

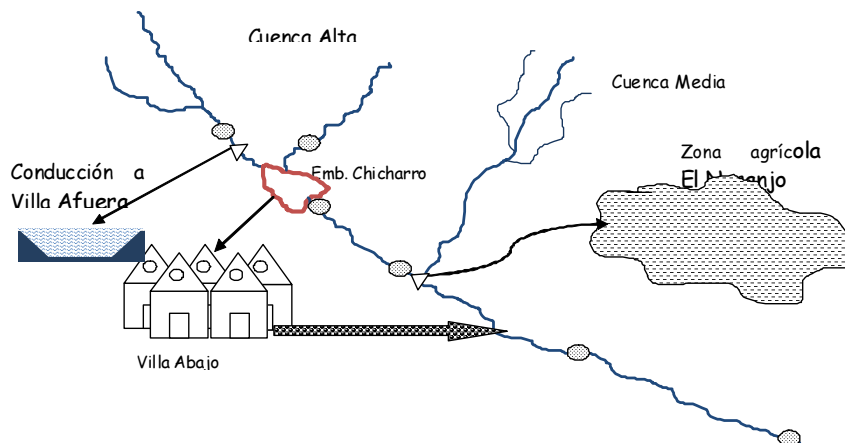
## CAPÍTULO SEXTO. USO DEL MODULO DE OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE CUENCAS.

### Ejercicio propuesto.

En este ejercicio se desarrolla un ejemplo de uso del módulo de optimización OPTIGES para el análisis de la gestión de un sistema de recursos hídricos.

Como caso de trabajo para el ejemplo se utiliza el sistema descrito en el capítulo primero, y el desarrollo de ejercicio se inicia con el modelo preparado en el capítulo segundo para el módulo SIMGES. Para completar el trabajo descrito en este documento es necesario haber seguido previamente lo descrito en el capítulo segundo, al menos, en los apartados 1 y 2, en que se describe como elaborar el modelo desde el principio.

La Figura 142 representa el esquema de la cuenca de estudio. Y la Figura 143 el esquema de simulación de la misma elaborado con AQUATOOLDMA según se describe en el documento referido arriba. En el mismo documento se detallan también todos los datos de la cuenca necesarios para la confección del modelo.



**Figura 142: Esquema de la cuenca de estudio.**

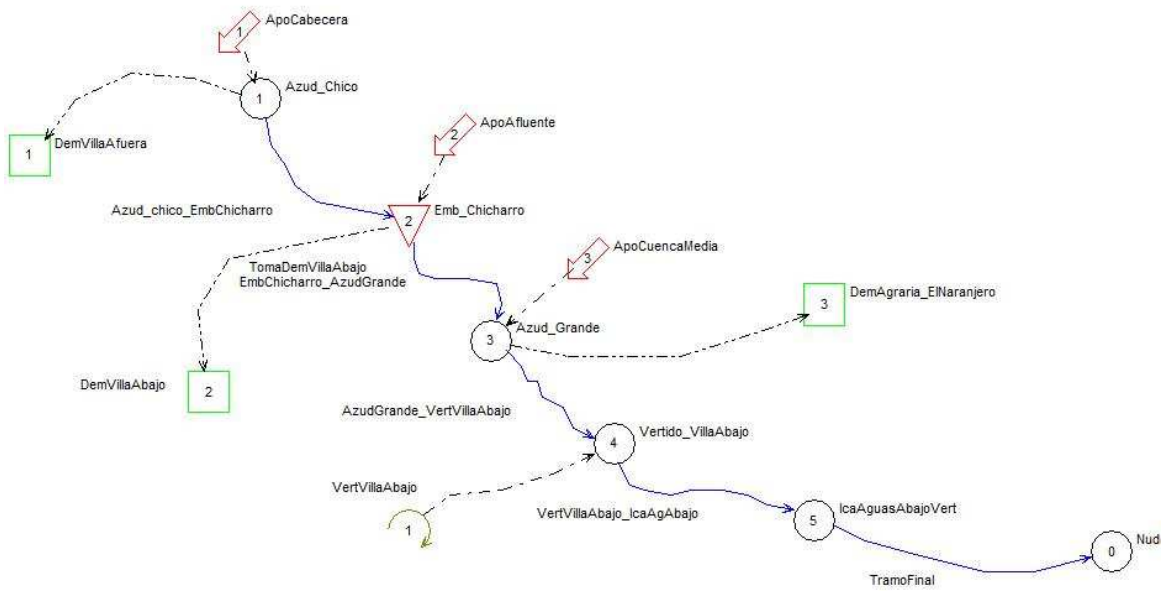


Figura 143: Modelo de simulación de la cuenca de estudio.

## 1. Breve descripción de Optiges.

La descripción completa del funcionamiento de OPTIGES se puede consultar en el manual de usuario del programa.

El módulo de optimización OPTIGES (de manera similar a SIMGES) simula la distribución mensual del agua entre demandas y embalses. La diferencia es que OPTIGES considera simultáneamente un periodo de 12, 24 o  $n \cdot 12$  meses para “decidir” las asignaciones. Haciendo un símil con la realidad, es como si conociera a priori cuales son los recursos que recibirá el sistema durante los próximos meses.

Esta diferencia simplifica en gran medida el diseño de un modelo de optimización, ya que OPTIGES no requiere la definición de reglas de operación orientadas al ahorro de agua para los próximos meses. Porque todos los meses son procesados en un solo paso del cálculo. De acuerdo con esto, OPTIGES puede utilizarse, por ejemplo, para los siguientes objetivos:

- Valorar los mejores resultados que podrían obtenerse de la gestión del sistema.
- Al igual que el módulo de simulación, para ganar conocimiento del funcionamiento del sistema, para analizar alternativas de diseño de infraestructuras, etc.
- Desde el punto de vista del análisis de reglas de operación tiene una aplicación diferente de la de SIMGES. En aquél era necesario definir las reglas de operación y simularlas para valorar su eficacia mediante la comparación con otras alternativas. Con este modelo, las reglas de operación no son definidas en el modelo, sino que este aplica las reglas de operación óptimas, y la tarea del usuario es analizar los resultados de la optimización para deducir las reglas de operación adecuadas. Una manera eficiente de trabajar sería la de utilizar primero el módulo de optimización para deducir las reglas de operación, para, a continuación definir las reglas de operación en el modelo de simulación para su validación.
- Utilizado con un periodo de optimización de 1 año, puede considerarse que se está haciendo una simulación anual, con la ventaja de que el reparto mensual del agua dentro de cada año queda resuelto por el programa sin apenas requerir datos del usuario.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## **2. Objetivo del ejercicio.**

El primer propósito de este ejercicio es aprender a utilizar el módulo OPTIGES en el entorno de trabajo AQUATOOLDMA.

En segundo lugar se ensayará diferentes variaciones en los datos de la optimización para comprobar cómo varían los resultados y de esta comparación deducir conclusiones que pudieran ser de utilidad en la planificación de la gestión de la cuenca.

Por último, en este ejemplo, se tratará de deducir una regla de operación óptima para el objetivo de mantener la garantía en las demandas prioritarias, maximizando el suministro a la demanda externa.

### 3. Activación del módulo de optimización.

Para este ejercicio se parte del modelo ya desarrollado en AQUATOOLDMA para SIMGES (Figura 143).

El primer paso (una vez abierto el proyecto de simulación desarrollado en la primera parte del ejercicio) es activar el módulo de optimización. Esto se hace mediante la ventana de opciones del proyecto [Modelos]→[Opciones del proyecto...]. La cual permite la selección de los módulos que se va a utilizar y otras opciones de trabajo (Figura 144). Al seleccionar OPTIGES aparece una ventana de información (Figura 145) en que se describe brevemente las diferencias en el diseño de modelos para SIMGES y para OPTIGES y los cambios que se asumen en el esquema diseñado. Dichas diferencias se explican a continuación.

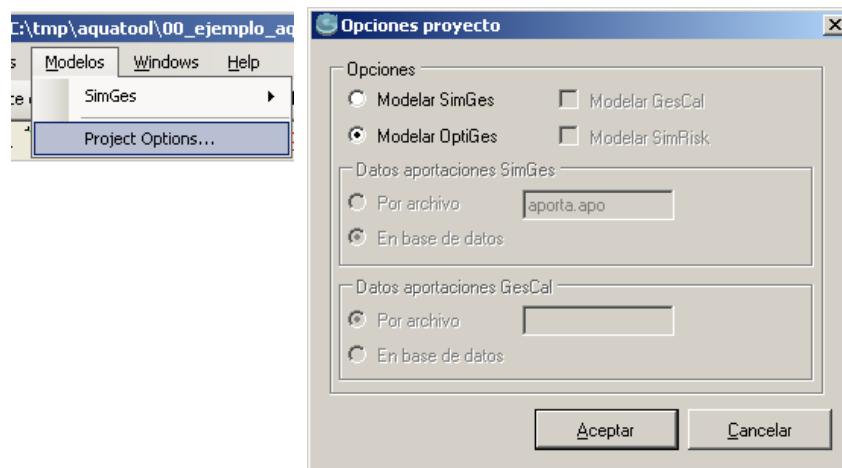


Figura 144: Opciones del proyecto en AQUATOOLDMA.

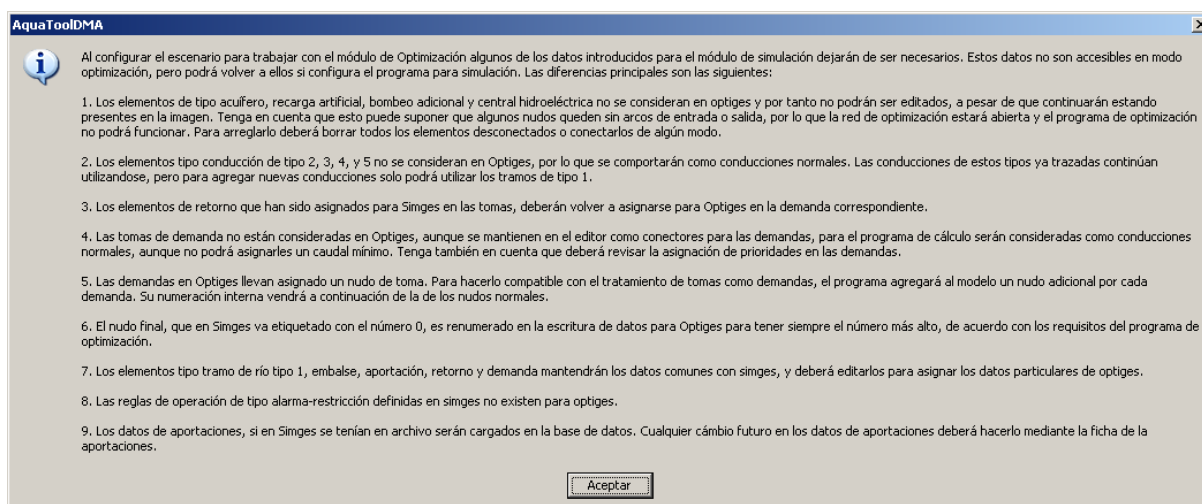


Figura 145: Ventana de información de diferencia de OPTIGES respecto a SIMGES.

1. **Los elementos de tipo acuífero**, recarga artificial, bombeo adicional y central hidroeléctrica no se consideran en OPTIGES. Si se ha desarrollado un esquema para SIMGES que incluye elementos de cualquiera de estos tipos, al pasar a OPTIGES estos elementos continuarán estando visibles, pero no existen a efectos de cálculo y no pueden ser editados. El programa sí permite borrarlos. Por otro lado, es posible que al quedar estos elementos eliminados, el modelo resultante resulte incompleto. El usuario debería resolver este tipo de problemas.
2. **Los elementos tipo conducción de tipo 2, 3, 4, y 5** no se consideran en Optiges. Si el modelo contiene algún tramo de estos tipos, estos continuarán activos, pero se comportarán como conducciones normales. Para trazar nuevas conducciones solo se podrá utilizar las de tipo 1.
3. **Los elementos de retorno** en OPTIGES se asocian a las demandas. A diferencia de SIMGES que los asocia a las tomas. El programa no transfiere la asociación directamente, por lo que el usuario deberá asignarlos de nuevo.
4. **Las tomas de demanda** no existen en OPTIGES. A diferencia de otros elementos que OPTIGES tampoco considera, las tomas son necesarias como conectores para las demandas. Los elementos de tipo “toma” se continuarán utilizando para conectar las demandas. Pero a efectos del módulo de cálculo se considerarán como conducciones que terminan en un nudo ficticio en la posición de la demanda. A este nuevo nudo se asocia la demanda.
5. **Las demandas** en Optiges llevan asignado un nudo de toma. Para hacerlo compatible con el tratamiento de tomas como demandas, el programa agregará al modelo un nudo adicional por cada demanda. Su numeración interna vendrá a continuación de la de los nudos normales.
6. **El nudo final**, que en Simges va etiquetado con el número 0, es reenumerado en la escritura de datos para Optiges para tener siempre el número más alto, de acuerdo con los requisitos del programa de optimización.
7. **Los elementos tipo tramo de río tipo 1**, embalse, aportación, retorno y demanda mantendrán los datos comunes con SIMGES, y deberá editarlos para asignar los datos particulares de OPTIGES.
8. **Las reglas de operación** de tipo alarma-restricción definidas en simges no existen para optiges
9. **Los datos de aportaciones**. OPTIGES requiere un archivo de datos de aportaciones para cada aportación. Para simplificar la gestión de estos archivos, para OPTIGES estos datos se editarán siempre en la base de datos. Y en cada llamada a la optimización AQUATOOLDMA reescribirá cada uno de los archivos de aportaciones desde la base de datos. Al activar OPTIGES, si en SIMGES se tenían en archivo serán cargados en la base de datos. Cualquier cambio posterior en los datos de aportaciones deberá hacerse mediante la ficha de la aportaciones. También puede cambiar

la opción de fuente de datos de aportaciones, pero en tal caso deberá confeccionar manualmente los archivos de cada aportación.

—  
— —

## 4. Edición de datos.

Aunque los datos equivalentes a los de SIMGES se conservan (estos son todos los datos físicos de la cuenca), es necesario revisar las fichas de algunos elementos para agregar los datos nuevos para OPTIGES. En concreto, se trata de datos que influyen significativamente en la optimización numérica, y que será necesario definirlos de acuerdo con los objetivos del estudio.

A continuación se describe los datos en cada tipo de elemento.

### 4.1. Demandas.

Los datos para las demandas (Figura 146) son similares a los de SIMGES con las siguientes diferencias.

Descripción de la demanda

Nombre: DemVillaAbajo

OptiGes

Demanda total (Hm <sup>3</sup> /mes)	
Mes	Hm <sup>3</sup>
Octubre	5,04
Noviembre	4,76
Diciembre	4,76
Enero	4,76
Febrero	4,19
Marzo	4,65
Abril	4,48
Mayo	4,87
Junio	5,16
Julio	4,93
Agosto	4,31
Septiembre	4,76

Garantía mensual: Fallo mensual (% D.M.) 1

Garantía Anual: Fallo mensual (% D.M.) 15, Fallo anual (% D.A.) 30

Criterio tipo UTAH DWR: Fallo anual (% D.A.) 2, Fallo 2 años (% D.A.) 3, Fallo 10 años (% D.A.) 10

Criterio IPH,2008 demandas urbanas: Máximo fallo mensual % 8, Máximo fallo a 10 años % 10

Niveles de demanda:

1er Nivel - Entre 0% y	50	%
2º Nivel - Entre 50% y	70	%
3er Nivel - Entre 70% y	90	%
4º Nivel - Entre 90% y	100	%

Elemento retorno: VerVillaAbajo

Coef. de retorno (entre 0-1) 0.8

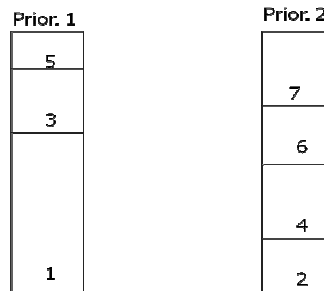
Número de prioridad 1

Aceptar Cancelar

Figura 146. Ficha de datos de demandas en OPTIGES

- No se considera la posibilidad de filtraciones a acuífero, por lo que no se requieren estos datos.
- El elemento de retorno y el número de prioridad se define en la ficha de demanda.
- Y la más importante es que OPTIGES requiere 3 datos adicionales denominados “*niveles de la demanda*” que permiten dividir el valor de la demanda mensual en 4 tramos de forma que la optimización priorizará el tramo 1 de todas las demandas antes que el tramo 2 de cualquiera de ellas. Esto se combina también con los números de prioridad para ordenar la asignación entre demandas y zonas de demanda (ver Figura 147). En primer lugar completa el suministro de la zona 1 (1) de las demandas con prioridad 1, en segundo lugar la zona 1 (2) de las demandas con prioridad 2, después pasará a la zona 2 (3) de las demandas con prioridad 1 y así sucesivamente. Además cada zona de demanda es completada para todo el periodo optimizado en tanto lo permita la restricción que supone la capacidad de almacenamiento





**Figura 147. Orden de asignación del agua entre demandas en OPTIGES.**

De acuerdo con los criterios anteriores, se va a definir para cada demanda del ejemplo las zonas que figuran en la Tabla 14. De esta forma se está condicionando que se suministre el 100% de las demandas de la cuenca antes de comenzar a suministrar a la demanda “DU.Villa Afuera” (ver zonas 3 y 4). Entre las demandas de la cuenca dará primero el 95% de la demanda urbana después el 20% de la agrícola y después completará el 100% de la demanda urbana. Y para la demanda agrícola, una vez suministrada la urbana, primero completará el 50% durante todo el periodo de optimización antes de comenzar a suministrar el restante 50%. Por último, la demanda externa no comenzará a suministrarse hasta haber completado el suministro de las anteriores demandas.

**Tabla 14: Definición de zonas para las demandas**

Demanda	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
DU. Villa Abajo	95	100	100	100
DU. Villa Afuera	0	0	0	100
DA. El Naranjo	20	50	100	100

Además, dado que la asignación a la demanda externa queda controlada por la optimización, se asigna a esta demanda en todos los meses su valor máximo de 10 hm<sup>3</sup>/mes.

#### 4.2. Conducciones

Para las conducciones, además de los datos ya descritos para SIMGES de caudal mínimo y máximo. Si se ha dado un caudal mínimo distinto de 0 se puede definir una zonificación del caudal mínimo de manera equivalente a las demandas. La prioridad entre demandas y caudales mínimos se puede configurar también en la ficha de datos generales para la optimización.

En el ejemplo se supondrá definido un caudal mínimo en el tramo final igual al 20% de la aportación media (Tabla 15). Y como zonas se define el 50% en la zona 1 y el resto en la 2. Más adelante se definen los parámetros del modelo para dar igual prioridad a demanda y caudales ecológicos. De esta manera se está imponiendo que en las peores circunstancias se tratará de cumplir el 50% del caudal mínimo con un ahorro del 5% en la demanda urbana.

**Tabla 15: Caudales mínimos en el tramo final.**

oct	nov	dic	Ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep
5.1	12.5	15.7	20.0	20.0	17.9	17.6	12.8	6.7	2.8	2.0	2.2

Las conducciones además permiten la definición de un coste del flujo que puede ser fijo (como en SIMGES) o puede ser diferente para cada mes.

### 4.3. Tomas de demanda.

Las tomas de demanda a efectos del modelo de optimización son tratadas como si de conducciones se tratase. Al activar el uso de OPTIGES sobre un modelo ya desarrollados para SIMGES en las tomas se asigna un caudal máximo genérico igual a 1000.

### 4.4. Embalses.

Los elementos tipo embalse en OPTIGES no requieren ningún dato adicional a los ya descritos para SIMGES. Al contrario, los embalses no simulan filtraciones ni la curva de volumen objetivo, por lo que estos datos ya no serán considerados (Figura 5).

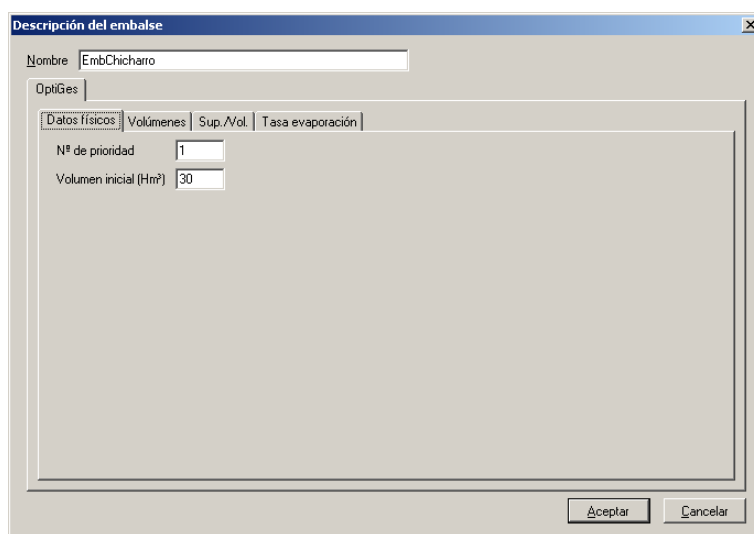


Figura 148. Ficha de datos básicos de embalses en OPTIGES

El número de prioridad solo tiene sentido para el caso de tener dos embalses, de manera que si al final de la optimización se dispone de un recurso sobrante, este número prioriza en qué embalse se queda el agua.

### 4.5. Aportaciones.

Los elementos de tipo aportación con OPTIGES contienen los datos en la base de datos, por lo que estas pueden ser editadas desde la ficha de cada una de ellas. Para el ejemplo no se requiere ningún cambio.

## 5. Optimización

Para realizar los cálculos, de manera similar a como se hacía con SIMGES, se dispone del menú [Modelos][Optiges][Ejecutar optiges] (Figura 16) que da acceso a la ventana de datos para la optimización (Figura 150).

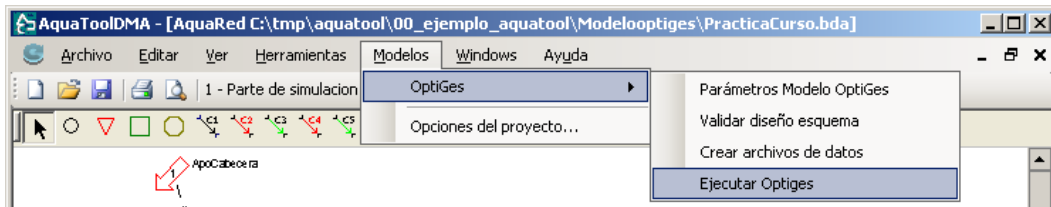


Figura 149. Llamada a la optimización del modelo.

The 'Parámetros modelo' dialog box contains the following fields and values:

- Nombre escenario: Rio Mayu
- Nombre modelo: Parte de optimización de la cuenca
- Tamaño periodos de optimización: 1
- Número de periodos de optimización: 60
- Año inicial: 1940
- Periodo datos flujo interno: 0
- Coeficientes:
  - K Conducciones: 10000
  - K Demandas: 10000
  - K ByPass: 1

Buttons for 'Aceptar' and 'Cancelar' are located at the bottom right.

Figura 150. Ficha de datos generales de la optimización.

La ficha de datos para la optimización (Figura 150) requiere los siguientes datos:

- **Tamaño de periodos de optimización.** Es el número de años que se tratarán simultáneamente en cada paso de optimización.
- **Número de periodos de optimización.** Es el número de veces consecutivas que se realizarán optimizaciones. Por ejemplo si se diera un periodo de optimización de 5 años y un número de periodos de 12 se simularía 60 años de datos.
- **Año inicial.** Es la etiqueta del primer año de datos que se utilizará para la optimización. Con el ejemplo de 12 periodos de 5 años se simularía con los datos etiquetados desde 1940 a 1960.
- **Coeficientes K para conducciones y demandas.** Son los coeficientes mediante los que se pondera el suministro a demandas y a caudales mínimos (ver manual de OPTIGES). Si se pone igual valor para ambos coeficientes implica que ambos objetivos tendrán igual prioridad.

Haciendo clic sobre el botón Aceptar el programa hace la llamada al módulo OPTIGES que presenta la siguiente pantalla de ejecución.



Figura 151. Pantalla de ejecución del modelo OPTIGES.

Una vez aparece la etiqueta de “fin de proceso” se puede presionar el botón “Aceptar” para cerrar la pantalla de simulación y volver a la pantalla de trabajo.

Si, por cualquier causa, apareciera un mensaje de error, este vendría descrito en el fichero de eco de datos de Optiges. Esto se puede hacer desde el menú [Ver][Resultados Optiges][Eco de datos] como se indica en la Figura 18.



Figura 152. Acceso al archivo de eco de datos y resumen de resultados de la optimización.

Si la simulación ha terminado correctamente, es conveniente editar e imprimir el archivo de “Eco de datos” (Figura 18) para revisar y validar todos los datos que se han introducido al programa. Este archivo contiene una copia formateada y etiquetada de los datos que se ha dado al programa (Figura 153).

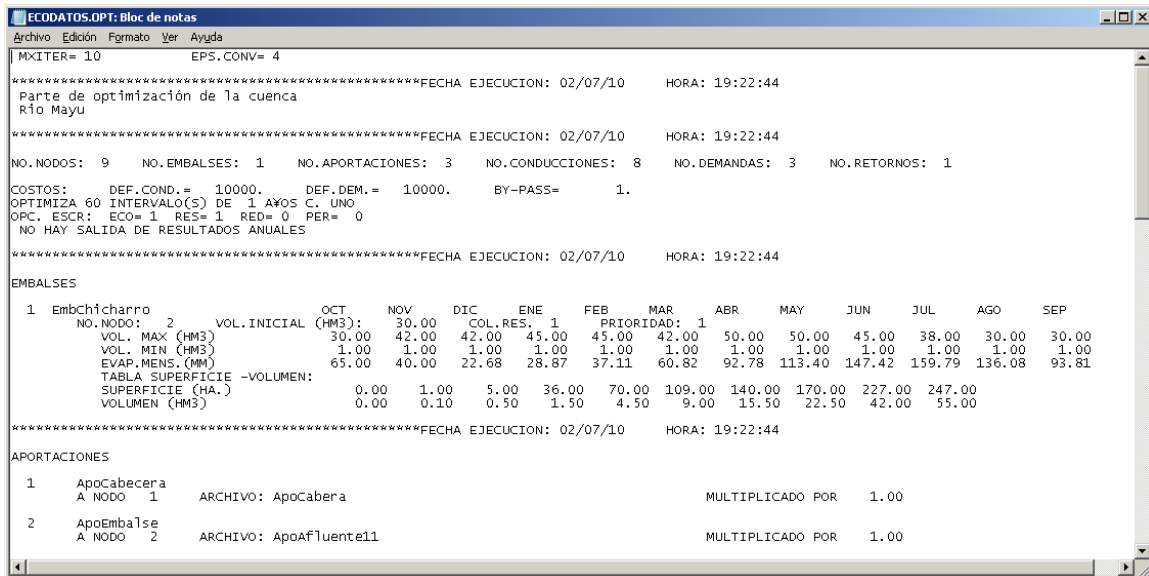


Figura 153. Archivo de eco de datos de la optimización.

## 6. Análisis de resultados.

Una vez terminada una simulación y validados los datos, se puede pasar a analizar los resultados. Para ello se dispone de varios recursos. Aunque los principales son 2. El primero es un resumen general de toda la simulación que se tiene en “Resumen de resultados” (Figura 18). Y el segundo es la herramienta de análisis gráfico de resultados por elementos.

*El resumen de resultados* incluye un resumen del número de veces que cada demanda o caudal mínimo tiene fallos en cada una de las 4 zonas (Figura 154). Este dato, aparte de como otro indicador de garantía, es útil para valorar la eficacia en la definición de zonas objetivo de la demanda.

TramoFinal		12.01	31.30	40.57	52.23	54.03	44.73	38.99	25.06	11.04	3.96	3.44	4.17	321.54	134	81.4	
	EN M3/SEC	4.63	12.08	15.65	20.15	20.85	17.26	15.04	9.67	4.26	1.53	1.33	1.61	10.34			
		NO. FALLOS POR MAGNITUD (1=MAX, 4=MIN): 44 DE MAG.1, 90 DE MAG.2,															
TomaVillaAbajo	EN M3/SEC	0.94	1.52	1.76	1.80	1.59	1.76	1.70	1.88	1.99	1.90	1.66	1.83	1.69		0	100.0
TomaAgraria	EN M3/SEC	1.68	0.00	0.00	0.00	0.43	2.51	3.91	7.49	8.96	12.41	11.59	6.88	55.87		0	100.0
Toma n° 3	EN M3/SEC	0.65	0.00	0.00	0.00	0.17	0.97	1.51	2.89	3.46	4.79	4.47	2.65	1.80		0	100.0
	EN M3/SEC	1.66	3.92	5.86	7.10	8.18	8.47	8.84	8.59	5.90	2.03	0.88	0.90	62.34		0	100.0
	EN M3/SEC	0.64	1.51	2.26	2.74	3.15	3.27	3.41	3.31	2.28	0.78	0.34	0.35	2.00			

DEMANDAS (SUMINISTROS Y DEFICITS EN HM3/MES, GARANTIAS EN %)														
		OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
DemVillaAbajo	SUMINISTRO	2.43	3.95	4.56	4.67	4.12	4.57	4.42	4.86	5.15	4.92	4.30	4.75	52.70
	DEFICIT	2.61	0.81	0.20	0.09	0.07	0.08	0.06	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	3.97
	GAR.MENS.:	87.8% ( 88 FALLOS) GAR.VOLUM.: 93.0% MAX.DEFIC.MENS.: 5.0 MAX.DEF.2 MES.CONTS: 9.8												
	GAR.ANUAL:	40.0% ( 36 FALLOS) FALLOS CRIT.TIPO UTAH DWR: 36 POR 1 AÑO, 44 POR 2 AÑOS, 51 POR 10 AÑOS***												
	MESES CON DEFICIT:	88 POR MAGNITUDES (1=MAX 4=MIN): 65 DE MAG.1, 23 DE MAG.2,												
DemAgrElNaranjero	SUMINISTRO	1.68	0.00	0.00	0.00	0.43	2.51	3.91	7.49	8.96	12.41	11.59	6.88	55.87
	DEFICIT	0.86	0.00	0.00	0.00	0.11	1.13	1.09	2.84	5.02	9.09	6.37	1.84	28.34
	GAR.MENS.:	65.7% (247 FALLOS) GAR.VOLUM.: 66.3% MAX.DEFIC.MENS.: 20.4 MAX.DEF.2 MES.CONTS: 37.0												
	GAR.ANUAL:	18.3% ( 49 FALLOS) FALLOS CRIT.TIPO UTAH DWR: 23 POR 1 AÑO, 22 POR 2 AÑOS, 51 POR 10 AÑOS***												
	MESES CON DEFICIT:	247 POR MAGNITUDES (1=MAX 4=MIN): 53 DE MAG.1, 103 DE MAG.2, 91 DE MAG.3,												
DemVillaAfuera	SUMINISTRO	1.66	3.92	5.86	7.10	8.18	8.47	8.84	8.59	5.90	2.03	0.88	0.90	62.34
	DEFICIT	8.34	6.08	4.13	2.90	1.82	1.53	1.16	1.41	4.10	7.97	9.12	9.10	57.66
	GAR.MENS.:	40.4% (429 FALLOS) GAR.VOLUM.: 51.9% MAX.DEFIC.MENS.: 10.0 MAX.DEF.2 MES.CONTS: 20.0												
	GAR.ANUAL:	0.0% ( 60 FALLOS) FALLOS CRIT.TIPO UTAH DWR: 20 POR 1 AÑO, 44 POR 2 AÑOS, 51 POR 10 AÑOS***												
	MESES CON DEFICIT:	429 POR MAGNITUDES (1=MAX 4=MIN): 0 DE MAG.1, 0 DE MAG.2, 0 DE MAG.3, 429 DE MAG.4												

Figura 154. Resultados para demandas y caudales mínimos en el archivo de resumen.

Para comprender el funcionamiento de estos niveles de la demanda, se va a hacer varias optimizaciones variando los datos de definición de estas zonas (ver Tabla 14: Definición de zonas para las demandas).

1) Si se hace varias optimizaciones variando el mínimo de suministro urbano y se compara el resultado de número de fallos en cada zona para las demandas urbana, agraria y de caudal mínimo, se obtiene el resultado que se muestra en la Tabla 16. De aquí puede deducirse que el mínimo definido para la demanda urbana no influye en la garantía a la demanda agrícola o al caudal ecológico. Aunque sí puede tener efecto sobre la misma demanda urbana, ya que plantearse un objetivo de mínimos más ambicioso puede ser incluso perjudicial para la propia demanda ya que puede aumentar el número de fallos graves, mientras que si se baja el mínimo estos se reducen.

Zona 1	fallos Z1	fallos Z2	fallos Z1	fallos Z1
UDU %	UDU	UDU	Qmin	UDA
75	54	30	46	52
80	55	30	46	52
85	61	26	45	53
90	63	24	45	53
95	65	23	44	53
99	65	23	44	53

Tabla 16: Influencia del mínimo de demanda urbana en su garantía

2) Si se hace lo mismo con la demanda agraria (manteniendo fija la urbana) se obtiene un resultado similar (Tabla 17). La demanda urbana y el mínimo de la demanda ecológica no son afectados por el criterio de gestión de la demanda agrícola. Mientras que la misma demanda agrícola sí es afectada. En el último caso, se observa una influencia mayor sobre la garantía de la zona 2 del caudal ecológico, esto es así porque se está priorizando más el suministro de la demanda agraria sobre este.

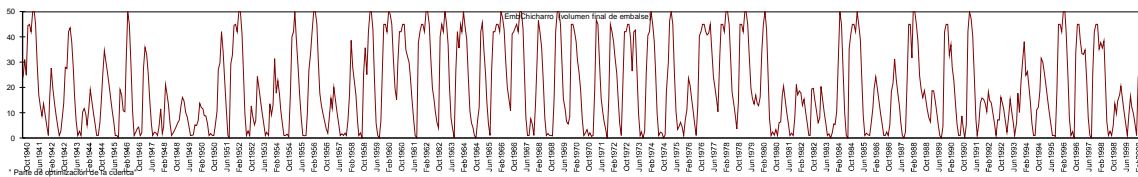
**Tabla 17: Influencia del mínimo de demanda agrícola en su garantía y de la urbana.**

Zona 1 UDA %	fallos Z1 UDU	fallos Z2 UDU	fallos Z1 UDA	fallos Z2 UDA	fallos Z3 UDA	fallos Z1 Qmin	fallos Z2 Qmin
0	65	23	-	155	92	44	80
10	65	23	28	128	91	44	86
15	65	23	34	122	91	44	89
20	65	23	53	103	91	44	90
30	65	23	72	91	84	44	97
50	65	23	97	-	150	44	122

El otro medio para analizar los resultados de la optimización es mediante el programa de

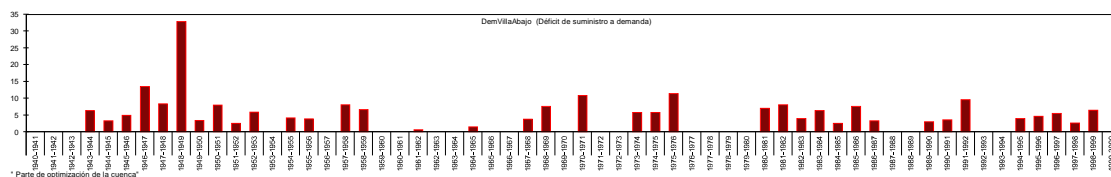
visualización de *resultados gráficos*.

En primer lugar, en el gráfico de evolución del volumen embalsado (Figura 20) puede verse que con la gestión simulada, todos los años se agotarían las reservas. Esto descubre que las lecturas anteriores están condicionadas por cómo se ha definido la optimización, ya que se ha hecho optimizaciones sucesivas de periodos de gestión de un año. Esto es, el programa no considera la necesidad de dejar reservas en el embalse a final del año hidrológico para mejorar el suministro durante el año siguiente.



**Figura 155. Gráfico de resultados del embalse.**

Este criterio de gestión del embalse puede ser adecuado, ya que la regulación del embalse es normalmente inferior a la aportación que recibe. Pero no siempre ocurre así, por ejemplo los años 1980-1983 o 1991-1995 el embalse no llega a llenarse. En estos periodos también se puede comprobar que en estos años la demanda urbana tiene déficit de suministro (Figura 22).



**Figura 156. Resultados déficit anual en la demanda UDU VillaAbajo.**

De lo anterior se deduce que es necesario estudiar una gestión hiperanual del embalse. Esto es, será necesario analizar la eficacia de guardar reservas en el embalse a final de año para el año siguiente. Para ello se puede

utilizar OPTIGES con un periodo de optimización de 2 o más años. La Figura 157 representa los gráficos comparados de la optimización con 1, 2, 5 y 60 años, y la Tabla 18 compara los resultados de fallos por zonas de demandas.

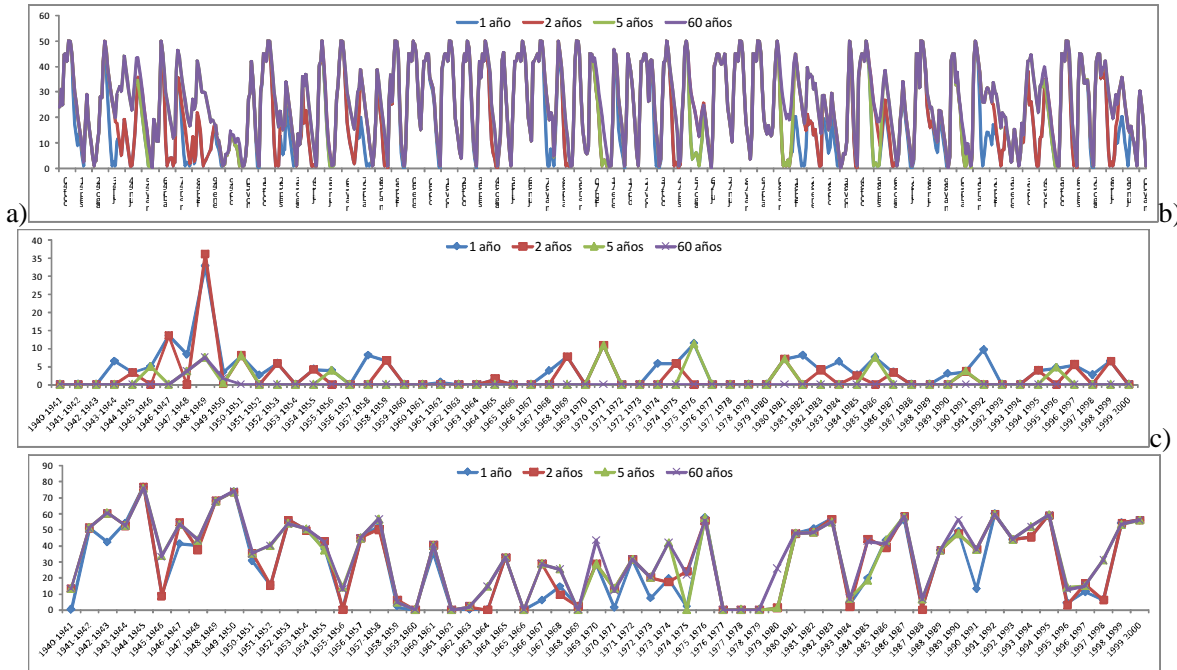


Figura 157. Resultados de la optimización con 1, 2, 5 y 60 años de periodo optimizado. a) Volumen embalsado, b) déficit anual en la demanda UDU VillaAbajo, c) déficit anual en la demanda agraria.

años optimiz.	fallos Z1 UDU	fallos Z2 UDU	fallos Z1 UDA	fallos Z2 UDA	fallos Z3 UDA	fallos Z1 Qmin	fallos Z2 Qmin
1	65	23	54	103	91	44	90
2	38	10	51	113	96	37	87
5	19	15	53	115	101	35	87
60	3	18	50	126	98	31	89

Tabla 18: Influencia del número de años de optimización en las garantías.

De estos resultados se aprecia como en periodos secos se podría mejorar el suministro urbano guardando reservas en el embalse a final de año. Aunque no es así cuando son años de mayor abundancia. Destaca el fallo más significativo de la demanda urbana (año 1948-49) que la optimización de 5 años reduce a un fallo similar al de otros años.

Si el objetivo perseguido por este estudio es deducir unas reglas de operación óptimas que garanticen el suministro de la demanda urbana sin dejar de suministrar agua del embalse a las otras demandas cuando esto sea posible, estas deberían deducirse de resultados como los mostrados hasta aquí.

Naturalmente unas reglas de operación reales no podrían proporcionar resultados como los que calcula la optimización, pero si en la optimización se encuentran tendencias o correlaciones entre datos y acciones, estas se podrían utilizar como referencia para plantear reglas de operación.

Otro método de diseño puede consistir en definir primero el tipo de regla de operación que se busca y después utilizar los resultados de la optimización para darle valores. Por ejemplo, se podría buscar un valor de reservas requeridas a final del año hidrológico que aumenten la garantía de suministro de la demanda



urbana. La Figura 158 representa el recuento de veces que el resultado de volumen embalsado a final de septiembre queda en distintos intervalos de su capacidad. La Figura 159 representa la reducción al suministro agrícola en relación con el volumen de reservas a principio de campaña.

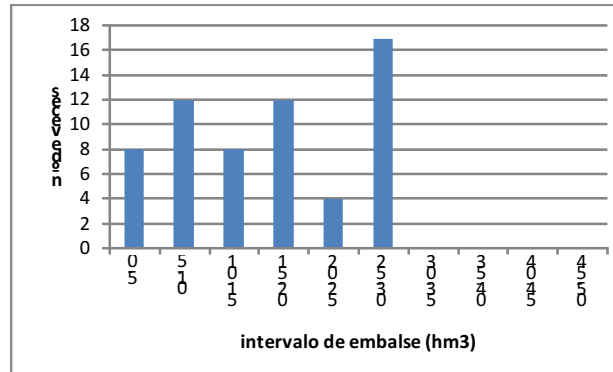


Figura 158. Número de veces que el volumen de reservas simulado termina en cada tramo a final de septiembre según la optimización de 60 años.

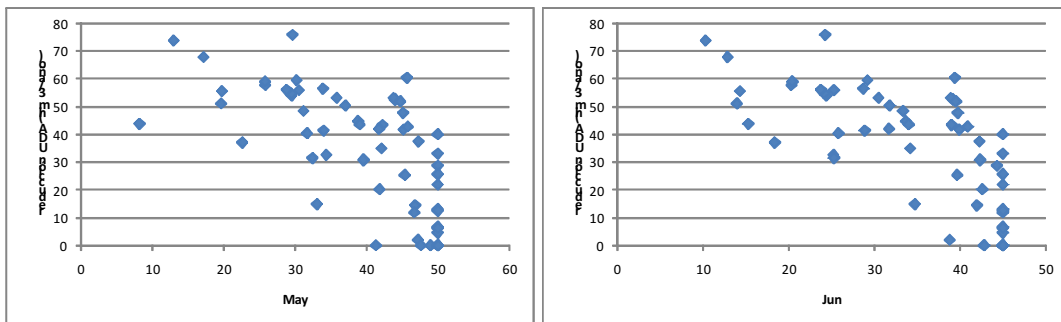


Figura 159. Relación entre el volumen de reservas a final de mayo y junio con la reducción de suministro a la demanda agraria.

Como es lógico, las comparaciones anteriores (u otras que se pudiera ensayar) no sugieren ninguna conclusión inmediata y determinante. Sin embargo, una vez definido el tipo de regla de operación buscada, sí se puede deducir un rango para la misma. En el ejemplo anterior, una vez decidido que la regla de operación se basará en el volumen de reservas en mayo y en función de este valor definir una reducción lineal del suministro a la demanda agrícola, se podría deducir varias reglas de operación. En la Figura 160 se plantea 3 opciones:

- La opción (a) sería la decisión más arriesgada, comenzaría a reducir las sueltas para suministro agrícola cuando el embalse se encuentra por debajo de 40 hm<sup>3</sup> de reservas, y la máxima reducción sería del 45% para un volumen de 10 hm<sup>3</sup>. Esta opción sería muy arriesgada, ya que la optimización siempre que ha aplicado reducciones al suministro estas han sido mucho mayores.
- La opción opuesta sería la curva (b), que se basa en los resultados más restrictivos de la optimización. Con esta regla de operación, siempre que el embalse no estuviera completamente lleno se aplicarían reducciones desde el 40%, y estas llegarían al 80% si el embalse está por debajo de 30 hm<sup>3</sup>.
- Por último caben todas las soluciones intermedias. La curva (c) comenzaría a aplicar reducciones siempre que el embalse no esté lleno, pero estas comenzarían desde 0 y llegarían al 80% si el embalse está por debajo de 20 hm<sup>3</sup>.

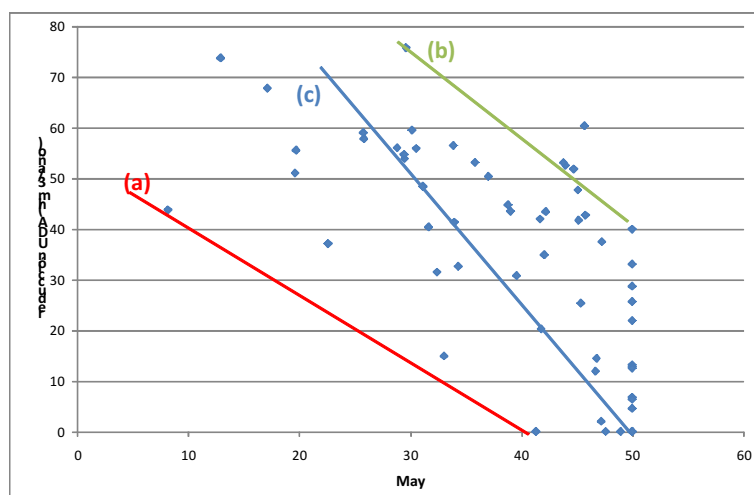


Figura 160. Diferentes propuestas de reglas de gestión basadas en los resultados de volumen de reservas a final de mayo.

En el ejemplo anterior se define una regla de operación lineal. Pero también se puede plantear reglas de operación escalonadas o por tramos. Esto solo complicaría la definición de la regla de operación, pero a priori, tampoco garantiza un mejor resultado de la gestión. El criterio para este tipo de decisiones no puede basarse solo en los resultados de modelos. Es muy importante tener en cuenta también la práctica real de la gestión de la cuenca que es mucho más complicada. En esta hay que tener en cuenta también condicionantes sociales, económicas, ambientales, etc; de forma que una solución que desde el punto de vista numérico fuera la más adecuada, puede incluso no ser factible si se tiene en cuenta otros objetivos.

Este ejercicio se completaría volviendo a utilizar el modelo SIMGES para ensayar la simulación de la gestión de la cuenca con las reglas de operación definidas, esto permitiría evaluar comparativamente la eficacia de cada opción.