



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA MODIFICACIÓN DEL ALIVIADERO DEL EMBALSE DE LAS TORCAS, RÍO HUERVA (TOSOS, ZARAGOZA)

MEMORIA

**TRABAJO DE FINAL DE GRADO
GRADO EN INGENIERÍA CIVIL**

Curso 2014 / 15

Valencia, Agosto del 2015

Autor:

Tormo Blanco, Alejandro

Tutor:

Marco Segura, Juan Bautista



ÍNDICE GENERAL DEL TFG.

1. MEMORIA

1.1. ANEJOS

- 1.1.1. ANEJO 1: ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO.**
- 1.1.2. ANEJO 2: HIDROLOGÍA SUPERFICIAL.**
- 1.1.3. ANEJO 3: PREDIMENSIONAMIENTO Y ESTUDIO DE SOLUCIONES.**
- 1.1.4. ANEJO 4: ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA**
- 1.1.5. ANEJO 5: ESTUDIO HIDRÁULICO**

2. PLANOS

- 2.1. PLANO 1: SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO**
- 2.2. PLANO 2: SECCIÓN DEL TÚNEL**
- 2.3. PLANO 3: ALZADO LATERAL**
- 2.4. PLANO 4: PLANTA ESTRUCTURAL**
- 2.5. PLANO 5: PLANTA HASTIALES**
- 2.6. PLANO 6: PLANTA NO ESTRUCTURAL**
- 2.7. PLANO 7: PERFIL LONGITUDINAL**
- 2.8. PLANO 8: ESQUEMA DE UBICACIÓN**

ÍNDICE DE LA MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN

2. PROBLEMÁTICA Y OBJETIVOS

3. VIABILIDAD TÉCNICA

4. CONTENIDO Y ALCANCE DEL ESTUDIO

5. DISEÑO DE LA OBRA

5.1. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

5.2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA

5.2.1. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

5.2.2. HIDROLOGÍA

5.3. ALIVIADERO

5.3.1. CLASIFICACIÓN Y TIPOLOGIA

5.3.2. CIMIENTOS

5.3.3. CUERPO DEL ALIVIADERO

5.3.4. CUENCO AMORTIGUADOR

5.3.5. TÚNEL DE DESAGÜE

6. CONCLUSIÓN

7. BIBLIOGRAFÍA.

INDICE FIGURAS

Fig. 1 Situación actual del aliviadero.

Fig. 2 Ubicación del embalse de las Tocas.

Fig. 3 Geología de la cimentación del embalse de las Torcas.

Fig. 4 Curva IDF.

Fig. 5 Hietograma por bloques alternos.

Fig. 6 Hidrograma T=1000 corregido.

Fig. 7 Comparación de Hidrogramas.

Fig. 8 Perfil Creager.

Fig. 9 Sección transversal del aliviadero.

Fig. 10 Definición geométrica del cuenco amortiguador.

INDICE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas UTM embalse.

Tabla 2. Pmax24 y Curva IDF.

Tabla 3. Caudal punta Témez.

Tabla 4. Parámetros subcuencas HEC-HMS.

Tabla 5. Perfil Creager.

Tabla 6. Calados en el cuenco amortiguador.

Tabla 7. Calados en el túnel de descarga.

MEMORIA.

1. INTRODUCCIÓN.

El presente proyecto se corresponde con la realización de un Trabajo de Final de grado realizado por el alumno de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Alejandro Tormo Blanco, y bajo la supervisión del tutor Juan Bautista Marco Segura miembro del Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente.

Se trata de un estudio de carácter hidráulico para resolver los problemas que presenta en la actualidad el aliviadero del embalse de las Torcas en Tosos, Zaragoza.

2. PROBLEMÁTICA Y OBJETIVOS.

El objeto del presente proyecto es la realización de un estudio de soluciones para obtener una solución a la problemática existente en el embalse de la Torcas.

La problemática que presenta la zona de actuación es, que debido a las características del embalse cuya cerrada es estrecha y de bastante profundidad, y que el aliviadero presenta problemas de emulsión y corrientes laterales, el embalse ante situaciones de avenida motivadas por lluvias torrenciales en la zona no es capaz de desaguar a través del túnel de descarga la cantidad de agua necesaria para no poner en peligro la seguridad de la presa y de las poblaciones de aguas abajo.

Por ello el objetivo es obtener alternativas al actual aliviadero que, manteniendo el embalse al NMN actual pues los colectivos de regantes y asociaciones ecológicas no quieren que la cuenca sea deficitaria, sean capaces de desaguar a través del túnel de descarga las cantidades necesarias de agua y aprovechen al máximo la sección y la capacidad del propio túnel evitando así la entrada en carga del mismo.



Fig.1 Situación actual del aliviadero

3. VIABILIDAD TÉCNICA.

Tras comentar la problemática se procede a estudiar que posibles soluciones son capaces de corregir el problema.

En primer lugar calculada la laminación asociada al periodo de retorno 1000 años y obtenido el caudal de salida, vemos que el túnel, tal y como se puede ver en el anejo 3 de estudio de soluciones, es capaz de trasegar dicho caudal de salida, por lo que se deduce que el problema de la falta de capacidad del conjunto viene motivada por la nefasta embocadura en la que se desarrollan flujos transversales y grandes niveles de emulsión agua-aire.

Por tanto y dicho esto se procederá en el presente proyecto a mantener el túnel de descarga y a plantear distintas soluciones capaces de, modificando únicamente la embocadura, solucionar el problema.

Para llevar a cabo estas soluciones en el anejo 3 del presente proyecto se desarrollan 4 alternativas en las que se intenta solucionar el problema modificando los anchos y las cotas del los aliviaderos, y tras la realización de un estudio multicriterio en el que se tienen en cuenta parámetros tanto estructurales como medioambientales y económicos se ha llegado a la conclusión de que la variante mas viable es la solución 4.

Dicha solución consta de un aliviadero con un ancho total de 11,8 m dividido en 3 vanos el cual tras verter a través de un perfil Creager transporta el agua mediante una trompeta con cajeros parabólicos hasta la entrada del túnel, llegando a la embocadura del mismo con un calado muy próximo al del régimen uniforme.

Tras el estudio de soluciones se ha procedido a comprobar tanto la estabilidad de la solución como la funcionalidad de la misma llegando a la conclusión de que la solución adoptada garantiza el cumplimiento de los objetivos marcados inicialmente.

4. CONTENIDO Y ALCANCE DEL ESTUDIO.

Por tanto, tras todo lo expuesto anteriormente el cuerpo del proyecto versara sobre la descripción de dicha solución y se profundizará con más detalle en la misma en los anejos 4 y 5 del actual proyecto.

A modo de resumen el contenido podría ser:

- Estudio geológico e hidrológico de la zona de actuación.
- Predimensionamiento de las soluciones y estudio de las mismas.
- Dimensionamiento del aliviadero en función de las condiciones de contorno externas.
- Dimensionamiento de los cimientos, cajeros y encauzamiento al túnel en función de los parámetros geométricos e hidráulicos correspondientes.

- Comprobación de estabilidad de la solución adoptada frente a hundimiento y deslizamiento.

5. DISEÑO DE LA OBRA

En el presente punto vamos a desarrollar más profundamente el alcance del presente proyecto centrándonos en los aspectos mas relevantes de la solución final adoptada.

5.1. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO.

La solución adoptada se ubicará en el estribo derecho del embalse de las Torcas, situado en el cauce del río Huerva, afluente del río Ebro, a unos 2,7 km aguas arriba de la población de Tosos en la provincia de Zaragoza y a unos 68 km de la misma capital.

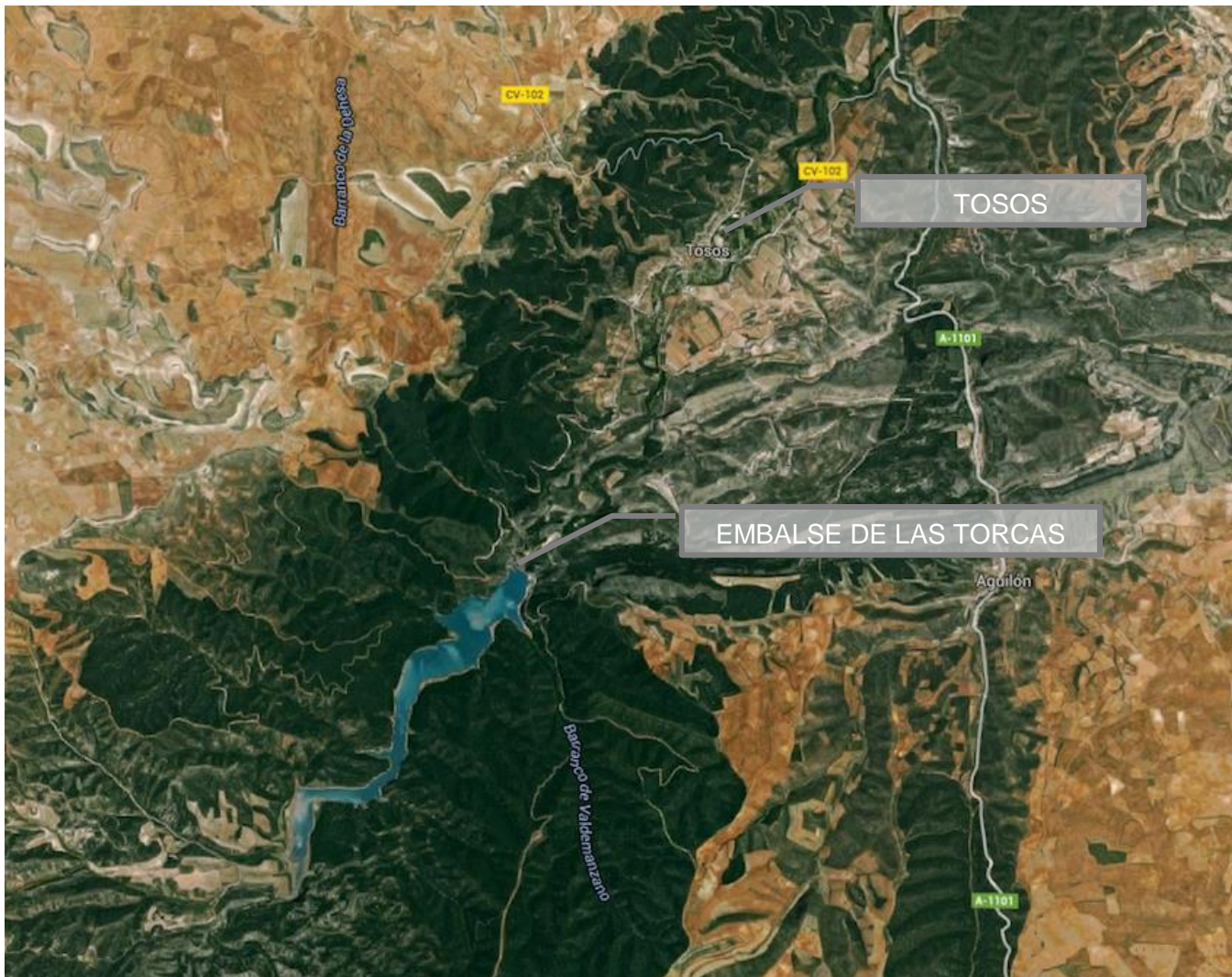


Fig. 2 Ubicación Embalse de las Torcas (Google Maps)

COORDENADAS UTM PUNTOS EXTREMOS DEL EMBALSE	
PUNTO	COORDENADA UTM
PK. Inicio. (A)	30 T 660098 4573267
PK. Fin (B)	30 T 660188 4573215

Tabla 1. Coordenadas UTM embalse

5.2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA.

Una vez ubicada la geográficamente la zona de actuación procederemos a analizar las principales características geológicas e hidráulicas de la misma.

5.2.1. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

En la zona de aguas arriba de la presa, más concretamente en el estribo derecho, nos encontramos con una unidad de arenas, areniscas y arcillas, calizas tableadas y alternancia de calizas y margas del Cretácico inferior (Facies Weald) cuya potencia está entorno a los 150m. (color verde en el plano anexo).

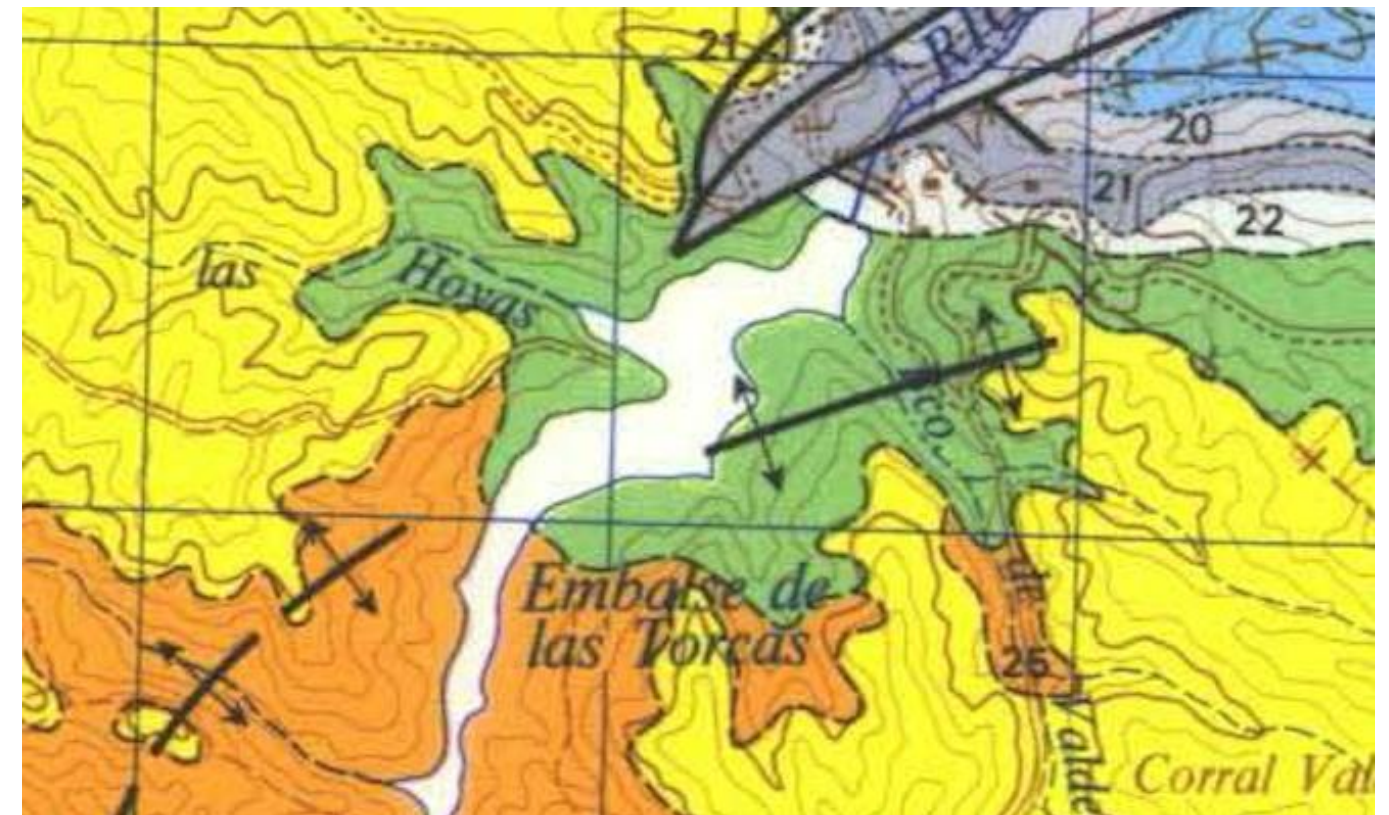


Fig. 3 Geología cimentación embalse de las Torcas. (IGME)

Destacar que para nuestra zona de estudio, estamos ante una sucesión alternante de calizas y margas cuyas texturas son *mudstone* y *wackstone* y más ocasionalmente *packstone* y *grainstone*.

La estratificación que presenta esta serie es fina y de aspecto tableado. Los estratos se muestran, generalmente, con los planos de estratificación, horizontales y paralelos aunque en ocasiones aparece estratificación irregular con acuñamientos laterales o estratificación nudosa.

5.2.2. HIDROLOGÍA

Una vez determinadas las características del terreno sobre el que vamos a cimentar nuestra obra pasamos a obtener la tormenta asociada al periodo de retorno que nos marca la norma, en este caso 1000 años, para así mediante el HEC-HMS desarrollar el hidrograma entrante al embalse y poder determinar las condiciones de contorno que marcaran nuestra obra.

Para llegar a dicho hidrograma hemos de realizar una serie de pasos progresivos.

En primer lugar, y a partir de los cuantiles de dos estaciones pluviométricas de la cuenca procedemos a calcular la precipitación máxima diaria asociada al periodo de retorno que nos marca la norma.

Una vez tenemos la precipitación diaria máxima, mediante la formula de la curva IDF de Zaragoza obtenemos la curva IDF de nuestra zona de actuación y podremos así deducir el hietograma por bloques alternos y el pluviograma asociado al mismo y de esta forma, con dicho pluviograma tendremos uno de los inputs necesarios para el calculo del hidrograma mediante el HEC-HMS

PERIODO T	Pmax24	Im(mm/h)	DURACION	C
2	34	1,417	24	15,36
5	47,6	1,983	24	21,51
10	57,7	2,404	24	26,07
25	71,7	2,988	24	32,39
50	82,9	3,454	24	37,45
100	94,8	3,950	24	42,83
200	107,4	4,475	24	48,52
500	125,1	5,213	24	56,52
1000	140,2	5,84166	24	63,34
5000	176,3	7,34583	24	79,65

Tabla 2. P. máx. 24 y curva IDF.

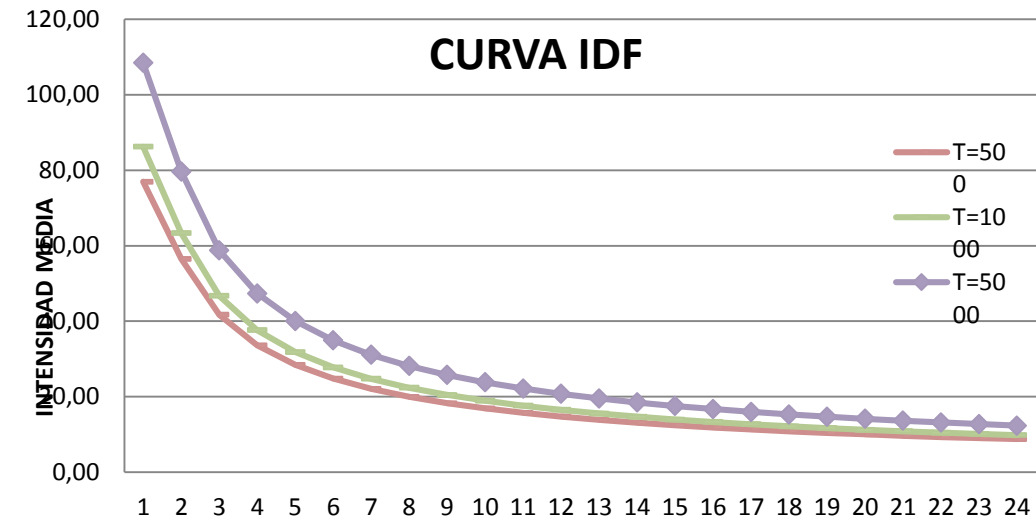


Fig. 4 Curva IDF

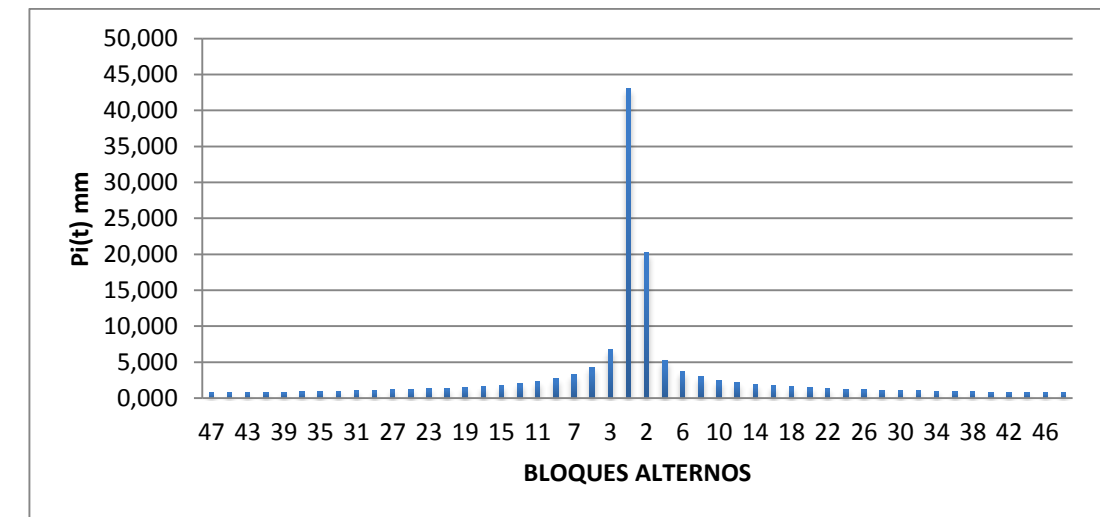


Fig. 5 Hietograma bloques alternos

Paralelamente al calculo de dicho pluviograma, procedemos, mediante el método de Témez a calcular el caudal pico asociado a dicho periodo de retorno para así obtener un orden de magnitud aproximado.

K	1,747
C _T	0,226
i(tc)500 TOMEZ	6,358
A	486,210
Q _{p,500}	338,915

Tabla 3. Caudal punta método de Témez.

Por tanto, llegados a este punto solo nos faltaría calcular los parámetros necesarios de cada subcuenca presente en la zona aguas arriba del embalse, para implementar el modelo de nuestra cuenca en el programa y obtener el hidrograma entrante en el embalse.

Los resultados obtenidos para los parámetros de las subcuencas han sido:

DATOS DE LAS SUBCUENCAS								
Subcuenca	Cota media m	pendiente (m/m)	Long cauce mas largo (m)	Área (km ²)	CN	TC (h)	Tlag (min)	%imperme
1	1270	0,021441409	6720	30,70	35	2,64	55,616	5
2	1040	0,014787654	17600	83,80	21	5,90	124,065	5
3	960	0,004687466	13200	104,00	21	5,90	124,021	5
4	910	0,008962024	11400	76,30	21	4,67	98,091	5
5	920	0,02772017	9800	61,60	34	3,35	70,557	5
6	1000	0,041861939	10900	44,60	47	3,36	70,735	5
7	820	0,015591252	15800	62,10	47	5,38	113,154	5

Tabla 4. Parámetros de las subcuencas para el HEC-HMS.

Con esto, y calculando un factor corrector de el numero de curva CN a partir de la avenida real con periodo de retorno 63 años, procedemos a obtener el hidrograma entrante en el embalse.

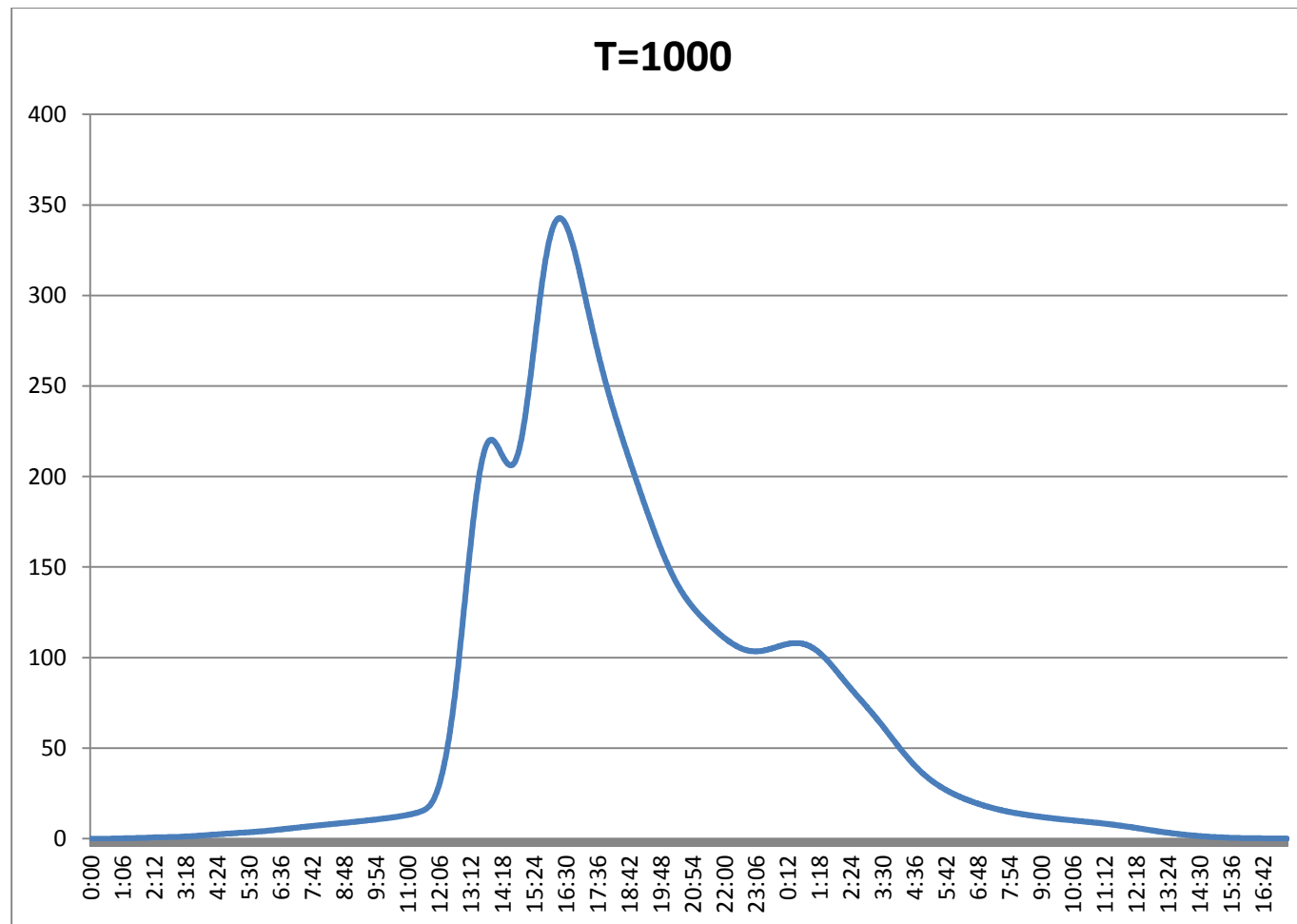


Fig. 6 Hidrograma T=1000 corregido

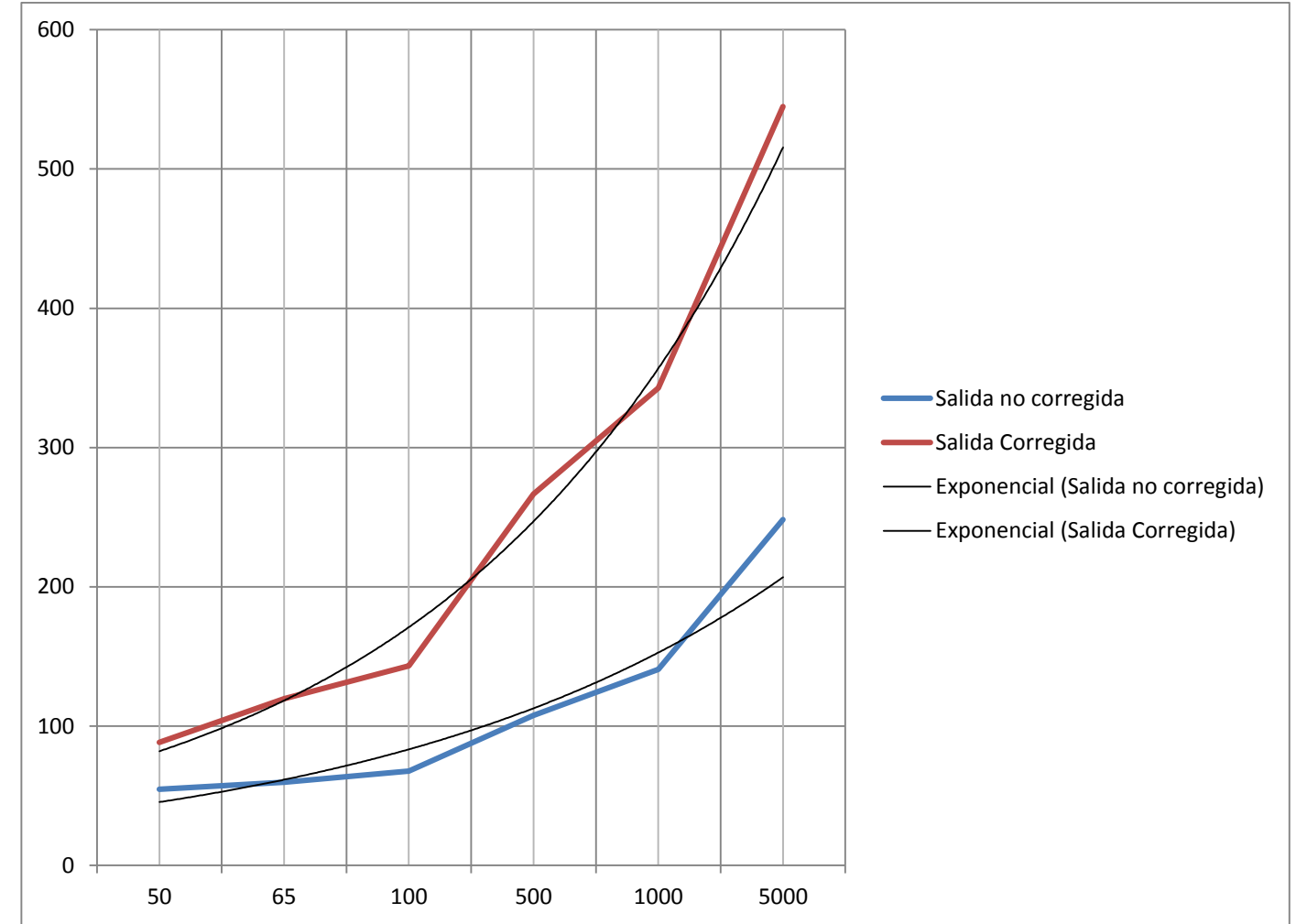


Fig. 7 Comparación de Hidrogramas.

5.3. ALIVIADERO

Pasamos pues a la descripción de la obra en si:

5.3.1. CLASIFICACIÓN Y TIPOLOGÍA

El aliviadero elegido tras la realización del estudio de soluciones, anejo 3 del presente documento es un aliviadero de labio fijo regulado con compuertas cuya cota de vertido esta situada a 620,4 msnm y la longitud total del aliviadero es de 11,8 m divididos en 3 vanos iguales.

El reintegro al cauce se realizara mediante un perfil Creager desarrollado a continuación y cuyo paramento de aguas arriba es completamente vertical por lo que no existen presiones de agua favorables a la estabilidad.

NIVEL H		4,4551	
PERFIL CREAGER			
X	PARAMENTO	Y	
		CARA SUP	CARA INF
0,000	0,561	-3,702	0,561
0,446	0,160	-3,577	0,160
0,891	0,031	-3,439	0,031
1,337	0,000	-3,297	0,000
1,782	0,031	-3,127	0,031
2,673	0,267	-2,762	0,281
3,564	0,633	-2,277	0,682
4,455	1,145	-1,693	1,190
5,346	1,590	-0,976	1,827
6,237	2,517	-0,134	2,629
7,574	3,876	1,350	4,099
8,910	5,435222	3,087	5,84

Tabla 5. Perfil Creager.

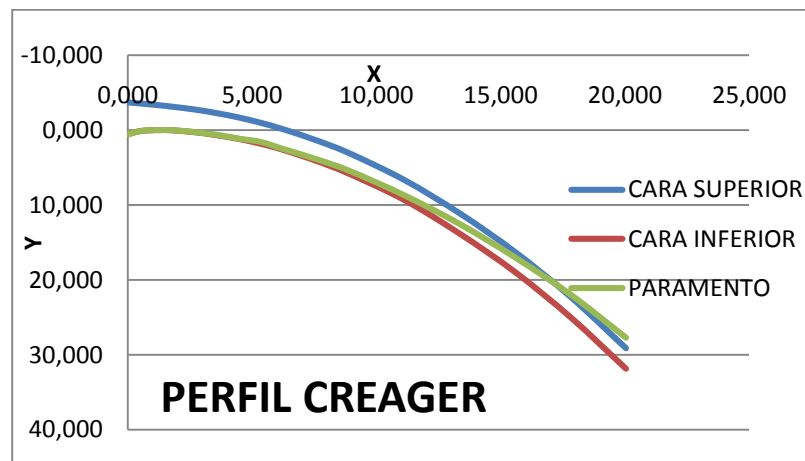


Fig. 8 Perfil Creager.

5.3.2. CIMENTACIÓN

Nuestra obra la cimentaremos sobre el estrato de roca caliza, para ello excavaremos unos 4,5m desde la cota de la solera del reintegro al cauce para así llegar a el estrato competente y garantizar la estabilidad de la solución.

La cimentación se realizará de forma escalonada dotándola de una pendiente horizontal en los escalones de 0'02 y una pendiente vertical de 1:1'1.

Posteriormente a la definición de la cimentación se realizan las comprobaciones de estabilidad del aliviadero en el anejo 4 de la presente memoria dando en ambos casos resultados favorables a la estabilidad del mismo.

5.3.3. CUERPO DEL ALIVIADERO.

En cuanto a la sección transversal destacar la incorporación de una galería de inspección del aliviadero de 1'7 m de ancho en la cual implantaremos un sistema de drenaje.

Las anteriores comprobaciones de estabilidad del anejo 4 se han realizado teniendo en cuenta, para el periodo de retorno seleccionado, tanto el funcionamiento del drenaje como la inexistencia del mismo y sin considerar el peso de las compuertas ni de las pilas y dando para ambos casos resultados favorables.

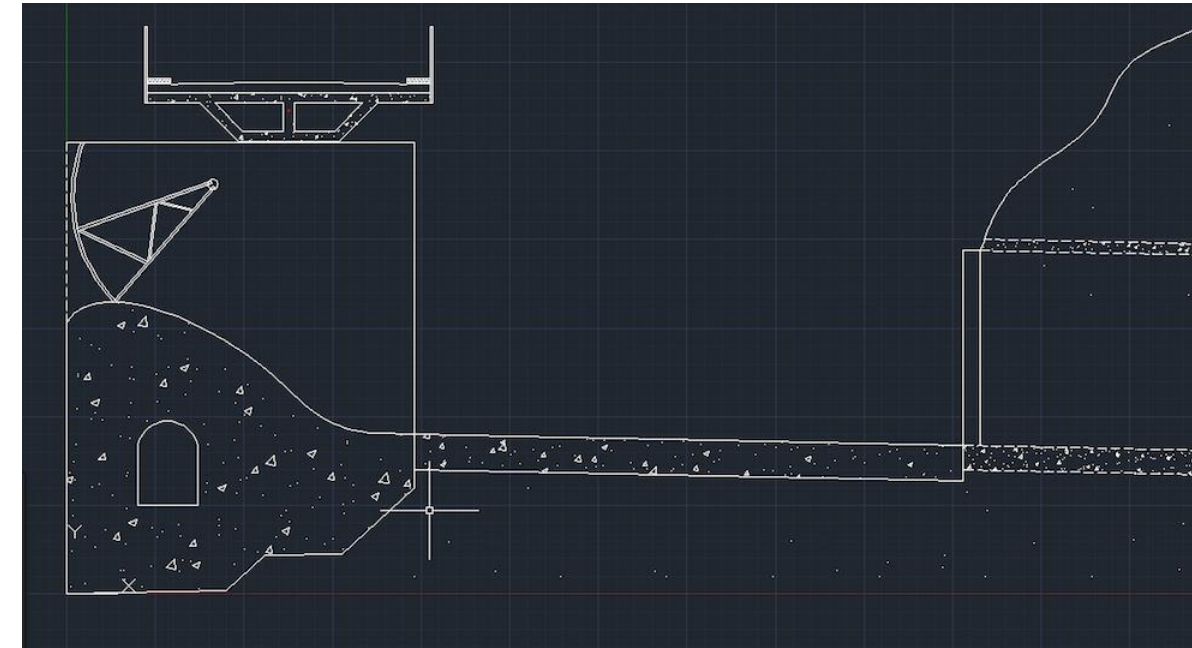


Fig. 9 Sección Transversal Aliviadero.

5.3.4. CUENCO AMORTIGUADOR.

Llegados a este punto y conociendo las condiciones de contorno de nuestra obra, estas son el caudal de salida calculado mediante la laminación de soluciones realizada para el predimensionamiento y el calado del túnel en régimen uniforme, pasamos a definir geoméricamente el cuenco amortiguador y a calcular los calados que en el se desarrollan.

El cuenco queda definido geoméricamente por dos cajeros laterales parabólicos tangentes tanto a los cajeros del aliviadero como a los laterales del túnel de descarga, se define así puesto que esta solución es la más aconsejable cuando estamos trabajando con regímenes rápidos.

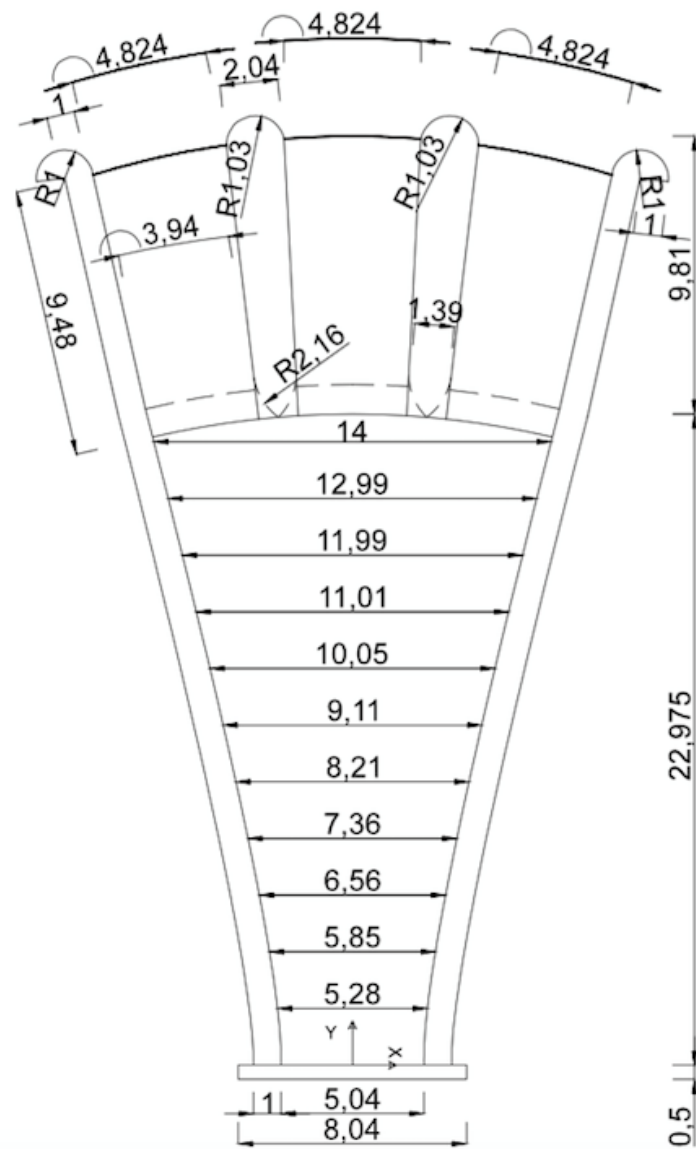


Fig. 10 Definición geométrica del cuenco amortiguador.

Y por otra parte los calados que se desarrollan en el mismo cuenco los obtendremos a partir de la energía desarrollada aguas abajo del Creager, la fórmula de igualdad de energías y avanzando en el sentido del flujo, pues estamos en régimen rápido, una serie de secciones transversales del cuenco.

Con todo esto los resultados obtenidos tras iterar con las pérdidas por contracción son:

POSICION	ANCHO (m)	COTA (msnm)	CALADO (m)
-	14,0000	616,791	1,5050
2,000	12,990	616,751	1,6246
4,000	11,990	616,711	1,7614
6,000	11,010	616,671	1,9172
8,000	10,050	616,631	2,0954
10,000	9,110	616,591	2,3002
12,000	8,210	616,551	2,5295
14,000	7,360	616,511	2,7792
16,000	6,560	616,471	3,0452
18,000	5,850	616,431	3,2921
20,000	5,280	616,391	3,4581
22,000	5,040	616,35	3,3716

Tabla 6. Calados cuenco amortiguador.

5.3.5. TÚNEL DE DESCARGA.

Para el caso del túnel de descarga procederemos con la misma metodología que en el caso anterior, es decir, a partir del calado en la entrada del túnel procederemos a obtener los calados en distintas secciones prefijadas previamente.

En este caso, y a diferencia del anterior, en lugar de obtener los calados igualando energías, procederemos a iterar los calados con la ayuda del programa CHANNEL de la calculadora gráfica y obtendremos el calado a partir del calado inicial y de unas distancias (dadas por incrementos de longitud y altura)

SECCIONES	P.k (m)	COTA (msnm)	Y final trapezoidal	Yf túnel corregido
1,000	0,000	616,350	3,37160	3,3917
2,000	2,000	616,310	3,37225	3,3924
3,000	4,000	616,270	3,37250	3,3927
4,000	6,000	616,230	3,37275	3,3930
5,000	8,000	616,190	3,37299	3,3932
6,000	10,000	616,150	3,37323	3,3935
7,000	11,680	616,120	3,37344	3,3937
8,000	25,000	615,980	3,40609	3,4286
9,000	45,000	615,780	3,45410	3,4801
10,000	65,000	615,580	3,50084	3,5307
11,000	85,000	615,380	3,54628	3,5802
12,000	105,000	615,180	3,59037	3,6287
13,000	125,000	614,980	3,63308	3,6760
14,000	145,000	614,780	3,67438	3,7221
15,000	165,000	614,580	3,71425	3,7669
16,000	167,360	614,560	3,71885	3,7708

Tabla 7. Calados túnel de descarga.

6. CONCLUSIÓN.

Terminados los cálculos podemos comentar a modo de conclusión que la solución adoptada cumpliría la función de laminación de la avenida para un periodo de retorno de 1000 años y además el funcionamiento de toda la obra sería en régimen rápido aumentando calados a lo largo de toda la obra y desarrollándose una F3 dentro del túnel, nunca llegando a entrar en carga el mismo, por lo que podemos afirmar que la obra cumple con el propósito planteado inicialmente, es decir, solucionar el problema del abastecimiento y el de la capacidad de desagüe del túnel.

Firmado, el ingeniero autor del proyecto:



Alejandro Tormo Blanco

7. BIBLIOGRAFÍA

- **CNEGP: Guías Técnicas de Seguridad de Presas no5. Aliviaderos y desagües. Comité Nacional Español de Grandes Presas. 1997.**
- **Bureau of Reclamation, USA: Diseño de Pequeñas Presas. Traducción de la 3a Edición Americana Actualizada y Ampliada. 2007.**
- **CNEGP: Guía Técnica de Seguridad de Presas nº2 – Criterios para proyectos de presas y sus obras anejas. Comité Nacional Español de Grandes Presas 1997.**
- **CNEGP: Guía Técnica de Seguridad de Presas nº3 – Estudios geológico-geotécnicos y de prospección de materiales. Comité Nacional Español de Grandes Presas 1997.**
- **IDE Aragón (sitio web):**
- **Instituto Geológico y Minero Español IGME (sitio web):**
- **Apuntes de la asignatura de 2º curso de GIC Hidráulica Básica e Hidrología.**
- **Herramientas informáticas:**
 - **HEC-HMS, software de libre descarga facilitado por el USACE estadounidense.**
 - **Google Earth, aplicación web de libre acceso.**
- **Datos históricos de avenidas del río Huerva obtenidos desde la página web de la confederación hidrográfica del Ebro.**
- **Instrucción de carreteras (IC-3) para el correcto cálculo del caudal punta por el método de Témez así como de los parámetros característicos de la cuenca:**
- **Curva característica del embalse de las Torcas facilitada por la confederación hidrográfica del Ebro.**
- **TRATADO BÁSICO DE PRESAS TOMO I – Generalidades: presas de hormigón y de materiales sueltos. Profesor Dr. Ingeniero EUGENIO VALLARINO.**
- **TRATADO BÁSICO DE PRESAS TOMO II – Aliviaderos, construcción y explotación de presas. Profesor Dr. Ingeniero EUGENIO VALLARINO.**
- **Apuntes de la asignatura de 3º curso de GIC Geotecnia y cimientos.**
- **Guía de cimentaciones de Carreteras.**