7	57.90	199.72	300.31	199.7
8	57.90	223.16	573.30	223.2
9	57.90	219.52	0.00	219.5

AÑO 1994 (j=7)

I	CCIj	CVIj	CIRIj	Cij
1	57.90	274.64	211.03	274.6
2	57.90	264.65	203.49	264.7
3	57.90	279.44	185.45	279.4
4	57.90	294.59	237.94	294.6
5	57.90	280.76	1037.48	280.8
6	57.90	271.21	749.51	271.2
7	57.90	197.13	288.05	197.1
8	57.90	223.07	573.45	223.1
9	57.90	219.63	0.00	219.6

AÑO 1995 (j=8)

I	CCIj	CVIj	CIRIj	Cij	Cij+1
1	57.90	274.36	242.29	274.4	274.3
2	57.90	264.30	237.78	264.3	264.3
3	57.90	277.83	226.61	277.8	276.8
4	57.90	293.32	277.22	293.3	292.4
5	57.90	284.44	1322.52	284.4	287.6
6	57.90	270.62	1114.31	270.6	272.1
7	57.90	195.08	343.53	195.1	194.6
8	57.90	222.96	664.11	223.0	223.0
9	57.90	219.74	0.00	219.7	219.8