



*Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
Universidad Politécnica de Valencia*



MEMORIA

Proyecto de Obra Civil para Aprovechamiento Hidroeléctrico en el río Cabriel en el T.M. CASAS IBAÑEZ (ALBACETE) DESARROLLO PRESA DE DERIVACIÓN

Grado en Ingeniería de Obras Públicas

Curso académico 2013-2014

Fecha presentación Julio 2014

Alumno:

Parte desarrollada:

Borja Sanchis Molines

Desarrollo Presa de derivación



ÍNDICE

1. OBJETIVO DEL PROYECTO Y SITUACIÓN.
2. ANTECEDENTES.
3. DOCUMENTACIÓN DISPONIBLE.
4. ESTUDIO DE SOLUCIONES.
5. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS Y PROCESO CONSTRUCTIVO.
 - 5.1. Azud.
6. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SALTO.
7. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.
8. DOCUMENTOS CONSTITUYENTES DEL PROYECTO.
9. CONCLUSIONES.



MEMORIA

1. OBJETIVO DEL PROYECTO Y SITUACIÓN.

El objetivo de este proyecto es ver si es viable la construcción de un azud para dar un determinado nivel de agua y luego aprovechar el salto de agua existente entre el punto de toma y el de reintegro al río, casi 11km aguas abajo y 3,45km en línea recta entre el punto de toma y el punto de turbinación, con un salto de agua existente de 28m.

El objetivo de este azud será el de dar nivel aguas arriba para que se turbine aguas abajo con la finalidad de generar energía eléctrica y venderla en el mercado energético. Dado que la situación de esta nueva presa en el río Cabriel se encuentra entre dos grandes presas, las cuales si están construidas frente a posibles avenidas, este azud no se dimensionara para contrarrestar dichas posibles avenidas ya que se supone que la presa de Contreras será suficiente, situada a 21km en línea recta aguas arriba.

En cuanto a la situación de este aprovechamiento, se encuentra en el río Cabriel entre dos grandes presas, Contreras y Cortes de Pallas. La zona del río en la que se encuentra el presente proyecto está en el límite de comunidades autónomas, estas comunidades autónomas son la Comunidad Valenciana y la Comunidad de Castilla-La Mancha en los términos municipales de Venta del Moro, en la zona valenciana, y Villamalea, en la zona manchega. Para tener una referencia visual de la zona se ha incluido en el anejo fotográfico algunas imágenes obtenidas tanto de Google Earth así como del Instituto Geográfico Nacional y de Google Maps para ilustrar la zona.

2. ANTECEDENTES.

En el actual marco fluvial e hidrológico español todos los ríos tienen un cierto control humano con el fin de aprovechar al máximo los recursos hídricos que proporciona cada río. Por ello principalmente, en este estudio no se ha pensado en otra presa reguladora más, pues en el actual río Cabriel ya cuenta con 2 grandes presas que se encargan de ello, sino en un azud que trabaje sumergido.

Se pretende aprovechar además el conocido problema de Contreras, pues tiene muchas pérdidas las cuales retornan al río, por lo que este caudal de más puede ser aprovechado aguas abajo por cualquier tipo de aprovechamiento hidroeléctrico, como es nuestro caso. La cantidad de agua retornada al río es de $5 \text{ m}^3/\text{s}$.

En cuanto al marco social, se presenta el problema de un aumento de la población que cada vez demanda más energía para realizar sus necesidades básica, así como una demanda cada vez mayor de agua con una calidad adecuada, por lo que añadir otro azud que produzca más energía puede ser una solución a un problema futuro de mayor demanda que oferta.

3. DOCUMENTACIÓN DISPONIBLE.

Para la realización del presente Proyecto se han utilizado los planos geológicos del Instituto Geominero, la documentación asociada al embalse de Contreras, la topografía asociada por la Cuenca Hidrográfica del Júcar (CHJ) y los datos hidrológicos del Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH) proporcionados también por la Cuenca Hidrográfica del Júcar (CHJ).



4. ESTUDIO DE SOLUCIONES.

El proyecto del aprovechamiento hidroeléctrico se ha concebido de manera que el resultado final es una decisión tomada a partir de varios estudios de soluciones.

Entre ellos cabe destacar las siguientes elecciones tomadas:

- Elección del lugar para realizar el Proyecto.
- Elección de la ubicación de la toma y del canal de retorno al río.
- Elección de la ubicación del azud.
- Elección del caudal ecológico.
- Elección del canal para peces.
- Elección del canal de derivación y longitud.
- Elección de la cámara de carga.
- Elección de la ubicación de la central.
- Elección de la disposición del número de turbinas.
- Elección de si la instalación eléctrica es interior o exterior.
- Elección de la altura de la turbina.
- Elección del tipo de eje a disponer.
- Elección si el retorno es por gravedad o a presión.

Para adoptar la solución final se han tenido en cuenta en todos esos puntos varios factores, el económico, el medioambiental y la energía generada, dado que las alternativas propuestas son viables técnicamente.

El hecho de que se haya valorado medioambientalmente es para establecer una antesala de lo que será el Estudio de Impacto Ambiental de dicha solución.

Todos los datos en los que se apoya la decisión están expresados en el Anejo de Estudio de Soluciones, aquí solo se interpretaran los resultados obtenidos.

Alternativa 1. Esta primera alternativa se encuentra a 4km de la alternativa 2 que ha sido la que finalmente se ha adoptado ver Anejo de Estudio de Soluciones. Esta alternativa aunque técnicamente es viable y proporciona una cantidad de energía similar puesto que la diferencia de salto entre ambas es de 1m, tiene el inconveniente que su tramo de conducción discurre en su totalidad en túnel, lo que provoca principalmente un impacto ambiental alto, un sobre coste en los métodos de excavación. Además esta actuación se produciría sobre una zona verde, el Parque Natural de Hoces de Cabriel, por lo que se rechaza por su gran impacto desde el punto de vista medioambiental.

Alternativa 2. Tras ver el problema con la alternativa anterior se ha querido solucionar trasladando la obra a otro punto donde la orografía del lugar fuera un inconveniente menor. Este punto, situado a 4Km aguas debajo de la alternativa anterior, ver Anejo de Estudio de Soluciones, en este caso la sección en túnel se reduce a la mitad, pero en cambio la superficie ocupada por la obra en canal se dobla. De todas formas y dado que la zona no se encuentra en ningún paraje natural ni tiene un alto interés paisajístico se puede permitir esto con el fin de evitar el gran coste que supone una obra que discurra más de 2Km en túnel.

Para la elección del tipo de turbina se ha tenido en cuenta el régimen de caudales medio diarios que suele circular por el rio Cabriel en la zona de estudio, ver Anejo de Estudio de Soluciones. Donde los caudales más habituales suelen ser de entre 10-20m³/s, se elige una turbina con capacidad para turbinar 15m³/s, la cual tendrá un volumen turbinado anual en torno a los 300Hm³, con un porcentaje de aprovechamiento del 66%. Con este sistema el



proyecto lograra generar entorno a los 25MWh anuales, con mínimos de 16MWh y máximos en años de bonanza hídrica que pueden alcanzar los 27MWh como podría haber ocurrido en el año 2010.

También sería recomendable realizar una explotación de la central de manera coordinada con la Cuenca Hidrográfica del Júcar (CHJ) para verter los caudales indicados por esta y desconectar la central en caso de avenidas, ya que, como se indica en la Ley de Aguas en el artículo 58 el orden de prioridad de un salto está en tercer lugar del ranking de prioridades, por detrás del uso agrícola que está en segundo lugar y el uso para abastecimiento que está en primer lugar. Este ranking similar al que fija el Plan Hidrológico de Cuenca del Júcar.

5. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS Y PROCESO CONSTRUCTIVO.

5.1. AZUD.

5.1.1. Descripción de las actuaciones.

5.1.1.1. Emplazamiento.

El área de actuación se sitúa en el río Cabriel a unos 25km aguas abajo del embalse de Contreras. Esta actuación comprende desde el embalse de aguas arriba, Contreras, hasta el de aguas abajo, Cortes; se delimita por caminos y por la carretera CV-455 a sus márgenes. El ámbito comprende un tramo de río de 5km de longitud y alrededor de 200m de anchura, delimitado por caminos de acceso ya construidos en su margen izquierda y por la CV-455 en su y otros caminos en la margen derecha. La zona de estudio comprende el término municipal de dos localidades Villamalea (Castilla-LaMancha) y Venta del moro (C. Valenciana). La zona se sitúa entre cotas de 440msnm, en la zona del azud y 405msn, en el reintegro al río.

5.1.1.2. Características principales.

La actuación prevista consiste en la elevación del agua a una cota deseada mediante la construcción del azud cuyas características principales son:

	Azud
Altura sobre cauce	8 m
Cota de coronación	+435 m.s.n.m.
Cota de vertido	+435 m.s.n.m.
Longitud de coronación	80 m
Tipología de vertedero	Vertedero tipo Creager
Forma de vertido	Sobre el propio cuerpo del azud
Superficie del vaso	5194 m ²



PROYECTO DE OBRA CIVIL DE UN APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO



Volumen del vaso	1.45 Hm ³
Talud aguas arriba	0.18H : 1V
Talud aguas abajo	1.4H : 1V
Tratamiento cimentación	Ninguno
Dispositivo de vaciado	Tubo de hormigón en masa $\phi=960$ mm
Elemento de control	Vertido libre por el aliviadero de 80 m
Tipología de presa	Presa de hormigón de gravedad

1.3. Azud.

1.3.1. Configuración general.

El azud se proyecta como una estructura estable por su peso (mecanismo resistente por gravedad), lo que supone emplear secciones más robustas. Se ha procurado cuidar el aspecto estético compatibilizando las necesidades funcionales y estables del mismo para que su integración en el entorno sea lo mejor posible.

El cuerpo del azud se construirá con hormigón en masa que aunque no tenga características estéticas favorables en cambio es un elemento que dota al azud de estabilidad para mejorar su esbeltez.

Se proyecta con planta recta, con una longitud de coronación de 110m. La sección tipo del azud es trapecial pero no muy simétrica.

Longitudinalmente está formado por cuatro bloques que se separarán por juntas transversales con el fin de absorber posibles dilataciones y/o retracciones del hormigón. En los bloques situados sobre el cauce se sitúa el perfil Creager del vertedero a cota 435msnm con una longitud de 80m. A la cota 437msnm se proyecta un segundo aliviadero con una longitud de 15m cada uno. Como se explica en el “Anejo Hidrológico” este azud por tener un impacto social bajo en caso de rotura se dimensionará para un caudal de 505m³/s, en el aspecto resistente, ver “Anejo de cálculos” en la parte de estabilidad del azud.

1.4. Dispositivo de disipación.

La función esencial de la restitución al río es amortiguar al máximo la energía residual de la corriente para minimizar su poder erosivo. De acuerdo con las recomendaciones de la Guía Técnica 2 (GT-2) del Comité Nacional Español de Grandes Presas (CNEGP), al clasificarse los azudes proyectados como tipo C, el dimensionamiento de los dispositivos hidráulicos se realiza para la avenida de 100 años.



PROYECTO DE OBRA CIVIL DE UN APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO



La solución adoptada es un cuenco amortiguador U.S.B.R. tipo 2 adecuado para reintegros con anchos elevados como es nuestro caso. Se proyecta un ancho de cuenco como el de la presa y una longitud de alrededor 10-12m.

1.5. Obra de toma.

La principal función de esta obra será la de derivar caudal para su posterior aprovechamiento, pero además por ella deberá circular el caudal ecológico. Por lo tanto se dimensionará un canal para que por él circulen $30\text{m}^3/\text{s}$ ya que aunque el caudal objetivo es de $16.3\text{m}^3/\text{s}$ la entrada de la obra no dispone de compuerta, tan solo de una reja para que no entren en el canal solidos que puedan dañar la estructura. Además esta obra de toma dispondrá de una bifurcación para repartir el caudal que entre en el canal, $1.3\text{m}^3/\text{s}$, caudal ecológico, que circulará por la escala de peces y los otros $15\text{m}^3/\text{s}$ que se desviarán por el canal de derivación para su posterior turbinación. Para que por el canal derivador no se cuele ningún pez despistado se colocará una reja de $10\times 10\text{cm}$ de mallado paralela al canal donde se deriva el caudal ecológico. Las dos compuertas mencionadas son compuertas de tajadera que regularán el caudal manteniendo el nivel de agua necesario.

La obra de toma se situará a una cota de 433.1msnm , con un ancho de $3.7\times 3.9\text{m}^2$, formando una sección rectangular que más adelante mediante una transición se convertirá en una sección trapezoidal.

1.6. Escala de peces.

En el proyecto se incluye una escala para peces, necesaria para que el azud sea franqueable por la fauna piscícola del lugar. La especie más destacable es el *Alburnus alburnus* (Alburno).

El tipo de escala adoptada es de tipo "Artesa" o de diques sucesivos con unas dimensiones por cada cajón del siguiente tipo: $2.6\times 2.5\times 1$, que proporcionarán un volumen necesario para que los peces superen la potencia necesaria.

En el anejo de cálculo se justifican las medidas adoptadas, así como las ecuaciones y la bibliografía consultada.

1.7. Desvío del río y desagüe de fondo.

El sistema de desvío del río previsto durante la construcción es el desvío completo de la corriente mediante una conducción, con cuatro tubos de hormigón prefabricado de 960mm de diámetro, que llevará el agua desde aguas arriba hasta aguas abajo. El caudal de cálculo del desvío es de $30\text{m}^3/\text{s}$, siendo el caudal de cálculo para cada conducción de $7.5\text{m}^3/\text{s}$.

Como se pretende aprovechar esta obra para su uso posterior como desagüe de fondo y la construcción de un solo tubo suponía un diámetro muy grande que perjudicaría la resistencia del azud se optará por construir 4 conductos, una vez se acabe la fase del desvío se



taponarán 3 de los tubos quedando 1 de ellos finalmente como desagüe de fondo atravesando el cuerpo del azud. Se dispondrá de una compuerta accionada por un mecanismo situado arriba del labio a cota 437msnm que regulará que entre caudal por este desagüe.

6. CARACTERÍSTICAS DEL SALTO.

- Altura del salto: 32.5 metros.
- Caudal de diseño: 15 m³/s.
- Número de grupos: 1
- Tipo de turbina: Kaplan vertical.
- Potencia de la turbina: 0.9 MW
- Producción energética estimada anual: 21 MW
- Factor de utilización: 0.27
- Horas equivalentes de funcionamiento: 2386.36 horas

7. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.

Los cálculos necesarios para el presente proyecto comprenden:

- Cálculos hidrológicos.
- Cálculos de las turbinas y generadores.
- Cálculos hidráulicos.
- Cálculos de las distintas instalaciones.

8. DOCUMENTOS CONSTITUYENTES DEL PROYECTO.

He aquí los documentos que forman parte del “Proyecto de obra civil de un aprovechamiento hidroeléctrico”.

Documento Nº 1: MEMORIA Y ANEJOS.

- Memoria.
- Anejo I: Antecedentes.
- Anejo II: Estado Actual.
- Anejo III: Legislación.
- Anejo IV: Accesos a la obra.
- Anejo V: Topografía, Geología y Geotecnia.
- Anejo VI: Estudio previo.
- Anejo VII: Estudio de soluciones.
- Anejo VIII: Estudio hidrológico.
- Anejo IX: Cálculos.
- Anejo X: Estudio de impacto ambiental.
- Anejo XI: Programa de obra.
- Anejo XII: Presupuesto.
- Anejo XIII: Fotográfico.

Documento Nº 2: PLANOS.

- Localización y situación de la obra y accesos.
- Planta topográfica.
- Llanura de inundación.



PROYECTO DE OBRA CIVIL DE UN APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO



- Perfil azud.
- Alzado y planta del azud.
- Perfil longitudinal canal.
- Secciones transversales a,b,c del canal.
- Secciones transversales d,e,f del canal.
- Secciones de movimiento de tierras.
- Planta general de la central hidroeléctrica.
- Sección de la turbina.
- Sección cámara de carga.
- Detalles turbina Kaplan.

9. CONCLUSIONES.

Finalmente se ha calculado que con los trabajos propuestos y un programa de tareas medianamente detallado se podrá acabar la obra en 1 años más o menos. El presupuesto final de la obra que se estima es de alrededor unos 10.000.000€, y como se sacan unos 900.000 euros anuales por este aprovechamiento se estima que la obra podría ser rentable a largo plazo el cual debería ser mayor de 12 años.

Estimamos que se incluyen los elementos imprescindibles para la obra, que las partes de la misma cuyas dimensiones resulten diferentes del proyecto en la ejecución por su encaje en el terreno, han sido previstas con la suficiente amplitud y que han sido tenidas en cuenta las circunstancias desfavorables de este tipo de obra.

Se considera que todos estos datos que estamos dispuestos a aclarar y completar si se considera necesario, serán suficientes para que la Administración competente se forme juicio exacto de lo que se pretende realizar, por lo que se somete el presente documento a los Organismos Superiores para su aprobación.

Valencia, Julio de 2014
Los autores del TFG

Borja Sanchis Molines



PROYECTO DE OBRA CIVIL DE UN APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO



*Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
Universidad Politécnica de Valencia*

Proyecto de Obra Civil para Aprovechamiento Hidroeléctrico en el río Cabriel en el T.M. CASAS IBAÑEZ (ALBACETE) DESARROLLO PRESA DE DERIVACIÓN

Grado en Ingeniería de Obras Públicas

Curso académico 2013-2014

Fecha presentación Julio 2014

Alumno:

Parte desarrollada:

Borja Sanchis Molines

Desarrollo Presa de derivación



Índice General de Proyecto

Documento Nº1: Memoria y anejos

Memoria
Anejo I
Anejo II
Anejo III
Anejo IV
Anejo V
Anejo VI
Anejo VII
Anejo VIII
Anejo IX
Anejo X
Anejo XI
Anejo XII
Anejo XIII

Documento Nº2: Planos

1. Situación y emplazamiento de la obra
2. Estado Actual
3. Llanura de inundación del azud
4. Planta y alzado de la presa
5. Perfil transversal del azud
6. Sección longitudinal del canal
7. Secciones transversales del canal a, b, c
8. Secciones transversales del canal d, e, f
9. Detalle de excavación, juntas, sección en túnel y sección del sumidero
10. Planta general del edificio de la central
11. Sección vertical por el eje de la tubería forzada
12. Cámara de carga
13. Tubería



Documento Nº1: Memoria y anejos Índice

Memoria

Anejo I: Antecedentes

Anejo II: Estado actual

Anejo III: Legislación

Anejo IV: Accesos a la obra

Anejo V: Topografía, Geología y Geotecnia

Anejo VI: Estudio previo

Anejo VII: Estudio de soluciones

Anejo VIII: Estudio hidrológico

Anejo IX: Cálculos

Anejo X: Estudio de impacto ambiental

Anejo XI: Programa de obra

Anejo XII: Presupuesto

Anejo XIII: Fotográfico



Documento Nº2: Planos

Índice

1. Situación y emplazamiento de la obra
2. Estado Actual
3. Llanura de inundación del azud
4. Planta y alzado de la presa
5. Perfil transversal del azud
6. Sección longitudinal del canal
7. Secciones transversales del canal a, b, c
8. Secciones transversales del canal d, e, f
9. Detalle de excavación, juntas, sección en túnel y sección del sumidero
10. Planta general del edificio de la central
11. Sección vertical por el eje de la tubería forzada
12. Cámara de carga
13. Tubería