

AQUATOOL-2021

SOFTWARE PARA LA SIMULACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE CUENCAS CON TIEMPO en PASO VARIABLE.

Descripción resumida de los programas

Autor: Abel Solera

Grupo [Aquatool](#). GIRH. [IIAMA](#). [UPV](#)

Última edición: junio 2021.

Este documento tiene como finalidad principal presentar brevemente los programas desarrollados desde 2020 destinados a mejorar y sustituir los anteriores programas de AQUATOOL mejorados principalmente en la opción de trabajar en una escala temporal inferior al mes. A diferencia de los anteriores programas de AQUATOOL.

Este desarrollo se realiza en gran parte al amparo del proyecto de investigación “*Reducción de la EScala Temporal en la Planificación Hidrológica para la gestión de Recursos y el medio Ambiente (RESPHIRA)*” financiado por la Agencia Estatal de Investigación (AEI) del Ministerio de Ciencia e Innovación en la convocatoria de 2019 de proyectos de I+D+I de proyectos de generación de conocimiento. (PID2019-106322RB-100/AEI/10.13039/501100011033) vigente de junio de 2020 a mayo de 2023.

El software AQUATOOL en sus versiones anteriores ha sido utilizado como herramienta de ayuda en la Planificación Hidrológica en todas las Oficinas de Planificación Hidrológica de todas las cuencas españolas y también en otros países. En la redacción de este documento se asume que el lector conoce dicho software.

Las funcionalidades principales de los nuevos programas son las siguientes:

1. Pueden procesar modelos de análisis de la gestión de cuencas previamente desarrollados en la versión a escala mensual de Aquatool.
2. Compatibilidad con la disponibilidad real de datos. Esto es, permiten realizar cálculos (por ejemplo) en escala diaria utilizando las series de datos de escala diaria para los elementos de que se dispone de datos en esta escala. Mientras que para el resto utiliza el dato mensual repartiéndolo a la escala diaria o la escala fijada.
3. Implementa mejoras respecto a los modelos mensuales orientadas a tratar problemas que cobran interés en escala diaria.
4. Versatilidad para la ampliación según nuevas necesidades.

La última versión de los programa se puede descargar de este enlace:

<https://aquatool.webs.upv.es/files/programas/SetupAquatoolVTS.exe> (última versión 26/mayo/2021)

Una vez instalado se accede al mismo por el menú inicio → Aquatool + → Optimizador Dia
El manejo del programa de ayuda se describe en [5.4. Ayuda en la edición de datos y manejo del programa.](#)

El programa queda instalado en la ruta (Program files)\Aquatoolvts\ aqtDiaEditor.exe

Módulos de cálculo disponibles

Con este proyecto se pretende que, todos los programas de aquatool que se ocupan del análisis de la gestión de cuencas y trabajan en escala mensual, pasen a trabajar en paso de tiempo variable. Los nuevos programas siguen una filosofía similar a los anteriores, pero con algunos cambios que se adapten no solo a la escala de tiempo buscada sino también a objetivos más actuales que aquellos para los que se diseñó originalmente el software en los años 90.

Los módulos que actualmente están en uso son:

1. AQT-SIM - Módulo para el desarrollo de modelos de **simulación de la gestión** de sistemas de recursos hídricos con **paso de tiempo básico variable, desde diario hasta mensual**, para horizontes temporales de simulación intra-anales, anuales, o plurianuales.
2. AQT-OPT - Módulo para el desarrollo de modelos de **optimización de la gestión** de sistemas de recursos hídricos con **paso de tiempo básico variable, desde diario hasta mensual**, para horizontes temporales de optimización intra-anales, anuales, o plurianuales.
3. AQT-RISK – Módulo para estimaciones probabilísticas de evolución de los flujos de agua, de la calidad de la misma, y de indicadores cuantitativos, ambientales, y otros, con **paso de tiempo básico variable, desde diario hasta mensual**, para horizontes temporales intra-anales, anuales, o plurianuales.
4. AQT-CAL - Módulo para el análisis de la calidad del agua a escala de cuenca (**todavía no disponible para su uso por terceros**).

Contenido de este documento.

[Módulos de cálculo disponibles](#)

[Contenido de este documento.](#)

[Aspectos comunes a todos los módulos.](#)

[Módulo AqtSim.](#)

[Módulo AqtOpt.](#)

[Módulo AqtRisk.](#)

[Manejo de los programas.](#)

[1. Datos de entrada.](#)

[2. Definición de un modelo de cálculo con aquatool mensual.](#)

[3. Configuración de la escala temporal.](#)

[4. Simulación con Aqt-Opt](#)

[5. Series de datos en la escala temporal de cálculo.](#)

[5.1. Series de datos en formato de la base de datos de aquatool.](#)

[5.2. Datos para Aqt-Risk. Series de datos en formato de tabla.](#)

[6. Resultados.](#)

7. Nuevos elementos no considerados en los módulos clásicos SIMGES y OPTIGES.

7.1. Control de crecidas en tramos de río.

7.2. Tomas de embalse limitadas por la cota.

7.3. Control de niveles en embalses.

7.4. Control de suministros iguales en grupos isoprioritarios.

7.5. Precipitación en embalse.

Prioridades y reglas para el reparto del agua.

Programa de ayuda para la edición de datos y manejo del programa.

ANEXO. PREPARAR UN MODELO DE AQUATOOL+ PARA SU USO EN OTRA ESCALA

Simulación de un modelo en escala mensual con un modelo VTS.

Simulación en escala diaria con datos mensuales.

Simulación con aportaciones en la escala de cálculo y el resto de datos en escala mensual.

Simulación con algunas series de datos en la escala de cálculo y el resto de datos en escala mensual.

Ampliación del modelo con propiedades no contempladas en la versión clásica en escala mensual.

Aspectos comunes a todos los módulos.

Todos los módulos han sido diseñados para reproducir la gestión de una cuenca o sistema de recursos hídricos respetando los límites físicos del sistema y resolviendo la asignación óptima del agua según diferentes criterios. La diferencia entre ellos radica en los criterios de asignación del agua, en el modo en que se ha de trabajar con estos y consecuentemente en el tratamiento de los resultados.

El modelo admite cualquier configuración en cuanto a número de elementos dentro de unos límites impuestos únicamente por capacidades de hardware, y por tanto es utilizable para cualquier esquema de recursos hídricos.

La simulación se efectúa a cualquier escala de tiempo (entre mensual y diaria) con la única limitación causada por el tiempo de viaje del agua. Reproduce, a la escala de detalle espacial que el usuario desee, el flujo del agua a través del sistema. Para los subsistemas superficiales el flujo es calculado simplemente por continuidad o balance, mientras que para los subsistemas subterráneos o acuíferos el flujo es simulado mediante diversos modelos específicos elegibles por el usuario entre varios modelos agregados y modelos de flujo lineal disponibles. Se tiene asimismo en cuenta en la simulación las pérdidas por evaporación y filtración en embalses y cauces, así como las relaciones entre aguas superficiales y aguas subterráneas.

Estos módulos se inspiran en sus predecesores SIMGES, OPTIGES Y SIMRISK limitados al cálculo en escala mensual. Y por tanto pueden procesar los datos de aquellos modelos produciendo resultados iguales o similares dependiendo de los parámetros de cálculo definidos. El paso a una escala de tiempo más corta permite además a los nuevos programas el incluir en su análisis otros procesos de toma de decisión que en la escala mensual perdían su sentido.

Módulo Aqt-Sim.

El “Módulo para la simulación de la gestión de sistemas de recursos hídricos con paso de tiempo variable” Aqt-Sim ha sido diseñado con la finalidad de **simular una gestión** del sistema realista acorde con los criterios de toma de decisiones que se le plantean. Por lo tanto, su principal utilidad es la de obtener una evaluación de la calidad de la gestión a largo plazo en el escenario de cálculo definido.

La simulación de la gestión de los recursos hídricos se efectúa mediante reglas de operación configurables por el usuario y diseñadas de acuerdo a la experiencia en reglas de operación aplicadas en la realidad. Se admite la definición de caudales mínimos y/o ecológicos, así como de diferentes prioridades de los diferentes usos del agua.

El módulo produce como resultados los valores de las variables de flujo y almacenamiento en las masas de agua para cada paso de tiempo, así como resúmenes y estadísticas de diverso tipo como indicadores de desempeño de la alternativa simulada, por ejemplo, indicadores de garantías y vulnerabilidades de las demandas, y de los requisitos ambientales.

Módulo Aqt-Opt.

El “Módulo para la optimización de la gestión de sistemas de recursos hídricos con paso de tiempo básico variable” AqtOpt es un modelo general para el análisis mediante **optimización de la Gestión de Cuencas**, o sistemas de recursos hídricos complejos, en los que se dispone de elementos de regulación o almacenamiento tanto superficiales como subterráneos, de captación, de transporte, de utilización y/o consumo, y de dispositivos de explotación de las aguas subterráneas.

La diferencia entre la optimización realizada con este módulo y la simulación realizada con el anterior, es que la optimización “conoce” cuál será la entrada de recursos a la cuenca en los pasos de tiempo futuros y la tiene en cuenta para la gestión de las reservas en pasos previos buscando el reparto óptimo del agua tanto en el espacio como en el tiempo.

La optimización no admite la definición de reglas de operación como en AqtSim puesto que estas quedan sustituidas por el conocimiento de los recursos futuros y los objetivos en la asignación de recursos.

La optimización calcula una gestión óptima de los recursos hídricos. En la práctica, el análisis de resultados de la optimización permitiría la deducción de reglas de operación eficientes que pudieran ser de aplicación en la realidad. Estas reglas de operación podrán ser también analizadas y validadas mediante el uso del programa AQT-SIM, desarrollado en paralelo a este para la simulación de la gestión con tales reglas de operación. Mediante AQT-OPT se puede obtener reglas de gestión tanto para la gestión en sequías como para situaciones de excedentes y control de crecidas.

El programa produce como resultados los valores de las variables de flujo y almacenamiento en las masas de agua para cada paso de tiempo, así como resúmenes y estadísticas de diverso tipo, también indicadores de desempeño de la alternativa analizada, por ejemplo, indicadores de garantías y vulnerabilidades de las demandas, y de los requisitos ambientales.

Módulo Aqt-Risk.

El “módulo para estimaciones probabilísticas de evolución de los flujos de agua, de la calidad de la misma, de indicadores cuantitativos, ambientales, y otros, con paso de tiempo básico variable” (Aqt-Risk) es un modelo general para el análisis de riesgos en la Gestión de Cuencas, o sistemas de recursos hídricos complejos, en los que se dispone de elementos de regulación o almacenamiento tanto superficiales como subterráneos, de captación, de transporte, de utilización y/o consumo, y de dispositivos de explotación de las aguas subterráneas.

Para el uso del programa está previsto aprovechar la definición de modelos de simulación u optimización de la gestión de la cuenca elaborados para AQT-SIM o para AQT-OPT, por lo que, como aquellos, admite cualquier configuración del modelo de la cuenca dentro de unos límites impuestos únicamente por capacidades de hardware, y por tanto es utilizable para cualquier esquema de recursos hídricos. Permitirá además el análisis de riesgos relacionados con la calidad de aguas, para lo cual se aprovecha la modelación previa realizada con el modelo AQT-QUAL. El programa AQT-RISK, realiza múltiples simulaciones u optimizaciones de la gestión y la calidad del agua; todas sobre el mismo periodo de tiempo para evaluar estadísticos y riesgos de fallo en los objetivos de gestión de la cuenca.

Su uso está previsto para la toma de decisiones en tiempo real. Por lo que para el análisis de la gestión adquiere especial importancia la definición de las condiciones iniciales previas al periodo analizado (reservas en embalses y acuíferos, y aportaciones recientes).

El módulo produce como resultados estadísticos e indicadores relacionados con el suministro en demandas, de cumplimiento de caudales mínimos y máximos en ríos, de almacenamiento de agua en embalses, y de concentraciones de diferentes parámetros contaminantes en ríos y embalses.

Manejo de los programas.

A continuación se describe brevemente el manejo de los programas.

Para la utilización de estos modelos de nueva generación, es muy recomendable estar muy familiarizado con los modelos anteriores de AQUATOOL, ya que el análisis con paso de tiempo básico mensual constituye un paso previo al análisis con paso de tiempo básico inferior casi obligado, tanto para el aprendizaje del uso de los modelos, como para la identificación del sistema de recursos hídricos, tanto en cuanto a su esquema conceptual y definición de los elementos que lo componen (entre otros temas: tipo de elementos y sus características físicas y de gestión), como a los procedimientos de modelación de los mismos (por ejemplo, de los distintos tipos de conducciones y tramos de río, acuíferos). Por lo tanto, los manuales de usuario de los modelos de la generación anterior se constituyen como la base de la explicación de todos estos extremos relacionados con el esquema conceptual, y otras ideas básicas de modelación de sistemas de recursos hídricos en general, y del tipo de modelo que se describe en particular. Es por ello que los manuales de usuario de los modelos de nueva generación contienen la descripción e instrucciones de utilización de las nuevas posibilidades que ofrecen.

1. Datos de entrada.

Para la entrada de datos a los modelos se ha tomado como referencia la base de datos (BD) definida para el interface AQUATOOL+ que fue diseñada para contener los datos de los modelos precedentes en paso mensual. Esta BD se describe en el documento "[Diseño de una Base de Datos general para los principales modelos de cálculo utilizados en AQUATOOL.](#)".

Los programas no leen directamente la información de dicha BD, sino que en su lugar requieren la traslación de cada tabla de la base de datos a un archivo de texto con el mismo nombre que la tabla, el cual contendrá una copia directa del contenido de la tabla. Esta copia podrá tener un formato tipo CSV con encabezados o una transposición de la tabla en que cada columna vendrá escrita en una fila precedida del nombre de la columna delimitado por los símbolos <> (el volcado de los datos contenidos en la BD a este formato se realiza automáticamente mediante el interface de usuario).

Para los datos adicionales a los ya diseñados en los modelos de paso mensual se ha diseñado tablas específicas o campos añadidos a las existentes que son tratadas de igual modo que los datos anteriores.

A continuación se describe las funcionalidades adicionales a las disponibles en los programas de paso mensual ([Enlace a los manuales de Aquatool mensual](#)).

2. Definición de un modelo de cálculo con aquatool mensual.

La forma más sencilla de desarrollar un modelo de cálculo para su análisis con estos programas es configurar un esquema de usuario con el interface de usuario AQUATOOL+ para su proceso con SIMGES u OPTIGES.

Los nuevos programas pueden procesar los datos del modelo de paso mensual en los mismo términos con resultados iguales, o similares dependiendo de los parámetros de cálculo utilizados.

La edición de un modelo mensual para su proceso en otra escala de tiempo se realiza ampliando la base de datos de AQUATOOL+ (archivo *.BDA). Esta BD ampliada puede seguir siendo compatible con aquatool+, aunque dejará de serlo cuando el modelo se amplíe con elementos nuevos no existentes en aquel programa.

La BDA se puede modificar mediante el editor de MS Access. Cuando se disponga de un interface adecuado para esta edición se publicará aquí. Mientras tanto conviene utilizar el asistente para el manejo de programas VTS que se describe en [Ayuda en la edición de datos y manejo del programa](#). Este programa se ocupa de actualizar la versión de la BD y facilitar el acceso a la misma y la llamada a los programas de cálculo. Para consultar las modificaciones incorporadas a la BD de Aquatool+ se puede consultar [este documento](#).

3. Configuración de la escala temporal.

Un modelo desarrollado en Aquatool+ puede ser procesado con el módulo equivalente de Aquatool-2021 en escala mensual y sin más cambios.

Para calcular en otra escala temporal, esta ha de ser configurada mediante la edición del registro correspondiente de la tabla [XDEscenario](#). Esta tabla contiene la definición de la simulación en cada escenario de este esquema.

Debido a la pequeña distorsión debida al diferente número de días en cada mes, a los años bisiestos y a la independencia entre la escala semanal y otras. Y con el fin de facilitar el trabajo al usuario en todas las circunstancias, se ha optado por ofrecer dos formatos para medir el tiempo:

1. En primer lugar, la definición de **pasos de tiempo como fracciones enteras del año**. Esto supone que el año dura 360 días (ficticios). Esta opción simplifica mucho el análisis de resultados. Y es la opción requerida para el análisis de decisiones a largo plazo (ya que no se relacionan con una fecha concreta y los resultados de interés se basan en un año medio o similar).
2. Para el análisis de decisiones a corto plazo sí puede ser conveniente la consideración concreta de las fechas del calendario. Para este caso, la medición del tiempo se hará en **pasos de tiempo con base diaria**, y se tendrá en cuenta el calendario para el cómputo temporal (incluido el día 29 de febrero en años bisiestos).

Para los modelos de análisis de la gestión para planificación a largo plazo (Aqt-Sim y Aqt-Opt) La escala temporal se define en fracciones del año, que ha de ser siempre un múltiplo de 12 (meses). Esto significa que, por ejemplo, en escala diaria el año ha de tener 360 días. Por tanto este dato (XDEscenario.Escala) adoptará valores como:

- 12 (escala mensual);
- 36 (escala decenal);
- 48 (escala semanal);
- 360 (escala diaria);
- 720 (escala en pasos de ½ día);

Para el modelo de análisis de la gestión a corto y medio plazo (AqtRisk) se puede optar también por la consideración del tiempo según calendario (definiendo el dato XDEscenario.PasoTiempo=1). En este caso el paso de tiempo de cálculo se define en número de días que viene dado en el mismo registro (XDEscenario.Escala).

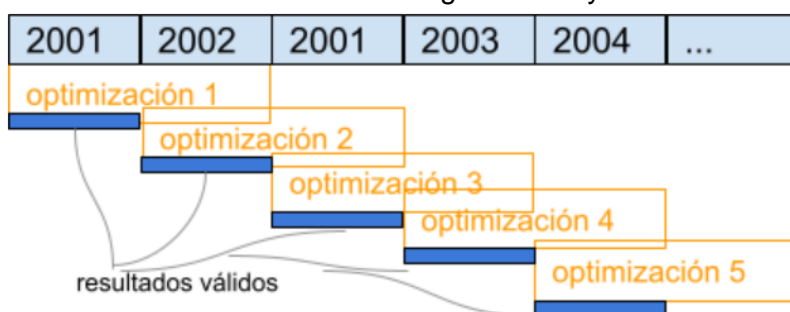
En cualquier caso, el programa puede realizar la simulación en la escala pedida aunque no se definan los datos en esta escala. Pero al carecer de datos, el programa los obtendrá desagregando los datos mensuales disponibles.

La simulación está diseñada para que lea los datos aportados por el usuario lo sean en la escala correcta y para deducir el resto a partir de los disponibles en escala mensual.

4. Simulación con Aqt-Opt

El programa de optimización permite trabajar en la misma forma que se utilizaba Optiges mensual, pero con algunas ampliaciones:

- Permite la optimización de un modelo desarrollado con Simges u Optiges. Esto es, con todo el detalle en la definición de elementos que tenía el anterior.
- El periodo de optimización no es necesariamente un número entero de años, se define por número de pasos (dato XDEscenario.NumPOpt).
- Se puede realizar una simulación con optimizaciones más largas, conservando o validando solo un periodo de tiempo más corto (dato XDEscenario.NumPSalto). Por ejemplo, se puede hacer una simulación con optimizaciones de dos años, pero descartando los resultados del segundo año y conservando solo el primero.



5. Series de datos en la escala temporal de cálculo.

El programa está preparado para trabajar en cualquier escala temporal a partir de los datos en escala mensual de AQUATOOL y solo aquellos que proporcione el usuario en la escala del paso de tiempo de cálculo. Además puede aceptar datos medios anuales o datos etiquetados cronológicamente. Si hubiera redundancia de datos, la prioridad de lectura es la siguiente:

1. serie en paso Δt
2. año medio en paso Δt (solo para paso de tiempo medido en fracciones del año).
3. series en paso mensual
4. año medio en paso mensual.

Para los datos que vienen en escala mensual se realiza un reparto uniforme entre todos los pasos de tiempo en el mes.

Los datos que pueden definirse en escala de tiempo t (como serie temporal o como año medio) son los siguientes. El "código" se define en el campo TipoDato para indicar al programa que estos datos vienen dados en el paso de tiempo de cálculo.

Código	Descripción
--------	-------------

TipoDato	
311	aportaciones intermedias en escala diferente a la mensual
214 216	Datos serie mensual de demandas Serie demanda en otra escala de tiempo
217	Dotación en toma para escala diferente a la mensual
218	Caudal mínimo en otra escala de tiempo
219	Caudal máximo en otra escala de tiempo
123	Datos precipitación a embalse en mm (no existe en Aqatool mensual)
124	Tasa de evaporación histórica de embalse (mm) en escala de tiempo no mensual

Por regla general se dispone de escasos datos para cambiar la escala de tiempo, por esto se tomará los datos mensuales de aqatool como válidos mientras no se tenga datos con la escala correcta. La desagregación se hará en los siguientes términos:

Dato	Proceso
Aportación intermedia *	Lo normal es que este dato venga dado en la escala correcta. Pero también es aceptable que se de en escala mensual. Se reparte uniformemente en el lapso de tiempo correspondiente.
Demanda	Se reparte uniformemente en el lapso de tiempo correspondiente.
Volumen en embalse	Se mantiene el mismo dato mensual para todos los pasos intermedios.
Tasa de evaporación	Se reparte uniformemente en el lapso de tiempo correspondiente

**Caudal en
conducciones**

Se reparte uniformemente en el lapso de tiempo correspondiente

* Nótese que los datos para estos modelo se requieren en el formato de la base de datos, por tanto si se trabaja con un modelo de Aquatool mensual debe asegurarse que las aportaciones han sido cargadas en la base de datos y no vienen dadas por archivo.

Se contempla que pueda haber datos para unos elementos en la escala de cálculo, pero no para otros. En caso de no existir datos, se desagrega el dato mensual, en serie completa o serie mensual media. En el caso más general, el orden de búsqueda de datos será: (1) serie en paso t; (2) año medio en paso t; (3) series en paso mensual; (4) año medio en paso mensual.

Adicionalmente se permite la entrada de datos de series temporales en dos formatos. El primero como datos procedentes de la base de datos. Y el segundo para datos generados con otras aplicaciones.

5.1. Series de datos en formato de la base de datos de aquatool.

Las series de datos históricas se espera sean introducidas en la base de datos para su gestión vinculada a los elementos correspondientes. Tabla TAuxMensualHistor para series con paso temporal en fracciones del año; y tabla XDDatosFecha para series con paso temporal en días.

5.2. Series de datos en formato de tabla.

Se puede aportar series de datos históricos en tablas con una serie por columna y un paso de tiempo por fila. Este formato está previsto para generar series desde otras aplicaciones y poder utilizarlas con facilidad sin necesidad de copiarlas a la base de datos. Será el único modo en el caso de proporcionar múltiples series para AQT-RISK.

Estos datos vendrá en el archivo con nombre AQTSERIES.CSV si es una simulación, y AQTMULTISERIES.CSV” si es el modelo de simulaciones múltiples.

El formato de esta tabla es el típico de CSV con los siguientes requisitos:

- El formato es CSV con encabezamiento y datos separados por punto y coma.
- Debe contener una columna etiquetada “Date” o dos con las etiquetas “Year” y “Step”. La primera contiene datos en formato fecha; las otras dos definen la fecha como año y paso dentro del año. Se espera una u otra configuración según la opción de paso de tiempo utilizada.
- Los encabezamientos restantes definen el código de elemento y el código del tipo de dato separados por el carácter de guión bajo (“_”).

Por ejemplo: elemento 25 tipo de dato 201 se escribirá “25_201”

- Para el caso de simulaciones múltiples contendrá también la columna “Serie”
- Las fechas deben ser correlativas. Y las series irán numeradas de uno en adelante. Todas las series recorren el mismo periodo de tiempo. Todos los datos vienen dados en unidades de hm3, ya sea por día, o por un periodo más largo de tiempo. Si los datos vienen con escala en base diaria y las simulaciones se requieren en paso temporal de varios días, el programa sumará los datos de todos los días dentro de cada paso de tiempo.

6. Resultados.

Los programas producen resultados en forma de series de tiempo que escriben en archivos de texto formateados de acuerdo a los patrones establecidos en AQUATOOL+ para su visualización mediante el programa de gráficos de Aquatool o para ser procesados con una hoja de cálculo. Por tanto los resultados se presentan mediante un archivo descriptivo “*.info” y un archivo con las series temporales tabuladas con una fila por cada paso de tiempo y una columna por cada serie de resultados.

Los resultados producidos son los siguientes:

Resultados	Módulo de cálculo	Archivos
Series temporales en la escala de cálculo	AqtSim AqtOpt	AqtGraf.info aqtabla.txt
Series temporales en escala agregada (mensual) * Excepto si la simulación es en paso mensual.	AqtSim AqtOpt	GrafAcum.info tablaAcumulado.txt
Serie temporal en escala anual.	AqtSim AqtOpt	GrafAnual.info TablaAnual.txt
Resultados año promedio para balances. * En el caso de AqtRisk contendrá el promedio de todas las simulaciones.	todos	balan.csv
Funciones de distribución en simulaciones múltiples	AqtRisk	Fdistrib.info FDistrib.txt
Estadísticos pedidos en simulaciones múltiples	AqtRisk	Estadistic.info Estadistic.txt

7. Nuevos elementos no considerados en los módulos clásicos SIMGES y OPTIGES.

Además de realizar una simulación u optimización similar a los realizados por los módulos mensuales. Estos módulos permiten, opcionalmente, realizar otros procesos que se resumen a continuación.

7.1. Control de crecidas en tramos de río.

Este recurso sólo es de aplicación en procesos con optimización (Optiges-VTS, Optirisk-VTS). Aunque podría tener utilidad en casos de simulación para influir en las sueltas simultáneas de dos embalses.

Se define el control de crecidas como un caudal máximo tolerado en un tramo de río. Pero este no es un límite insalvable, está permitido sobrepasar este máximo, pero con una elevada penalización.

Además, para el caso de que se incumpla el máximo caudal autorizado, el proceso iterativo busca minimizar el máximo valor de caudal alcanzado por encima del límite de crecidas.

Este máximo se define en la tabla XDConduccion incluyendo un registro con el código de la conducción y el valor máximo asignado.

7.2. Tomas de embalse limitadas por la cota.

Para los casos en que la capacidad de sueltas en tomas controladas está limitada por la altura de agua en el embalse. En general, en los embalses las tomas directas están situadas a una cota determinada de manera que cuando el embalse alcanza esta cota no puede derivarse agua, y cuando la cota se acerca a la cota base de la toma, la capacidad se ve limitada.

La simulación de tomas de embalse limita su capacidad por una función de la cota de embalse relativa a la cota de toma. El proceso iterativo recalcula en cada paso de tiempo su capacidad según la cota promedio del embalse entre el inicio y fin del paso de tiempo.

A efectos de conexión hacia aguas abajo, este elemento se define como una conexión con nudo inicial el embalse y un nudo final al que se unirán las conducciones que dependen de esta toma.

Se puede agregar elementos del tipo toma en embalse mediante la tabla XDTomaEmbalse. Estos elementos han de agregarse también en la tabla de Aquatool TAuxEscElem indicando su nuevo código de elemento y como nudo origen se ha de dar el CodElemento del embalse al que están asignados.

Para el cálculo de la capacidad máxima de la toma se obtiene la diferencia entre cota promedio entre el valor al inicio y final del paso de tiempo y la cota mínima de la toma. Si esta diferencia es positiva se calcula el caudal máximo como: $\text{coefA} * (\text{diferencia de cota})^{\text{coefB}}$., en caso contrario, la capacidad es 0.

la tabla XDTomaEmbalse contiene, además de la identidad del elemento los datos necesarios para calcular el volumen máximo que se puede derivar por esta, que son: la cota mínima de la toma, y los coeficientes A y B indicados.

7.3. Control de niveles en embalses.

La gestión de embalses se define mediante los volúmenes de gestión diseñados para simges u optiges (según el modelo de cálculo escogido en aquatool). Y se puede ampliar con la definición de un “embalse muerto” y una “capacidad”.

La diferencia entre el embalse mínimo y el embalse muerto se entiende como un mínimo de gestión que podría utilizarse para fines ambientales y un volumen de embalse por debajo de la cota de toma que no es accesible en ningún modo.

El volumen de embalse por encima del “máximo de gestión” hasta la “capacidad” se entiende como el resguardo para control de crecidas, que solo debiera usarse en tales circunstancias. Por tanto, si se ha definido un control de crecidas en tramo de río aguas abajo, la simulación permite que el volumen embalsado supere el máximo hasta alcanzar la capacidad del embalse con el fin de reducir el caudal de crecida hasta el máximo establecido.

7.4. Control de suministros iguales en grupos isoprioritarios.

Esta utilidad permite ordenar al optimizador que iguale el % de suministro respecto a la asignación en las tomas de igual prioridad durante todo el periodo de optimización, con independencia de que en algunos pasos de tiempo se pudiera entregar más agua sin penalizar a otros objetivos. Esto reduce la eficiencia en la optimización del reparto de agua, pero tiene sentido para demandas agrarias cuya asignación se establece al principio de la campaña de riego y esto implica una superficie de siembra. En este caso la asignación inicial habría de mantenerse durante todo el periodo de cultivo.

Este control se realizará en el proceso iterativo y solo se hará para los números de prioridad para los que se ha pedido.

Los datos se definen mediante la tabla XDIsop que contiene los campos: NGrupo (número de prioridad) y ActivaControllsop (0=false=no; 1=true=sí). Si un grupo no está en la tabla su valor es “no”.

7.5. Precipitación en embalse.

Se ha incluido un elemento de aportación que consiste en proporcionar al modelo series de precipitación sobre un embalse medidas en mm. Con este dato, el programa calculará, para cada paso de la simulación, la precipitación total en volumen multiplicando los mm por la superficie simulada de la lámina de agua en el embalse. Esta aportación se incorpora como una entrada de recurso al embalse.

Se trata de una entrada de recurso discutible, ya que la precipitación sobre el embalse también se da con el vaso vacío y por tanto no depende de su estado y ya debiera venir contabilizada en el cálculo de la aportación natural de la cuenca. Sin embargo en un caso de estudio es un requisito exigido por la administración del agua y por ello se ha programado este recurso.

Prioridades y reglas para el reparto del agua.

La metodología de cálculo para la optimización del reparto del agua en AQT-VTS se diseña con la misma filosofía con que fue diseñado en los módulos de escala mensual, aunque con algunas variaciones para dar una mayor flexibilidad a los programas.

Estos vienen definidos con un conjunto de parámetros para el reparto del agua orientados a cumplir con las prioridades habituales en el reparto del agua. Pero además, permiten la definición arbitraria de parámetros para que el usuario pueda desarrollar soluciones especiales para casos singulares.

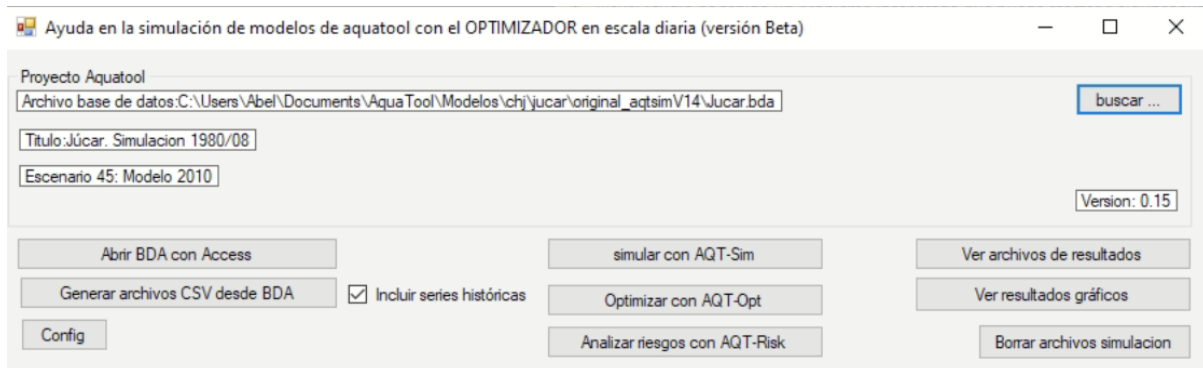
Los criterios de reparto definidos son los siguientes (por orden de prioridad):

Conceptos favorecidos
Embalses: Embalse muerto
Conducciones: Caudal mínimo
Embalses: Volumen mínimo de gestión
Demandas: Suministro a la demanda
Aprovechamientos hidroeléctricos: caudal objetivo
Embalses: Volúmenes de gestión. (Solo el último tramo de tiempo).
Aprovechamientos hidroeléctricos: flujo hasta caudal máximo

Conceptos penalizados
Acuíferos: Almacenamiento negativo. Durante la optimización y a final de esta.
Acuíferos: se establece una ligera penalización en arcos de salida en acciones elementales y de entrada en conexión con el río.
Embalses: Vertido por aliviadero sobre embalse máximo de gestión.
Embalses: Almacenamiento por encima del volumen máximo hasta su capacidad
Conducciones: Superación del caudal máximo tolerado

Programa de ayuda para la edición de datos y manejo del programa.

Se ha desarrollado un sencillo programa para ayudar en la edición de datos con las siguientes utilidades.



- **Buscar...**: Abre un explorador de archivos para seleccionar el proyecto BDA de Aquatool con el que trabajar.
- **Generar archivos CSV desde BDA**: realiza una copia a archivos de texto de las tablas de datos que requiere el optimizador (este proceso puede tardar si el esquema es grande. Al finalizar muestra un mensaje "ok").
- **Config**: Genera y abre un archivo con los datos básicos para la simulación con el optimizador.
- **Simular con AqtSim, AqtOpt y AqtRisk**: Una vez se han resuelto los dos pasos anteriores este botón inicia el programa correspondiente para resolver los cálculos.
- **Ver archivo de resultados**: Resuelta la simulación, este botón muestra los archivos de resultados producidos por el programa de cálculo.
- **Ver resultados gráficos**: Resuelta la simulación, este botón muestra los resultados mediante el programa eGraf.
- **Abrir BDA con Access**: Llama al editor Access para visualizar el contenido de la BDA y editar su contenido.

ANEXO. PREPARAR UN MODELO DE AQUATOOL+ PARA SU USO EN OTRA ESCALA

Los modelos VTS de aquatool han sido diseñados para facilitar su uso con sistemas desarrollados en Aquatool de escala mensual. Por esto el cambio de escala es muy sencillo.

1. Simulación de un modelo en escala mensual con un modelo VTS.

Esto es inmediato, será suficiente con pedir al interface que genere los archivos de datos para el programa correspondiente.

Los resultados serán prácticamente iguales a los resultados de la versión clásica. Pero la configuración de prioridades puede variar los resultados.

2. Simulación en escala diaria con datos mensuales.

Para esto será necesario introducir los datos de configuración general de la simulación. Esto es: definir el registro de configuración en la tabla **XDEscenario**. En esta tabla se define el dato de **Escala** con el número de fracciones en que se divide el año. Este número ha de ser un múltiplo de 12, por tanto para una simulación diaria se dividirá el año en 360 días. En general se optaría por una de las siguientes opciones:

Paso de tiempo	Dato "Escala"
Diario	360
Semanal	48
Decenal	36
Mensual	12

El programa repartirá los datos mensuales en la escala pedida según el tipo de dato. Si es un volumen acumulado (aportación, demanda, ...) dividiendo entre las fracciones del mes; si es un volumen de estado (embalse) lo repetirá en todos los pasos de tiempo del mes.

El resto de datos de la tabla se refieren a la fecha inicial y duración de la simulación. Que vienen en las unidades del paso de tiempo. Por ejemplo, para escala diaria se define el **Paso1** con el valor 271 (primer día de octubre).

3. Simulación con aportaciones en la escala de cálculo y el resto de datos en escala mensual.

Los programas VTS permiten definir cualquier serie de datos en la escala de cálculo manteniendo el resto en escala mensual.

Para el caso de las aportaciones a la cuenca, se generará estos datos y se cargarán en la base de datos del proyecto a la tabla **TAuxMensualHistor** asignando el campo **TipoDato** con el código 311 y en el campo **Mes** se define el número de paso que ocupa dentro del año (Por ejemplo, para escala diaria las aportaciones de octubre tendrán el dato **Mes** con valores de 271 a 300)

4. Simulación con algunas series de datos en la escala de cálculo y el resto de datos en escala mensual.

Lo indicado para las series de aportaciones es válido para cualquier otro tipo de dato; cambiando tan solo el campo **TipoDato** por el valor correspondiente en cada caso. Según se indica en el apartado [Series de tiempo](#) del documento de uso de los programas.