

ANEJO

DEMANDA HIDROELÉCTRICA

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. ANTECEDENTES	5
3. OBJETIVOS	6
4. SUPUESTOS BÁSICOS	7
4.1. <i>ESCENARIOS CONSIDERADOS</i>	7
4.2. <i>HIDROLOGÍA</i>	7
4.3. <i>DEMANDAS</i>	7
4.4. <i>EMBALSES</i>	8
4.5. <i>CAUDALES MÍNIMOS MEDIOAMBIENTALES</i>	8
5. PROCESO DE ANÁLISIS	9
5.1. <i>OPTIMIZACIÓN DEL PRIMER ESCENARIO</i>	9
5.2. <i>SIMULACIÓN DEL PRIMER ESCENARIO</i>	11
5.3. <i>OPTIMIZACIÓN DEL SEGUNDO ESCENARIO</i>	13
5.4. <i>SIMULACIÓN DEL SEGUNDO ESCENARIO</i>	15
6. RESULTADOS OBTENIDOS	18
7. EL SALTO DE FONTANAR	23
8. RESUMEN Y CONCLUSIONES	24

1. INTRODUCCIÓN

En el presente Anejo se detallan los procedimientos seguidos y los resultados obtenidos para la identificación y análisis de las posibilidades de desarrollo hidroeléctrico en el ámbito territorial del Plan Hidrológico de la cuenca del Segura, y para la completa caracterización de sus demandas hídricas no consuntivas en el contexto del sistema de explotación único de la cuenca.

Es importante resaltar la fundamental diferencia de estas demandas con el resto de demandas del Plan, y que viene dada por tres rasgos fundamentales: su carácter no consuntivo, su supeditación a las necesidades de otros usos (abastecimientos y regadíos) considerados prioritarios frente a la producción hidroeléctrica, y su carácter subsidiario en tanto que más que determinar demandas de forma aislada, se trata de analizar el techo de equipamiento y producción que puede alcanzarse sin perturbar a los otros usos.

Este carácter subsidiario de la producción hidroeléctrica no ha de interpretarse, en modo alguno, como falta de interés o atención a la misma en este Plan Hidrológico. Muy al contrario, el gran interés económico de este uso desde el punto de vista de los intereses generales y de su importante contribución a la autofinanciación del Organismo de cuenca aconseja su consideración con la mayor atención, previendo, desde luego, que no se genere afección alguna sobre los otros usos prioritarios.

Así, y en desarrollo de las Directrices para el Plan Hidrológico de la cuenca del Segura, se ha realizado una estimación de las posibilidades de aprovechamiento energético en la cuenca, con objeto de incrementar tal aprovechamiento económico de forma significativa, realizando inversiones de moderada cuantía, y aprovechando para este fin las infraestructuras del Estado.

Bajo este supuesto, las posibilidades efectivas quedan prácticamente restringidas a la zona de cabecera (ríos Segura y Mundo hasta su confluencia), donde los caudales circulantes y la orografía permiten la instalación de saltos con buen rendimiento económico, y se ubican los principales embalses de regulación de la cuenca, susceptibles de aprovechamiento mediante centrales de pie de presa.

Conforme a las Directrices para el Plan Hidrológico, el incremento de la producción hidroeléctrica en la cuenca ha de considerarse un objetivo del mayor interés, pero, como se ha indicado, necesariamente sometido a la fundamental limitación de ser compatible con los abastecimientos y regadíos establecidos, que se consideran siempre prioritarios dada la tradicional vocación agrícola de la cuenca, y que no han de ver afectada su garantía de suministro como consecuencia de la explotación energética, necesariamente supeditada a los abastecimientos, riegos, y caudales mínimos medioambientales, en el sistema de explotación único e integrado propuesto en el Plan.

La necesidad de evaluar conjuntamente el sistema de cabecera, con dos embalses en serie situados en dos tramos fluviales en paralelo, uno de los cuales recibe además un aporte externo, y todos atendiendo demandas fuertemente estacionales aguas abajo, hace inviable realizar análisis convencionales considerando cada embalse por separado, y exige recurrir a modelos matemáticos de optimización y simulación de sistemas de recursos hidráulicos, que permitan la consideración unitaria del sistema completo, y la investigación de estrategias de explotación optimizadas para los objetivos que se persiguen.

Conforme a estas premisas, y empleando estas técnicas, se ha procedido al análisis de las posibilidades de aprovechamiento energético, tal y como se comenta de forma sintética en los siguientes epígrafes.

2. ANTECEDENTES

Existen diversos antecedentes en relación con la caracterización y posibilidades de aprovechamiento hidroeléctrico en la cuenca del Segura, a los efectos de incrementar la producción existente.

Es un hecho constatado que tal producción es muy exigua en relación con el potencial teórico y, en términos comparativos, con otras cuencas relativamente parecidas. La razón para ello debe buscarse en la enorme presión que históricamente han desarrollado los regadíos, y que han constituido el riego como el principal uso del agua en la cuenca, y al que, salvo los abastecimientos urbanos, todos los otros usos han de someterse.

No obstante, y a diferencia de estos antecedentes de estudio e inventario de posibles nuevas centrales hidroeléctricas, en este Anejo se va a considerar su posibilidad de desarrollo no de forma aislada, sino en el contexto del sistema de explotación, y buscando un techo productivo razonable, económicamente viable, que no afecte a los otros usos, y que utilice al máximo las infraestructuras hidráulicas ya existentes.

Tal consideración conducirá a unas posibilidades de actuación factibles a corto plazo, y sin perjuicio de otras grandes actuaciones que pudieran plantearse en el futuro, pero que, dada su vinculación con la circulación de caudales a largo plazo que se configure en la planificación nacional, no procede considerar en estos momentos.

3. OBJETIVOS

La demanda de agua es un concepto técnico que, en la actual legislación española, ha sido, además, definido a efectos administrativos. Así, reglamentariamente, los datos que definen una demanda hídrica son, conforme a lo dispuesto en el art. 74 del R.A.P.A.P.H.:

1. El volumen anual y su distribución estacional, con las condiciones de calidad exigibles.
2. El nivel de garantía
3. El consumo bruto
4. El volumen anual y la distribución estacional del retorno, y la previsión de su calidad previa a cualquier tratamiento.

La caracterización de estos datos para la totalidad de demandas hidroeléctricas en la cuenca del Segura, cuya agregación se incorpora al sistema de explotación actual y futuro en el sentido del art. 74.4 R.A.P.A.P.H., constituye el objetivo de este Anejo. El nivel de garantía se definen de forma genérica y estandarizada para toda la cuenca, por lo que no se estudiarán pormenorizadamente en este Anejo para cada unidad de demanda, sin perjuicio de que algunas unidades puedan soportar niveles de garantía inferiores, conforme a su tipología y antecedentes administrativos. Además, tal garantía se analiza en términos de producción permanente y complementaria, como es usual en centrales hidroeléctricas.

En cuanto a las condiciones de calidad y los retornos, se trata de cuestiones triviales en este caso, por tratarse de demandas no consuntivas y que no plantean limitación cualitativa alguna. Debe indicarse que un criterio básico seguido para la elaboración este Documento ha sido la consideración de las posibilidades hidroeléctricas actualmente existentes y previsibles, sin dilucidar la situación técnico-jurídico-administrativa en que puedan encontrarse, ni sus compromisos legales, y a los únicos efectos de acotar sus necesidades hídricas y compatibilidad con el sistema global de explotación de la cuenca.

Las determinaciones que aquí se incluyen son, pues, estrictamente técnicas, y no producen por sí mismas efecto administrativo alguno en relación con los aprovechamientos existentes y previsibles.

4. SUPUESTOS BÁSICOS

4.1. ESCENARIOS CONSIDERADOS

Dados los objetivos de este Anejo, se estima conveniente utilizar dos posibles escenarios de análisis: uno en situación actual, supuesta una aportación media por el ATS de 300 hm³/año (media de los últimos años) y las infraestructuras ya existentes, y otro futuro a medio plazo, supuesto un aporte por el ATS de 600 hm³/año (asignación legal), y la existencia de una conexión entre Talave y Cenajo que posibilite tanto modificar la circulación de flujos como aprovechar hidroeléctricamente su salto.

No se ha estimado conveniente analizar horizontes a largo plazo dada su absoluta dependencia, en este cuenca, de las determinaciones de la planificación nacional, y los objetivos inmediatos y prácticos perseguidos en este Anejo.

4.2. HIDROLOGÍA

La hidrología adoptada en ambos escenarios es la de las series de 20 años de aportaciones restituidas correspondientes al periodo 1970-90, que suponemos representativo de las condiciones medias de la zona al incluir tanto años húmedos como la racha seca de los años 80. Ante las incertidumbres hidrológicas existentes, este criterio conservador parece más razonable, máxime si se trata, como es nuestro caso, de acotar posibilidades de desarrollo compatible mas que de programar una expansión no acotada de la producción energética.

Estas series en régimen natural se han reducido adecuadamente para considerar tanto las detracciones consuntivas aguas arriba de los embalses como las pérdidas por evaporación en los mismos.

En cuanto al ATS, se ha supuesto en el primer escenario un régimen ligeramente estacional, con aportaciones menores en el periodo octubre-enero, y un régimen continuo de 50 hm³/mes en el segundo escenario.

4.3. DEMANDAS

En concordancia con lo previsto en este Plan Hidrológico, las demandas agrarias agregadas atendidas por los embalses se han cifrado en 350 hm³/año, y las del trasvase del Tajo en 300 y 600 hm³/año en el primer y segundo escenario respectivamente, con su correspondiente estacionalidad, y exigiéndose en ambos casos el cumplimiento del criterio de garantía de las Directrices para el Plan Hidrológico del Segura (déficits anuales acumulados menores del 40, 60 y 80% de la demanda anual para 1, 2 y 10 años respectivamente).

Como se indica en el Anejo de demandas de regadío, estos umbrales pueden relajarse a valores ligeramente superiores (50, 75 y 100%) para las determinaciones del Plan, pero, por las razones antedichas en relación con las aportaciones, y buscando favorecer la mayor garantía de los regadíos, se propone utilizar las inicialmente establecidas.

Se han añadido asimismo la demanda del canal de Hellín (31,5 hm³/año desde Talave), con análogo criterio de garantía, y una última demanda agraria correspondiente a otros riegos de excedentes y sobrantes, a la que, por su propia naturaleza, se ha relajado el criterio de garantía a umbrales inferiores, y se ha dado menor prioridad de suministro que a las anteriores.

4.4. EMBALSES

Los volúmenes útiles adoptados para los embalses se han obtenido detrayendo un 10% a su volumen máximo para considerar el efecto conjunto de un mínimo embalse medioambiental y un cierto resguardo frente a crecidas. No se ha realizado discriminación estacional de este volumen útil, y se ha dado preferencia en la explotación a conservar el agua en los embalses situados aguas arriba.

4.5. CAUDALES MÍNIMOS MEDIOAMBIENTALES

Conforme a las Directrices para el Plan Hidrológico, se ha impuesto la exigencia de circulación de un caudal mínimo medioambiental en los tramos fluviales entre embalses, y entre estos y la confluencia, de un 10% de la aportación media en régimen natural en estos tramos. Los valores obtenidos son los ofrecidos, por tramos, en la tabla.

Tramo:	Fu-Ce	Ta-Ca	Ce-Co	Ca-Co
Mín. medioambiental (hm ³ /mes):	2.35	1.15	3.13	1.50
Mín. medioambiental (m ³ /s):	0.89	0.44	1.2	0.57

A medida que se introducen aprovechamientos de pie de presa estas restricciones dejan de ser operativas, ya que los volúmenes turbinados exceden ampliamente tales mínimos, y solo habría de procurar que los ciclos diarios de producción hidroeléctrica (puntas, valle, llano) queden debidamente regularizados.

Esto podría conseguirse mediante pequeños almacenamientos demoduladores aguas abajo de las centrales, o miniturbinas que, funcionando en continuo, aprovechen estrictamente los caudales medioambientales y aseguren su circulación continua.

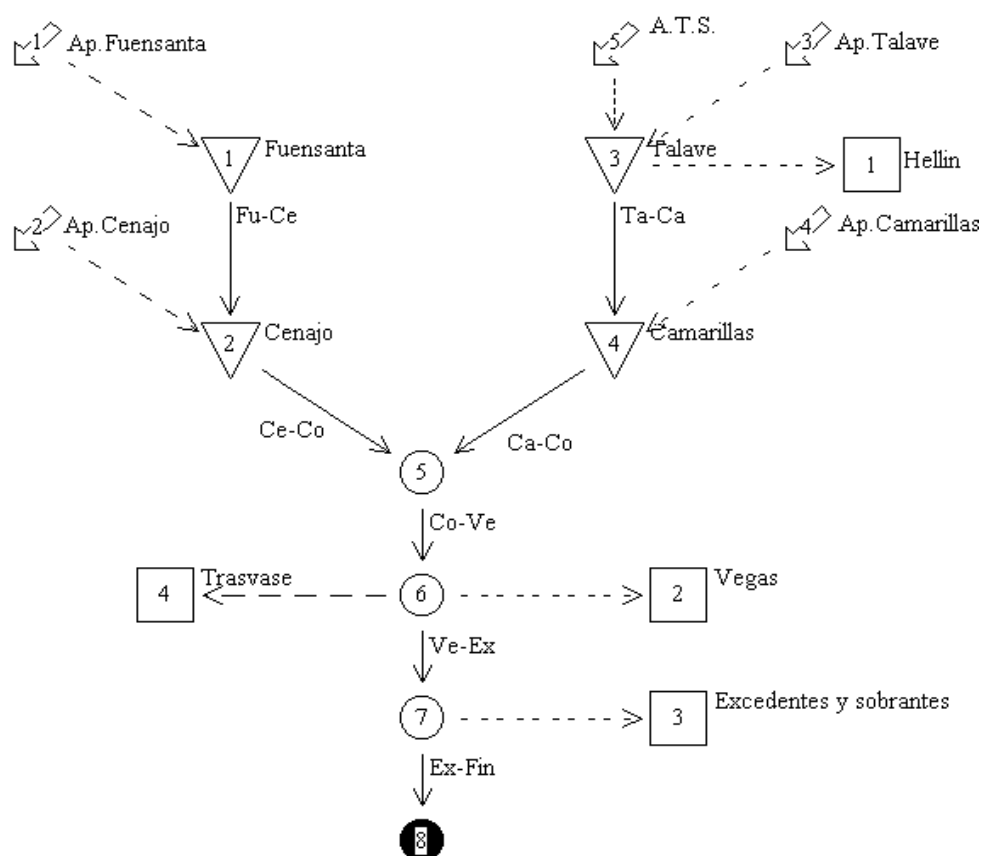
5. PROCESO DE ANÁLISIS

5.1. OPTIMIZACIÓN DEL PRIMER ESCENARIO

La primera fase del análisis ha consistido en determinar cual podría ser el caudal mínimo circulante en los tramos aguas abajo de las presas, de forma que no se introduzca una distorsión en las demandas de riego, y éstas cumplan correctamente sus criterios de garantía.

Para ello se ha optimizado la explotación de la cabecera buscando la satisfacción de las demandas agrarias con carácter prioritario, y no imponiendo más restricción en estos tramos que la de circulación de los mínimos medioambientales.

Con ello, el esquema empleado en la optimización del sistema es el ofrecido en el gráfico adjunto.



El resultado de esta optimización muestra que los caudales mínimos medios circulantes en los tramos son los siguientes:

Tramo:	Fu-Ce	Ta-Ca	Ce-Co.	Ca-Co
Caudal (hm ³ /mes):	12.1	18.5	8.3	13.7

Con ellos, se cumplen los criterios de garantía para todas las demandas de riego excepto las de sobrantes, lo que no debe interpretarse, por su propia naturaleza, como un factor limitativo a los efectos que nos interesan, ya que en periodos secos no pueden satisfacerse ni aún no imponiendo limitaciones hidroeléctricas o medioambientales de ningún tipo. Pese a ello, su garantía volumétrica es del 88%, magnitud desde luego aceptable.

Por otra parte, puesto que ya existe el aprovechamiento de Talave, con 2 x 7 m³/s instalados, su caudal mensual equivalente funcionando en semipuntas sería de 2 x 12.5 hm³, perfectamente compatible con la explotación óptima obtenida, por lo que consideraremos este valor mínimo redondeado de 13 (una turbina permanente en semipuntas) en lugar de los 18.5 obtenidos.

Con esta estimación inicial de los mínimos que podrían turbinarse sin causar perjuicio a las demandas de riego, se ha procedido a una segunda optimización, con el mismo esquema que la anterior, y en la que perseguimos afinar estos valores en el embalse de la Fuensanta, para el que se busca el máximo aprovechamiento hidroeléctrico, compatible con los otros usos.

Para conseguir este objetivo, no forzaremos a Cenajo ni Camarillas mas que a desaguar sus mínimos medioambientales, con objeto de que soporten mejor la carga de la modulación de riegos pese al régimen continuo que va a imponerse en Fuensanta y Talave.

En definitiva, los mínimos que se establecen son:

Tramo:	Fu-Ce	Ta-Ca	Ce-Co	Ca-Co
Caudal (hm ³ /mes):	12.1	13	3.13	1.50

y los resultados de garantía mensual que se obtienen para los distintos valores de turbinación en el Fuensanta, cumpliendo como antes las garantías de los riegos en todos los casos, son los siguientes:

Caudal (hm ³ /mes):	12.1	13	14	15
Garantía (%):	98.8	96.3	95.4	90.4

Tomando una garantía estándar del 95%, se eligen 14 hm³/mes como caudal permanente, o caudal de diseño aprovechable con fines hidroeléctricos en el

embalse de Fuensanta. El resto de la aportación total desaguada se considera aportación complementaria, y también podrá turbinarse, aunque, lógicamente, con menor garantía y produciendo energía de menor calidad.

Fijado este valor, los mínimos medios resultantes en Cenajo son de 7.8 hm³/mes, con acusadísima estacionalidad, siendo también muy estacionales los resultantes en Camarillas, con un mínimo de 13.2 hm³/mes, lógicamente mayor que el de Cenajo al estar recibiendo los desembalses continuos de la central de Talave.

Con estos valores resultantes se ensaya en el mismo esquema la última hipótesis de aprovechamiento conjunto de los cuatro embalses, obteniéndose como valores finales de aportación permanente y aportación máxima media los ofrecidos en la tabla.

Central:	Fuensanta	Talave	Cenajo	Camarillas
Ap.perm. (hm ³ /mes):	14	13	8	17
Ap.máxima media:	27.8	26 (fijado)	53.3	45.6
Ap.perm. / Ap.media (%):	75	40	32	51

La inspección del movimiento de los embalses revela una fuerte hiperanualidad de Fuensanta y Cenajo, con ciclos de llenado y vaciado de 6-8 años, y poca variabilidad estacional de su volumen medio embalsado. El objetivo es, por tanto, que contribuyan a la gestión hiperanual, procurando mantener como volumen objetivo el embalse lleno.

Por contra, Talave y Camarillas muestran un comportamiento claramente estacional, con ciclo anual de vaciado y llenado, tal y como se indica en la tabla de volúmenes medios embalsados cada mes.

Mes:	O	N	D	E	F	M	A	Y	J	L	A	S
Talave:	8	8	13	17	20	20	19	19	20	19	11	12
Camarillas:	5	7	10	13	18	20	19	15	12	6	1	3

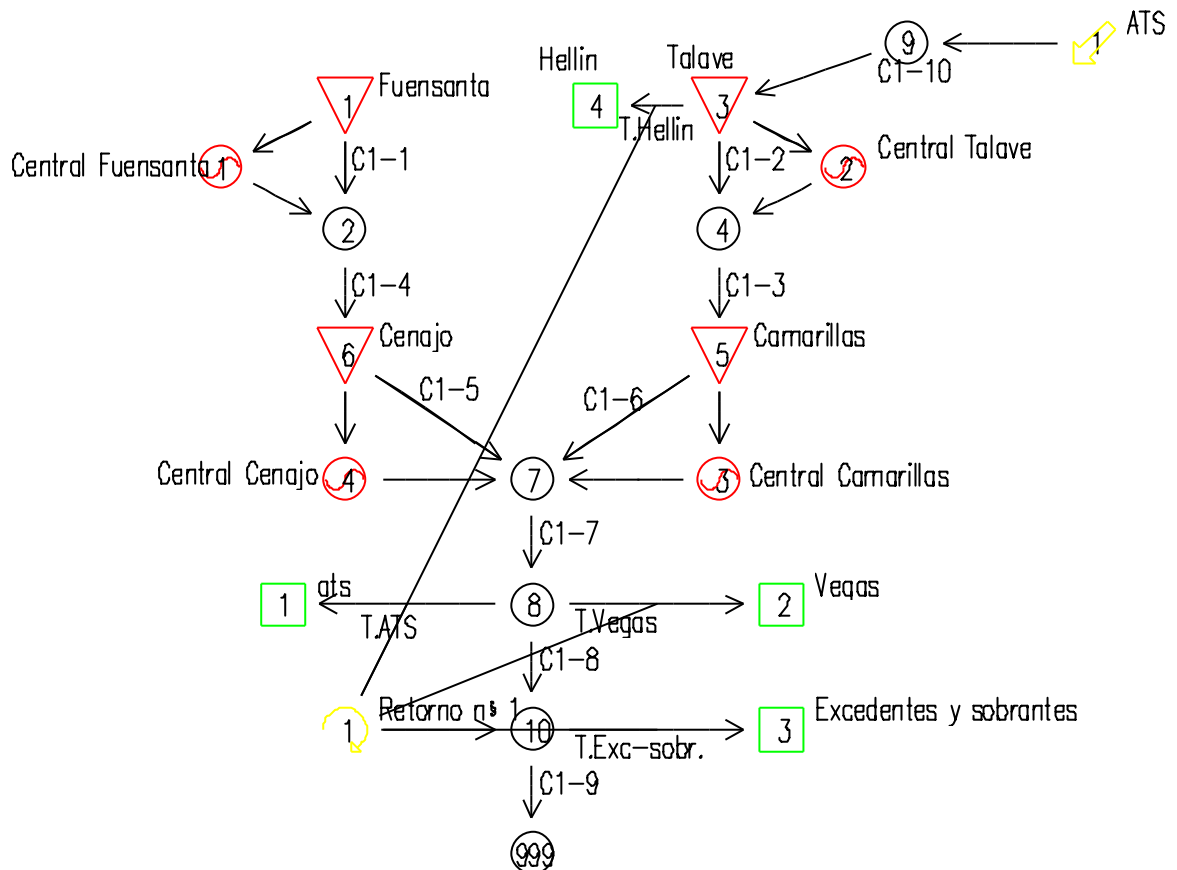
Estos son, por tanto, los valores objetivo que habrán de introducirse en la simulación del sistema.

5.2. SIMULACIÓN DEL PRIMER ESCENARIO

Una vez dimensionadas las magnitudes básicas del esquema de aprovechamiento, y conforme a las determinaciones resultantes de las optimizaciones previas, se procede a su simulación mensual, con objeto de obtener las producciones hidroeléctricas en las centrales.

En primera aproximación, y a falta de datos de mayor detalle que proporcionarán los correspondientes anteproyectos, la cota de devolución al cauce de los saltos se ha supuesto igual a la del pie de presa excepto en la de Talave, ya construida y en la que deben suponerse 5 mts. menos (5 mts. más de altura). El salto bruto se ha calculado, cada mes de los veinte años adoptados, restando el nivel medio del embalse en ese mes de la correspondiente cota de devolución.

El esquema de optimización empleado es el del gráfico adjunto.



Los resultados obtenidos se resumen en la tabla, en la que los caudales máximos de turbinación, requeridos en cada embalse para obtener las producciones hidroeléctricas esperables, son en régimen continuo, por lo que habrán de incrementarse en la forma adecuada para dar el servicio de punta-valle-llano que se desee. Este caudal mayorado será el de equipo, para el que habrán de dimensionarse las conducciones y turbinas de la central.

CENTRAL	Caudal	Caudal	Mínima capac. de		Máxima capac.		Producción (GWh/año)
	objetivo (hm ³ /año)	turbinado (hm ³ /año)	requerida (m ³ /s - hm ³ /m continuos)	requerida (m ³ /s - hm ³ /m continuos)	de turbinación requerida (m ³ /s - hm ³ /m continuos)	de turbinación requerida (m ³ /s - hm ³ /m continuos)	
Fuensanta	168	205	5.4	14	10.0	26	17.3
Cenajo	96	281	3.1	8	17.0	44	35.5
Talave	156	352	5.0	13	13.8	36	15.7
Camarillas	204	395	6.5	17	20.4	53	11.0
	624	1233					79.5

El número y características de las turbinas habrán de detallarse en los anteproyectos, pero preferiblemente serán más de una en cada embalse, con objeto de recoger satisfactoriamente todo el rango de cotas del agua embalsada, muy variable en todas las presas, como se ha podido comprobar.

De forma sintética y aproximada, el aprovechamiento conjunto conseguido sería equivalente al de la turbinación de 1233 hm³/año con un salto bruto de 32 metros, y de los 80 GWh/año producidos, más de la mitad serían de energía permanente y garantizada.

5.3. OPTIMIZACIÓN DEL SEGUNDO ESCENARIO

Se procede ahora a realizar un análisis similar al anterior, pero para el segundo escenario contemplado. La primera fase de este análisis ha consistido, como antes, en determinar cual podría ser el caudal mínimo circulante en los tramos aguas abajo de las presas, de forma que no se introduzca una distorsión en las demandas de riego, y éstas cumplan correctamente sus criterios de garantía.

A diferencia del escenario anterior, se da ahora la posibilidad de circular una parte muy importante de los caudales movilizados por dos tramos diferentes a partir del embalse de Talave: el túnel Talave-Cenajo (que se supone construido y equipado, con origen en el embalse de Talave) y continuar por el río Segura, o seguir aguas abajo por el río Mundo.

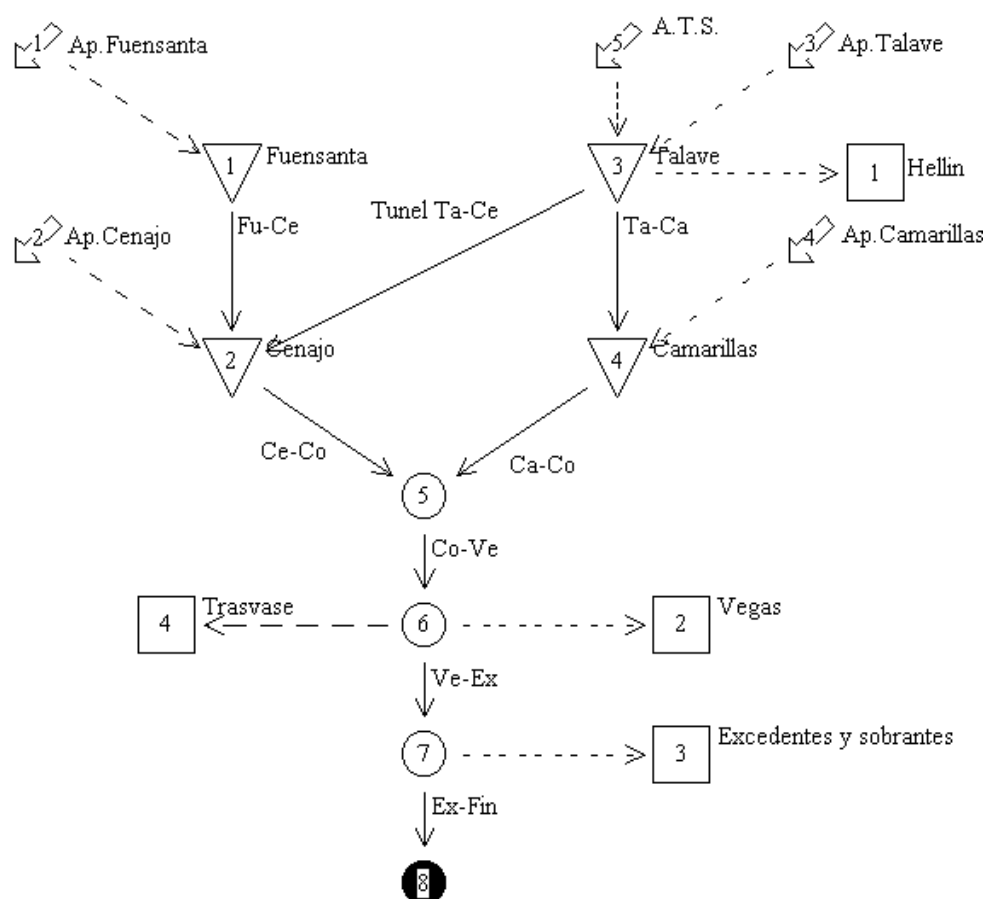
Con objeto de maximizar la producción hidroeléctrica, se ha de procurar favorecer la circulación de caudales por el túnel Talave-Cenajo, en lugar de por el Mundo, para lo que se le ha fijado un caudal mínimo de 50 hm³/mes (equivalente a todo el aporte del A.T.S.), y con mayor prioridad que los otros tramos del sistema, y se ha fijado también un mínimo de 13 hm³/mes en Talave, para hacer que la explotación no tienda a concentrar la circulación por el túnel y deje en el tramo del Mundo el resto de caudales (ello también podría conseguirse imponiendo un máximo a la circulación por el túnel, pero no es conveniente, por el momento, a efectos de verificar su comportamiento desde el punto de vista de la regulación).

En estas condiciones, los caudales mínimos medios circulantes en los tramos son los siguientes:

Tramo:	Fu-Ce	Ta-Ca	Ce-Co.	Ca-Co
Caudal (hm ³ /mes):	9.0	4.4	28.8	3.6

Con ellos, se cumplen los criterios de garantía para las demandas de riego, y puede procederse ahora, con estos valores iniciales, a una segunda optimización para encajar la central del embalse de Fuensanta, tal y como se hizo en el primer escenario.

El esquema empleado en estas optimizaciones es el del gráfico adjunto



Los valores obtenidos para distintos caudales son

Caudal (hm ³ /mes):	9	10	11	12	13	14	12.5
Garantía (%):	99.6	99.2	97.9	96.7	93.3	87.8	95.0

Por lo que elegimos 12.5 hm³/mes (correspondiente a una garantía del 95%) como caudal permanente en este embalse.

Fijado este valor, los mínimos medios resultantes en Cenajo son de 30.2 hm³/mes, con acusadísima estacionalidad, siendo también muy estacionales los resultantes en Camarillas, con un mínimo de 3.8 hm³/mes, y de Talave, con 4.3 hm³/mes.

Con estos valores, y limitando ahora la capacidad máxima circulante por el túnel para impedir que significativamente introduzca mayor volumen que el correspondiente al ATS (p.e. con un 10% mayor que la nominal, es decir, 55 hm³/mes), se ensaya la última hipótesis, de aprovechamiento conjunto de los cuatro embalses y el túnel, obteniéndose como valores finales de aportación permanente y aportación máxima media 50 hm³/mes para el túnel, y los ofrecidos en la tabla para las centrales de pie de presa.

Central:	Fuensanta	Talave	Cenajo	Camarillas
Ap.perm. (hm ³ /mes):	12.5	3.5	40.0	3.8
Ap.máxima media:	26.7	7.4	136.0	7.9
Ap.perm. / Ap.media (%):	67	36	54	35

Como puede verse, el mayor aprovechamiento se ha desplazado, como es lógico, al tramo del río Segura, y sigue dándose (no podía ser de otra forma) una fuerte hiperanualidad en los embalses del Segura, frente a un ciclo anual para los del Mundo, bien que ahora algo mas atemperado.

Los volúmenes medios embalsados cada mes de estos embalses son los mostrados en la tabla, y serán los valores objetivo que introduciremos en la simulación del sistema.

Mes:	O	N	D	E	F	M	A	Y	J	L	A	S
Talave:	14	13	15	18	20	21	22	24	23	20	17	15
Camarillas:	14	15	17	19	20	21	21	19	16	15	14	14

5.4. SIMULACIÓN DEL SEGUNDO ESCENARIO

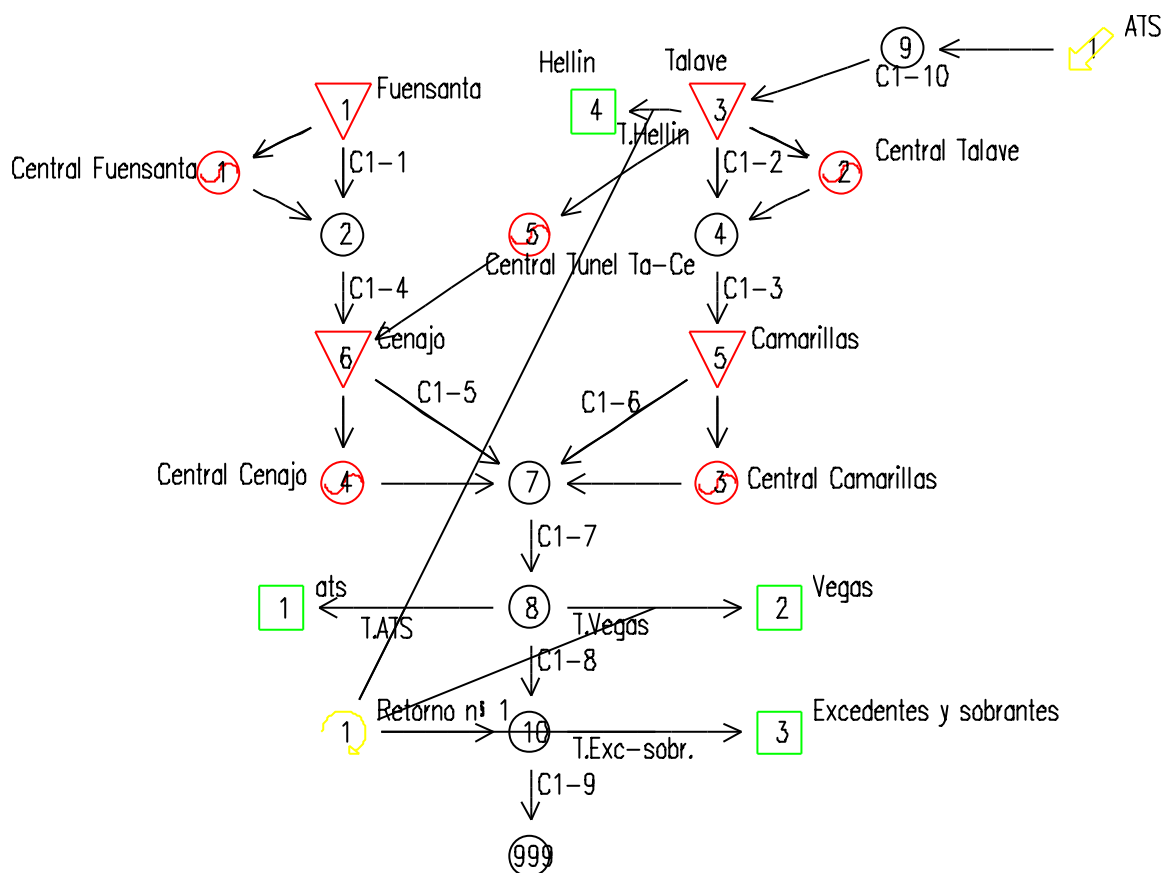
Como antes, una vez obtenidas las magnitudes básicas del esquema de aprovechamiento en el segundo escenario, y conforme a las determinaciones resultantes de las optimizaciones previas, se procede a su simulación mensual, con objeto de obtener las producciones hidroeléctricas en las centrales.

Análogamente al primer escenario, la cota de retorno de los saltos se ha supuesto igual a la del pie de presa con la excepción de Talave, y el salto bruto se ha

calculado, cada mes de los veinte años adoptados, restando el nivel medio del embalse en ese mes de la cota de devolución. Para la central a la salida del túnel, que no sería de pie de presa sino en derivación, se ha tomado un salto bruto de 50 m.

Se ha supuesto una situación enteramente independiente de la resultante del primer escenario, por lo que se han introducido como mínimos y máximos óptimos circulantes los ahora obtenidos, sin considerar la posible existencia de instalaciones previamente operativas conforme a las determinaciones del primer escenario.

El esquema empleado es el del gráfico adjunto.



Los resultados obtenidos se resumen en la tabla, en la que, como antes, los caudales máximos de turbinación, requeridos en cada embalse para obtener las producciones hidroeléctricas esperables, se dan en régimen continuo, debiendo incrementarse en la forma adecuada para dar el servicio de punta-valle-llano que se desee. Este caudal mayorado será el de equipo, para el que habrán de dimensionarse las conducciones y turbinas de la central.

El número y características de las turbinas habrían de detallarse en los anteproyectos, pero, como en el primer escenario, serán presumiblemente más de una en cada embalse, con objeto de recoger satisfactoriamente todo el rango de cotas del agua embalsada, que es muy variable en todas las presas.

CENTRAL	Caudal objetivo (hm ³ /año)	Caudal turbinado (hm ³ /año)	Mínima capac. de turbinación		Máxima capac. de turbinación		Producción (GWh/año)
			requerida (m ³ /s - hm ³ /m continuos)	requerida (m ³ /s - hm ³ /m continuos)	requerida (m ³ /s - hm ³ /m continuos)	requerida (m ³ /s - hm ³ /m continuos)	
Fuensanta	156	209	5.0	13	10.4	27	17.8
Cenajo	480	924	15.4	40	52.3	136	113.5
Talave	48	57	1.5	4	3.0	8	2.3
Camarillas	48	67	1.5	4	3.0	8	1.9
Túnel Ta-Ce	600	633	19.2	50	21.5	56	66.4
	1332	1890					201.9

Empleando la misma sintética aproximación que antes, este aprovechamiento equivaldría al de una central que turbinase 1900 hm³/año con un salto de 50 m, y de los 200 GWh/año producidos, un 70% serían permanentes y garantizados.

6. RESULTADOS OBTENIDOS

Del estudio de los distintos aprovechamientos, comparando los resultados obtenidos (13-27 hm³/mes) con los del primer escenario (14-26 hm³/mes), y observando el gráfico de explotación en ambos escenarios de la central, puede comprobarse que el régimen de la central de Fuensanta es prácticamente el mismo que antes, no viéndose influido de forma apreciable por la existencia o no de la conexión Talave-Cenajo, y pudiéndose concluir que la solución obtenida está bien encajada en cualquier escenario futuro. Tales circunstancias, unidas a su interesante rendimiento energético, señalan a esta central como una clara e inmediata opción para mejorar significativamente el aprovechamiento hidroeléctrico en la cuenca.

En cuanto a la central del Cenajo, su caudal mínimo de turbinación (40 hm³/mes) resulta ahora ser del mismo orden de magnitud que el máximo del escenario anterior (44 hm³/mes), por lo que parece que este valor sería interesante de preservar como equipamiento máximo en primera fase, previéndose que va a ser igualmente operativo como equipamiento mínimo en la segunda, sin generar deseconomías importantes en las inversiones que se realicen.

Las centrales de Talave y Camarillas acusan una significativa merma en sus producciones al reducirse extraordinariamente los volúmenes turbinados, pues todos los precedentes del A.T.S. serían lógicamente desviados por el túnel, con objeto de maximizar su rendimiento energético. Sus máximos caudales turbinados actuales (8 hm³/mes en ambos casos) son menores que los mínimos de la segunda fase (13 y 17 respectivamente), por lo que parece claro que la estrategia correcta es aprovechar al máximo el equipamiento ya construido en Talave, y prescindir por ahora del aprovechamiento del Camarillas (cuya presa, además, podría recrecerse), hasta que las circunstancias futuras en cuanto a transferencias externas e infraestructuras para su empleo queden suficientemente definidas en el contexto de la planificación hidrológica nacional. No obstante, sería también aceptable el supuesto de un equipamiento inmediato de Camarillas, adecuado para el primer escenario, y previendo la posibilidad de su reforma a medio plazo, cuando las condiciones de flujo se modificasen sustancialmente.

Teniendo en cuenta estos resultados, crearemos un último escenario de análisis, que parece el más razonable a corto plazo, suponiendo la existencia de la central de Talave en sus condiciones reales, la de Fuensanta con el dimensionamiento obtenido, válido para ambas fases, la de Cenajo en primera fase, imponiendo en Camarillas únicamente su desembalse mínimo medioambiental, y sin la existencia de la conexión Talave-Cenajo. Bajo este supuesto, obtendremos las aportaciones permanentes en las centrales del Segura fijando el mínimo en Fuensanta de 14 hm³/mes, y buscando el caudal en Cenajo que proporcione una garantía del 95%, siempre respetando la preferencia de los riegos.

Los valores de garantía obtenidos para distintos caudales son

Caudal Cenajo (hm ³ /mes):	8	12	15	16	17
Garantía Cenajo (%):	100.0	100.0	97.9	96.3	92.9
Garantía Fuensanta (%):	95.8	94.6	94.2	95.4	94.2
Garantía resto (%):	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Riegos garantizados:	SI	SI	SI	SI	NO

Por lo que elegimos en definitiva 14 y 16 hm³/mes como caudales permanentes en las centrales de Fuensanta y Cenajo respectivamente.

Fijados estos valores, los correspondientes medios mensuales máximos en ambas centrales son de 28 y 46 hm³/mes, y los volúmenes medios embalsados cada mes en los embalses anuales de Talave y Camarillas son los mostrados en la tabla, tomándose como valores objetivo que introduciremos en la simulación del sistema.

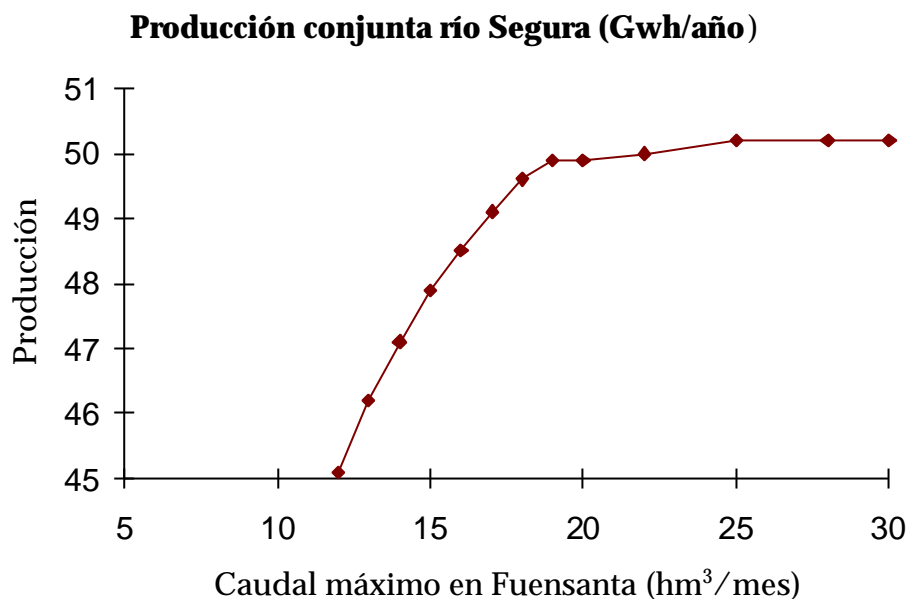
Mes:	O	N	D	E	F	M	A	Y	J	L	A	S
Talave:	12	16	21	24	26	26	22	18	18	4	3	12
Camarillas:	2	6	17	23	29	31	30	25	14	6	0	0

A partir de estos datos básicos, realizaremos las simulaciones detalladas del sistema modificando los caudales permanentes en las centrales del Segura obtenidos por optimización, hasta conseguir garantías superiores al 95% en ambas, y verificando el satisfactorio cumplimiento de los criterios de garantía en todos los regadíos. Como se observa en la tabla, tal situación se consigue satisfactoriamente para valores de 12 y 17 hm³/mes, por lo que estos son los caudales que definitivamente se adoptan.

	Caudales permanentes Fuensanta / Cenajo (hm ³ /mes)			
Garantías (%)	14 / 16	13 / 17	12 / 18	12 / 17
Fuensanta:	91.3	93.3	95.0	96.7
Cenajo:	100.0	96.7	95.4	96.7

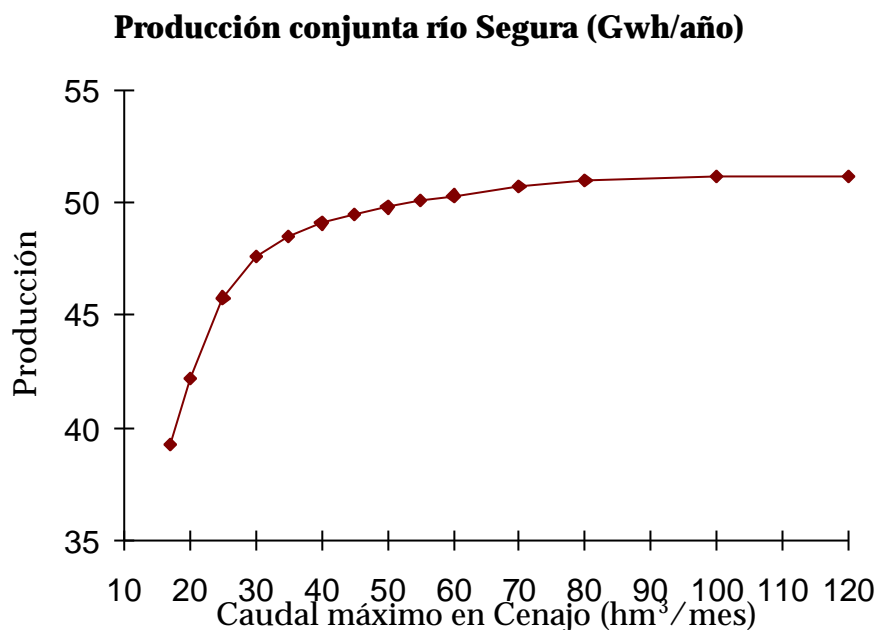
En cuanto a los equipamientos máximos, se trata de una decisión económica en la que debe ponderarse el incremento de coste de la instalación (conducciones y turbinas) frente al mejor rendimiento económico conseguido al turbinar mayores aportaciones.

Para disponer de un primer tanteo en este sentido, se han obtenido las producciones anuales de las centrales de Fuensanta (mín. 12) y Cenajo (mín. 17 / máx. 46) para distintos niveles de equipamiento de caudal máximo en Fuensanta, siendo los resultados los ofrecidos en el gráfico.



Como puede verse, se produce una evidente pérdida de eficiencia marginal a partir de los 18 hm³/mes, estabilizándose la producción en torno a los 50 GWh/año. Considerando además que este caudal sería el correspondiente al mínimo, funcionando en semipuntas, si se estableciese un régimen continuo, parece claro que estamos ante la solución correcta, en cualquier escenario, para el salto del embalse de Fuensanta, y debe darse por definitiva.

Análogamente, se ha estudiado la producción conjunta de las centrales de Fuensanta (mín. 12 / máx. 18) y Cenajo (mín. 17) para distintos niveles de equipamiento de caudal máximo en Cenajo, siendo los resultados los ofrecidos en el gráfico.



Como puede verse, la inflexión se produce ahora en torno a los 30 hm³/mes, estabilizándose la producción última más lentamente que en el caso anterior, lo que indica mayor incertidumbre en cuanto al valor más adecuado.

Considerando que el mínimo obtenido en los tanteos del segundo escenario es del orden de 40 hm³/mes, podría adoptarse para esta máxima capacidad de turbinación en Cenajo el valor de 40 hm³/mes, como solución de compromiso para los dos escenarios analizados, y debiendo preverse la posibilidad de ampliación futura de esta capacidad de equipo si se desarrollase el segundo escenario, en el que tal caudal pasaría a ser el mínimo.

Los resultados obtenidos se resumen en la tabla, en la que, como en los casos anteriores, los caudales requeridos en cada embalse para obtener las producciones hidroeléctricas esperables, se dan en régimen continuo, debiendo incrementarse en la forma adecuada para dar el servicio de punta-valle-llano que se desee. Este caudal mayorado será el de equipo, para el que habrán de dimensionarse las conducciones y turbinas de la central.

El número y características de las turbinas habrían de detallarse en los anteproyectos, debiendo reiterarse que, como en los escenarios anteriores, serán más de una en cada embalse, con objeto de recoger satisfactoriamente todo el rango de cotas del agua almacenada, que es muy variable en todas las presas.

CENTRAL	Caudal objetivo (hm ³ /año)	Caudal turbinado (hm ³ /año)	Mínima capac. de turbinación requerida (m ³ /s - hm ³ /m continuos)		Máxima capac. de turbinación requerida (m ³ /s - hm ³ /m continuos)		Producción (GWh/año)
Fuensanta	144	173	4.6	12	6.9	18	16.6
Cenajo	204	266	6.5	17	15.4	40	32.5
Talave	156	338	----	----	----	----	16.6
	504	777					65.7

Empleando la misma sintética aproximación que antes, este aprovechamiento equivaldría al de una central que turbinase 777 hm³/año con un salto de 40 m, y de los 65 GWh/año producidos, un 65% serían permanentes y garantizados.

7. EL SALTO DE FONTANAR

Independientemente del aprovechamiento hidroeléctrico de los embalses de cabecera, existe la posibilidad de aprovechar el salto de las rápidas de Fontanar, existentes entre la boca de salida del túnel del Talave, en el A.T.S., y el propio embalse del Talave, y con un desnivel total de unos 145 m.

Este aprovechamiento hidroeléctrico, ya identificado y de evidente interés económico desde que se concibió el ATS, fue objeto de un Proyecto en julio de 1990, en el que se estudiaron las posibles alternativas y se diseñó una solución consistente en la construcción de una presa que retenga los caudales continuos y proporcione una regulación diaria, permitiendo concentrar en 16 horas (punta y llano) el volumen diario máximo circulante por el A.T.S., estimado en 28 m³/s. Con este criterio, el caudal de proyecto resultó ser de 42 m³/s, y el aprovechamiento se conseguiría mediante tres centrales escalonadas, una por cada rápida actualmente existente.

Las características de los aprovechamientos que, como se ha indicado, no se han calculado en este Plan Hidrológico, sino que se han obtenido del mencionado Proyecto, son las siguientes:

	Salto 1	Salto 2	Salto 3	SUMA
Q (m ³ /s) :	42	42	42	---
Hn (m) :	27.99	45.97	66.22	140.18
Pot. (KW)	10.354	17.168	24.783	52.305
Prod. escenario 1 (GWh/año) :	20.14	33.38	48.19	101.71
Prod. escenario 2 (GWh/año) :	40.27	66.76	96.38	203.41

Hay que apuntar aquí la incompatibilidad de este aprovechamiento con la opción, también barajada, de llevar las aguas a Cenajo desde agua arriba de las rápidas, minimizando la perforación del túnel.

8. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Considerando que en las Directrices para el Plan Hidrológico de la cuenca del Segura se propugna la promoción del desarrollo hidroeléctrico, en armonía con los otros usos, como un objetivo del mayor interés (directriz 4.17.), y se establece que habrán de especificarse en el Plan las infraestructuras del Estado susceptibles de aprovechamiento hidroeléctrico (directriz 13.2.), se procede en este Anejo del Plan Hidrológico a dar cumplimiento a este mandato considerando tanto el aprovechamiento de las infraestructuras hidráulicas actualmente existentes como de las programadas a corto plazo.

Para ello, se ha realizado el estudio técnico de posibilidades que antecede, y que contempla los dos diferentes escenarios descritos. La duración del primero se estima en unos 6-8 años (prácticamente el primer horizonte del Plan), a partir de los cuales se supone ejecutado el túnel Talave-Cenajo, y desarrolladas, al menos parcialmente, las previsiones del anteproyecto de Plan Hidrológico Nacional en cuanto a transferencias a largo plazo, por lo que se ha supuesto que se dispondrá de al menos 600 hm³/año de recursos exteriores a la cuenca, lo que constituye su asignación legal.

El estudio ha contemplado la totalidad de las presas existentes, si bien la central de pie de presa del Talave está en servicio desde 1933, explotada por esta Confederación. Hasta 1991 su producción se destinaba a autoconsumo, y actualmente, y tras proceder recientemente a su modernización y ampliación, se encuentra en pleno servicio.

La síntesis de resultados obtenidos para las distintas centrales se muestra en las tablas adjuntas.

SALTO DE FUENSANTA

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS	Escenario 1	Escenario 2
Salto bruto medio (m):	41	41
Caudal mínimo garantizado (m ³ /s):	5.4	5.0
Caudal máximo turbinable (m ³ /s):	10.0	10.4
Caudal medio anual turbinado (m ³ /s):	6.5	6.6
Volumen objetivo (hm ³ /año):	168	156
Volumen total turbinado (hm ³ /año):	205	209
Desembalse total (hm ³ /año):	225	225
Potencia estimada para Q medio (kW):	1.970	2.000
Producción permanente (GWh/año):	14.3	13.3
Producción complementaria (GWh/año):	3.0	4.5
Producción total (GWh/año):	17.3	17.8

SALTO DE CENAJO

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS	Escenario 1	Escenario 2
Salto bruto medio (m):	61	60
Caudal mínimo garantizado (m ³ /s):	3.1	15.4
Caudal máximo turbinable (m ³ /s):	17.0	52.3
Caudal medio anual turbinado (m ³ /s):	8.9	29.3
Volumen objetivo (hm ³ /año):	96	480
Volumen total turbinado (hm ³ /año):	281	924
Desembalse total (hm ³ /año):	294	927
Potencia estimada para Q medio (kW):	4.020	13.000
Producción permanente (GWh/año):	11.4	59.0
Producción complementaria (GWh/año):	22.1	54.5
Producción total (GWh/año):	33.5	113.5

SALTO DE CAMARILLAS

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS	Escenario 1	Escenario 2
Salto bruto medio (m):	15	14
Caudal mínimo garantizado (m ³ /s):	6.5	1.5
Caudal máximo turbinable (m ³ /s):	20.4	3.0
Caudal medio anual turbinado (m ³ /s):	12.5	2.1
Volumen objetivo (hm ³ /año):	204	48
Volumen total turbinado (hm ³ /año):	395	67
Desembalse total (hm ³ /año):	402	71
Potencia estimada para Q medio (kW):	1.390	220
Producción permanente (GWh/año):	5.7	1.4
Producción complementaria (GWh/año):	5.3	0.5
Producción total (GWh/año):	11.0	1.9

SALTO DEL TUNEL TALAVE-CENAJO

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS	Escenario 1	Escenario 2
Salto bruto (m):	---	50
Caudal mínimo garantizado (m ³ /s):	---	19.2
Caudal máximo turbinable (m ³ /s):	---	21.5
Caudal medio anual turbinado (m ³ /s):	---	20.1
Volumen objetivo (hm ³ /año):	---	600
Volumen total turbinado (hm ³ /año):	---	633
Desembalse total (hm ³ /año):	---	---
Potencia estimada para Q medio (kW):	---	7.440

SALTO DEL TUNEL TALAVE-CENAJO

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS	Escenario 1	Escenario 2
Producción permanente (GWh/año):	---	62.9
Producción complementaria (GWh/año):	---	3.5
Producción total (GWh/año):	---	66.4

SALTO DE FONTANAR

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS	Escenario 1	Escenario 2
Salto (m):	140	140
Caudal mínimo garantizado (m ³ /s):	---	---
Caudal máximo turbinable (m ³ /s):	42	42
Caudal medio anual turbinado (m ³ /s):	9.5	19.0
Volumen objetivo (hm ³ /año):	---	---
Volumen total turbinado (hm ³ /año):	300	600
Desembalse total (hm ³ /año):	---	---
Potencia instalada (kW):	52.305	52.305
Producción permanente (GWh/año):	---	---
Producción complementaria (GWh/año):	---	---
Producción total (GWh/año):	101.7	203.4

A la vista de estos datos y lo comentado en epígrafes anteriores, y a falta de realizar posteriormente evaluaciones económicas detalladas que pudiesen matizar los resultados obtenidos, se concluye que la central del pie de presa de Cenajo presenta posibilidades interesantes de aprovechamiento, compatible con la atención prioritaria a los regadíos de las vegas, pero su dimensionamiento está muy condicionado a los posibles escenarios futuros, pese a que cabría la posibilidad de cierto escalonamiento en sus caudales de equipo. En tanto se definen estos escenarios futuros (transferencias externas, posible conexión Talave-Cenajo, demandas atendidas, etc.), parece prudente no programar esta obra a corto plazo, dejándola para el segundo horizonte mediante las futuras revisiones del Plan Hidrológico.

Igual comentario cabría realizar en relación con la central de Camarillas, pero con una incertidumbre mucho mayor que en el caso del Cenajo, y sin la posibilidad de escalonar su equipamiento, al plantearse situaciones de flujo absolutamente diferentes. Debe, por tanto, reservarse para el segundo horizonte concretándose en futuras revisiones del Plan, si bien sería admisible programarla a muy corto plazo, en el plan quinquenal, siempre y cuando se ejecutase con carácter inmediato, aprovechando la ventana de oportunidad actual, y se previese su reequipamiento al modificarse la circulación de flujos en el segundo escenario. Por otra parte, la posibilidad de recrecimiento de la presa puede hacer más atractiva esta opción.

Por contra, es clarísimo que debe abordarse a corto plazo, por economía e independencia de su régimen de explotación frente a posibles escenarios futuros, el aprovechamiento hidroeléctrico del salto de pie de presa de la Fuensanta, con producción esperada de 17 GWh/año, de los que un 85% sería energía permanente y garantizada. Su programación debe incluirse en el primer plan quinquenal de infraestructuras del Plan Hidrológico de la cuenca del Segura, no existiendo duda alguna sobre su conveniencia económica ni su viabilidad técnica.

Resultaría, en principio, también muy interesante abordar la construcción de la central de Fontanar, si bien en este caso ha de tenerse en cuenta la posible irregularidad de las llegadas de caudales por el A.T.S., que restaría garantía a la producción hidroeléctrica de este salto. Pese a ello, y dado su importantísimo potencial productivo y la previsible regularización de los envíos, ha de programarse su ejecución a corto plazo.