

ANEJO 5

ESTUDIO DE SOLUCIONES

Índice

ÍNDICE	1
1. INTRODUCCIÓN	3
2. CONDICIONANTES DE PARTIDA	3
2.1. Condicionantes funcionales	3
2.2. Condicionantes geológicos	3
2.3. Condicionantes ambientales	4
2.4. Condicionantes hidrológicos	4
2.5. Condicionantes constructivos	4
3. POSIBLES EMPLAZAMIENTOS DE LA CERRADA	5
3.1. Emplazamiento A	5
3.2. Emplazamiento B	7
3.3. Emplazamiento C	8
3.4. Comparación de emplazamientos	9
4. CURVAS CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONAMIENTO DEL EMBALSE	11
4.1. Curvas características del embalse	11
4.2. Dimensionamiento del embalse	13
5. POSIBLES ALTERNATIVAS TIPOLOGICAS	19
5.1. Generalidades	19
5.2. Alternativa nº 1. Presa de gravedad de hormigón vibrado	20
5.2.1. Cuerpo de presa	20
5.2.2. Elementos hidráulicos	21
5.2.3. Presupuesto	22
5.3. Alternativa nº 2. Presa de gravedad de hormigón compactado con rodillo	23
5.3.1. Cuerpo de presa	23
5.3.2. Elementos hidráulicos	24
5.3.3. Presupuesto	25
5.4. Comparativa entre alternativas	26
6. SOLUCIÓN DESARROLLADA	27
6.1. Cuerpo de presa	27
6.2. Tratamiento de la cimentación	29
6.3. Elementos hidráulicos	29
6.3.1. Aliviadero A1	29
6.3.2. Aliviadero A2	30
6.3.3. Aliviadero A3	31
6.3.4. Cuenco amortiguador	32
6.3.5. Desvío del río	32
6.4. Caminos de acceso	33
6.5. Dispositivos de auscultación	33
6.6. Instalaciones auxiliares	34
6.6.1. Instalaciones eléctricas	34
6.6.2. Casa de administración	34
APÉNDICE 1. PLANOS	37

1. Introducción

Este Anejo contiene la discusión razonada de la solución óptima para la construcción de una presa de laminación en el río Girona. Las posibles soluciones de embalse se han establecido en términos de emplazamientos, dimensionamiento y alternativas tipológicas.

En primer lugar se han estudiado las posibles cerradas. Una vez seleccionada la óptima, se ha estudiado el dimensionamiento más eficaz de los órganos de desagüe para finalmente proceder al estudio de las distintas tipologías posibles sobre la cerrada en cuestión.

2. Condicionantes de partida

Se hace a continuación un repaso general a los condicionantes que influyen en el análisis de alternativas.

2.1. Condicionantes funcionales

El fin de la nueva presa de Isbert es únicamente la laminación de avenidas para evitar inundaciones en la cuenca baja del río Girona y por tanto, se exige, en primer lugar, un cierto volumen de embalse y, en segundo lugar una situación de la cerrada que no deje aguas abajo afluentes que puedan originar una avenida importante.

La laminación de avenidas, también exige una disposición de aliviaderos y desagües de fondo adecuados, que complica en algunos casos su encaje en las diferentes tipologías de presa, hecho que habrá que tener en cuenta para su elección.

Dado que únicamente se pretende laminar las avenidas, la impermeabilidad del vaso no es una cualidad de relativa importancia, dado que no es objetivo del mismo retener agua durante largos periodos de tiempo.

2.2. Condicionantes geológicos

La zona en la que más probablemente se encontrará la presa y el embalse no presenta condicionantes relevantes en cuanto al terreno, al tratarse de una zona con predominio de macizos calizos y margas; si bien existe en la zona una fuerte y compleja tectónica que da lugar a una estructura bastante caótica.

No se han detectado puntos con posible inestabilidad de taludes y además los taludes naturales observados están en perfecto estado de conservación y con pendientes muy acusadas, por lo que los desmontes que se pudieran producir, permitirían ángulos de inclinación próximos a la verticalidad.

2.3. Condicionantes ambientales

La presa y embalse se sitúan en el río Girona, en una zona cercana por el oeste a los LIC Valls de la Marina y ZEPA Montañas de la Marina.

Los condicionantes ambientales principales serán la extracción de materiales que, además, influye directamente en la conservación del medio ambiente durante la obra, la ocupación de territorio por la propia obra; en ambos casos se favorecerán las presas de un menor volumen; y también la existencia de un embalse permanente en la zona que pueda afectar a los parajes protegidos.

2.4. Condicionantes hidrológicos

La Confederación Hidrográfica del Júcar ha estudiado las inundaciones en la plana del río Girona desde hace algún tiempo, para lo cual ha contado con la colaboración técnica de las empresas Inypsa y Paymacotas; dicha colaboración se ha plasmado en diversos documentos, el más importante de los cuales es el Plan Director de Defensa contra las Avenidas de la Comarca de la Marina Alta (Julio 2013), documento del que ha derivado este estudio.

En este documento se establecen como estructura deseable de laminación (además de otras actuaciones) la presa de Isbert. Para la presa de Isbert se establece un caudal punta para la avenida de período de retorno 500 años de $1.383 \text{ m}^3/\text{s}$, que se puede laminar hasta $1.014 \text{ m}^3/\text{s}$ con una presa de 56 m de altura, que crea un embalse de 11.1 Hm^3 .

Los estudios realizados en el marco de este estudio de soluciones, han obtenido caudales para un periodo de retorno de 500 años de $1.149 \text{ m}^3/\text{s}$, estableciéndose como caudal punta de la avenida de diseño $1.344 \text{ m}^3/\text{s}$ y como avenidas extremas se han determinado los caudales punta de $1.847 \text{ m}^3/\text{s}$ y $2.082 \text{ m}^3/\text{s}$, dependiendo si la solución obtenida es de hormigón o materiales sueltos respectivamente.

2.5. Condicionantes constructivos

Los condicionantes constructivos son más sobre todo de carácter medioambiental, pues en principio se considerará cualquier tipología de presa. Evidentemente no se considerarán tipologías cuya interacción con el terreno pueda resultar peligrosa, pero el mayor condicionante será obtener los materiales sin que afecten al medio ambiente, preferentemente del vaso, sobre todo en el caso de soluciones de materiales sueltos que demandan un mayor volumen de estos.

3. Posibles emplazamientos de la cerrada

El ámbito territorial para el planteamiento de posibles emplazamientos de la presa de laminación se ha limitado inicialmente aguas arriba por la localidad de Vall d'Ebo y aguas abajo por la localidad de Orba.

Analizando el cauce desde aguas arriba hacia aguas abajo se puede apreciar que en la parte entre Vall d'Ebo y Benimaurell el valle del río Girona se estrecha mucho por lo que embalses en esta zona proporcionarían volúmenes muy reducidos. Además una presa en esta zona no laminaría la parte media de la cuenca del Girona.

Aguas abajo de la población de Benimaurell se encuentra el actual embalse de Isbert, por lo que esta zona y hasta alcanzar la presa del mismo nombre, no es un emplazamiento adecuado para la construcción de un nuevo embalse debido al gran espesor de sedimentos acumulados, las dificultades de acceso y la necesidad de demoler la actual presa para poder acometer las obras. Además, como en el tramo anterior, tampoco sería posible la laminación de la parte media de la cuenca del río Girona.

Aguas abajo de la actual presa de Isbert se encuentra un valle mucho más abierto con varias localidades ubicadas cerca del río Girona como Beniarbeig, Ondara, El Verger o els Poblets. Las zonas urbanizadas por una parte y la geomorfología por otra parte limitan los posibles emplazamientos de la presa. Aguas abajo de la urbanización de La Plana (Orba) el planteamiento de una cerrada no parece muy lógico dado que los volúmenes de posibles embalses que se pueden conseguir sin afectar a dichas localidades son insuficientes para el fin que se busca en este estudio.

Es por tanto que se plantean posibles emplazamientos de la presa para laminación de crecidas, en el valle comprendido entre la actual presa de Isbert, aguas arriba, y la urbanización de La Plana, aguas abajo; es decir, un tramo de únicamente 2000 metros.

Sobre el área de estudio delimitada en los párrafos anteriores, se han contemplado tres posibles alternativas de emplazamiento de la presa y embalse de laminación de avenidas que se describen a continuación desde aguas arriba hacia aguas abajo.

3.1. Emplazamiento A

El emplazamiento de la cerrada A, es el emplazamiento situado más al oeste y se sitúa en el Término Municipal de Vall de Laguar, aguas abajo del estrecho de Isbert, en el paraje conocido como la Foia Roja; tal y como se puede apreciar en el plano nº 1.

Se trata de una cerrada asimétrica en forma de U cerrada, constituida sobre un macizo rocoso de calizas y dolomías con buena capacidad resistente.

El embalse asociado a emplazamiento afecta al Término municipal de Vall de Laguar y en dichos terrenos se localizan principalmente zonas de forestales incluidas en zonas LIC y ZEPA.

Las características más destacadas del embalse de volumen adecuado que puede construirse en dicha cerrada pueden observarse en la siguiente tabla resumen:

Tabla 1: Tabla de características del emplazamiento A.

Emplazamiento A	
Cota máxima de inundación	205 m.s.n.m.
Superficie de embalse	33,5 km ²
Volumen de embalse	11,1 Hm ³
Altura máxima de presa	70 m
Longitud de coronación	190 m

Así mismo, el mismo presenta la siguiente curva característica cota – volumen y perfil longitudinal de la cerrada:

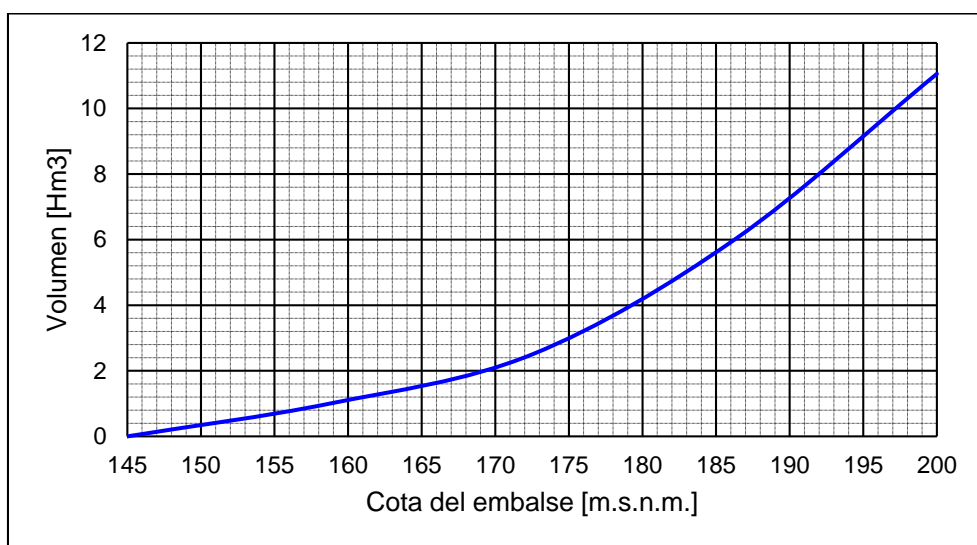


Figura 1: Curva característica asociada al emplazamiento A.

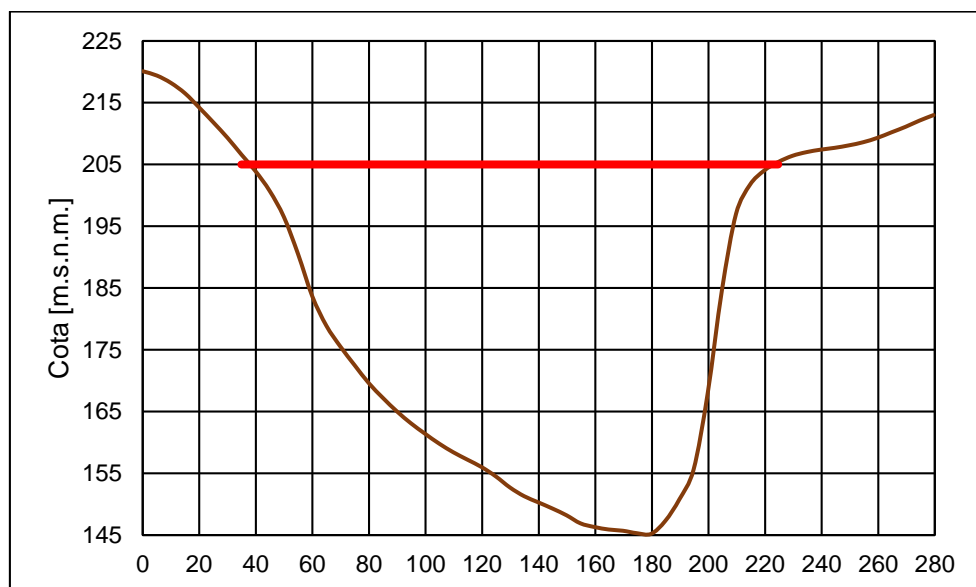


Figura 2: Perfil longitudinal de la cerrada asociada al emplazamiento A.

3.2. Emplazamiento B

El emplazamiento de la cerrada B, se sitúa en el Término Municipal de Orba, en un ligero estrechamiento que se produce entre “El Puntal del Tano” y la “Muntanya de la Plana”; tal y como se puede apreciar en el plano nº 1.

Se trata de una cerrada ligeramente asimétrica en forma de V abierta, constituida sobre un macizo rocoso de margas en el estribo izquierdo y un macizo rocoso de margas y calizas en el estribo derecho; tiene la particularidad de ser atravesada por una falla inversa.

El embalse asociado a emplazamiento afecta a los Términos municipales de Vall de Laguar y Orba; sin afectar en este caso a los espacios protegidos comentados con anterioridad.

Las características más destacadas del embalse de volumen adecuado que puede construirse en dicha cerrada pueden observarse en la siguiente tabla resumen:

Tabla 2: Tabla de características del emplazamiento B.

Emplazamiento B	
Cota máxima de inundación	175 m.s.n.m.
Superficie de embalse	46,0 km ²
Volumen de embalse	11,5 Hm ³
Altura máxima de presa	54.2 m
Longitud de coronación	400 m

Así mismo, el mismo presenta la siguiente curva característica cota – volumen y perfil longitudinal de la cerrada:

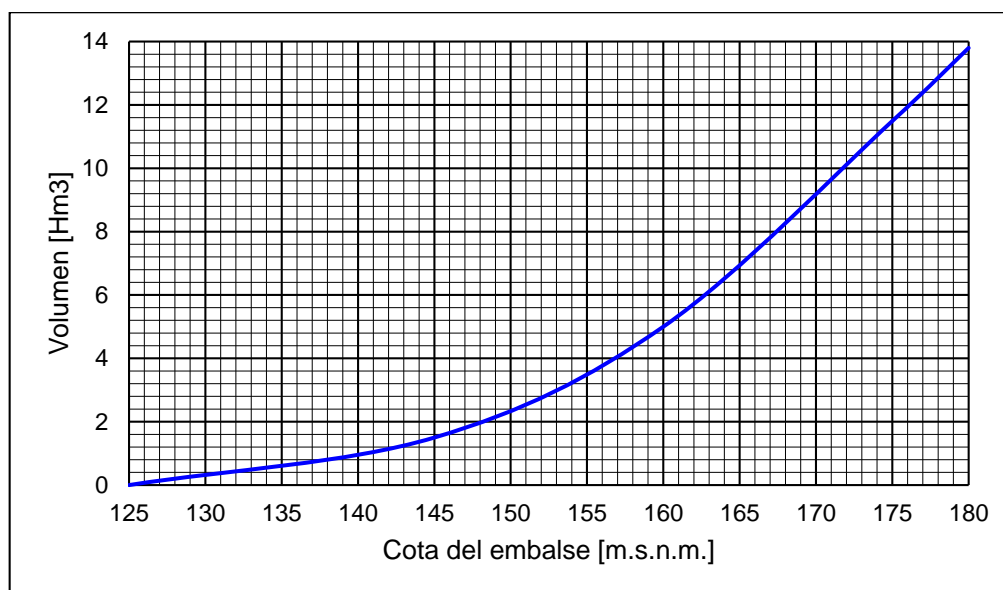


Figura 3: Curva característica asociada al emplazamiento B.

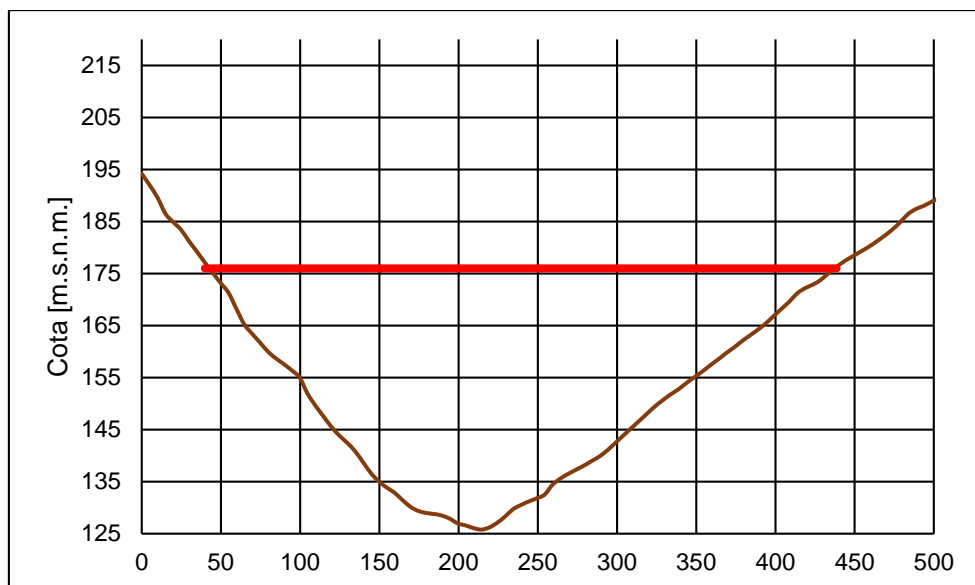


Figura 4: Perfil longitudinal de la cerrada asociada al emplazamiento B.

3.3. Emplazamiento C

El emplazamiento de la cerrada C, se sitúa en el Término Municipal de Orba, en el último estrechamiento que se produce antes de alcanzar la llanura del río Girona.

Se trata de una cerrada asimétrica en forma de U abierta, constituida sobre un macizo rocoso de calizas en ambos estribos.

El embalse asociado a emplazamiento afecta a los Términos municipales de Vall de Laguar y Orba; sin afectar en este caso a los espacios protegidos comentados con anterioridad.

Las características más destacadas del embalse de volumen adecuado que puede construirse en dicha cerrada pueden observarse en la siguiente tabla resumen:

Tabla 3: Tabla de características del emplazamiento C.

Emplazamiento C	
Cota máxima de inundación	175 m.s.n.m.
Superficie de embalse	54,6 km ²
Volumen de embalse	12,6 Hm ³
Altura máxima de presa	55 m
Longitud de coronación	310 m

Así mismo, el mismo presenta la siguiente curva característica cota – volumen y perfil longitudinal de la cerrada:

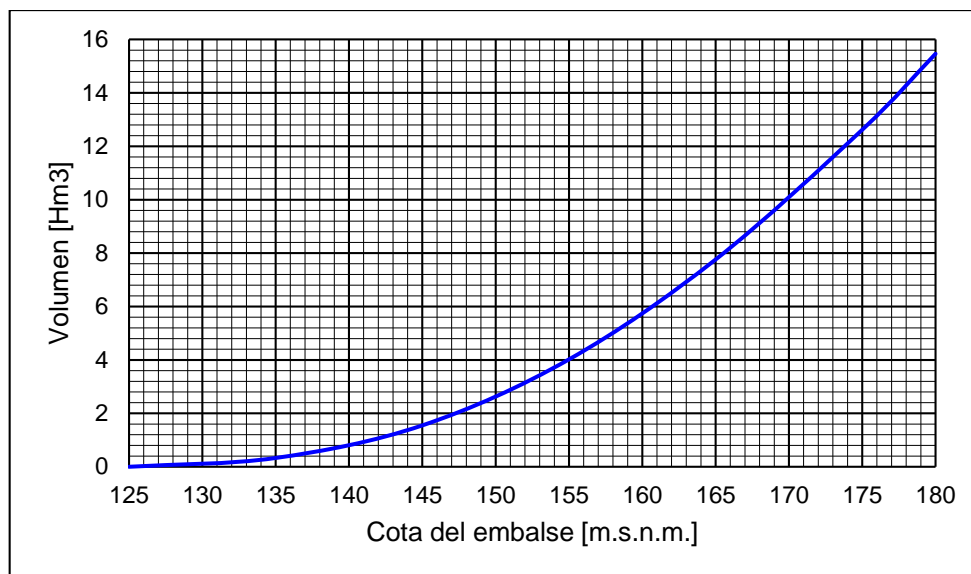


Figura 5: Curva característica asociada al emplazamiento C.

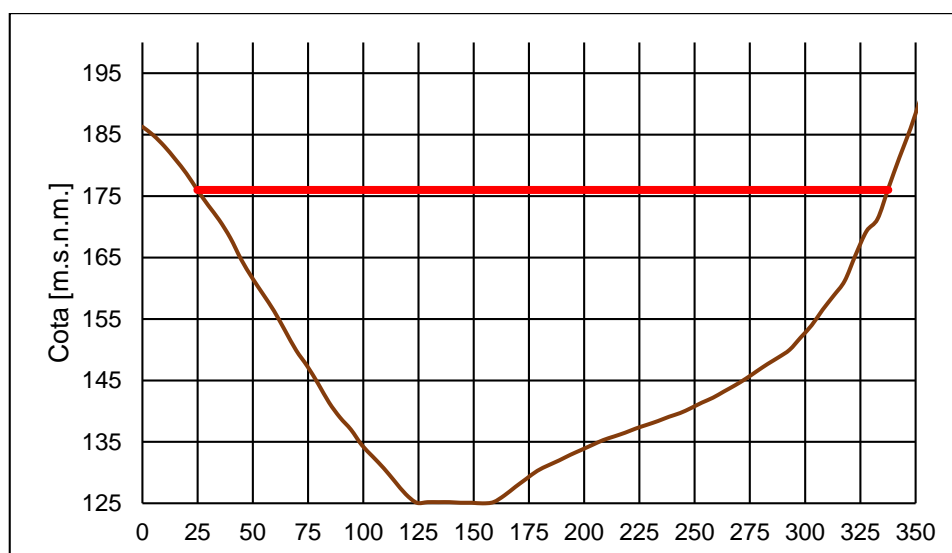


Figura 6: Perfil longitudinal de la cerrada asociada al emplazamiento C.

3.4. Comparación de emplazamientos

La discusión sobre la cerrada óptima, de entre las tres seleccionadas, se ha realizado en términos de condiciones geomorfológicas y medioambientales. Estas son:

- Características topográficas de cada una de las cerradas, que determinan para cada alternativa tipológica, el volumen de obra necesario para el cierre.
- Características geológicas y geotécnicas, que establecen la viabilidad de una u otra alternativa tipológica.
- Afección a espacios naturales protegidos, como parajes naturales, montes de utilidad pública, y suelo forestal, estableciendo la incidencia de cada alternativa de cerrada sobre el medioambiente.
- Parcelas a expropiar, teniendo en cuenta tanto la superficie a expropiar, en cada alternativa de cerrada, como el tipo de uso de las parcelas a expropiar.

De esta forma se obtienen la siguiente evaluación de alternativas.

1. La cerrada A aunque es viable topográfica y geotécnicamente, presenta ciertas dificultades debido a la forma del estrechamiento que presenta formando el estribo derecho un saliente en el que sería dificultoso estibar a la cota necesaria cualquier tipo de presa por este margen.
2. La cerrada B y la cerrada C presentan condiciones topográficas similares, si bien geológicamente difieren bastante, resultando la cerrada C más ventajosa en cuanto a calidad del macizo rocoso y también en términos de economía. En efecto, la longitud del cierre a cota 175,00 m es de unos 310 m, por unos 390 m de la cerrada B.
3. La cerrada A tiene una alta incidencia tanto sobre montes de utilidad pública como sobre suelo forestal y paraje natural municipal, ya que la disposición de la misma hace que el embalse se extienda por una amplia zona de estos espacios naturales protegidos. La alternativa B y C presentan una incidencia entre baja sobre espacios naturales protegidos y solo cuando se completa el llenado del embalse, ya que el embalsamiento que producen estas cerradas es similar; únicamente se diferencian en 10 Ha, y no se extienden sobre amplias zonas de suelo forestal como ocurre con la alternativa A.
4. Con la cerrada en la posición A se debe expropiar 11 Ha más que con la cerrada en posición B, además aumenta la superficie de espacios naturales a expropiar. La cerrada B afecta a 10 Ha más que la cerrada C, aunque la superficie a expropiar es mayoritariamente suelo agrícola, no aumentando significativamente la superficie de espacios naturales a expropiar.
5. El coste de expropiación se estima mayor en el caso de las cerradas B y C, que en el caso de la A, dado que estas tienen una mayor superficie afectada y además afectan a una zona donde existen zonas de cultivos y parcelas particulares; mientras que en la cerrada A únicamente se afectan a terrenos del actual embalse de Isbert, y por tanto ya expropiados; y a una zona de monte de utilidad pública.

CONCLUSIONES

- Tanto topográficamente como por condiciones geomorfológicas, se selecciona como alternativa óptima la cerrada C.
- En cuanto a la incidencia medioambiental tanto la alternativa B como C presentan características de afección similares ya que las cerradas se encuentran muy próximas.
- De esto se deduce que la alternativa óptima de cerrada en términos de condiciones geomorfológicas y medioambientales es la cerrada C.

Teniendo en cuenta las ventajas e inconvenientes relativos anteriores, se elige el emplazamiento C, tal como lo han hecho todos los estudios previos realizados.

4. Curvas características y dimensionamiento del embalse

El fin principal de la presa nueva de Isbert es la laminación de avenidas. El dimensionamiento del embalse se ha efectuado, por tanto, en base a ese objetivo.

4.1. Curvas características del embalse

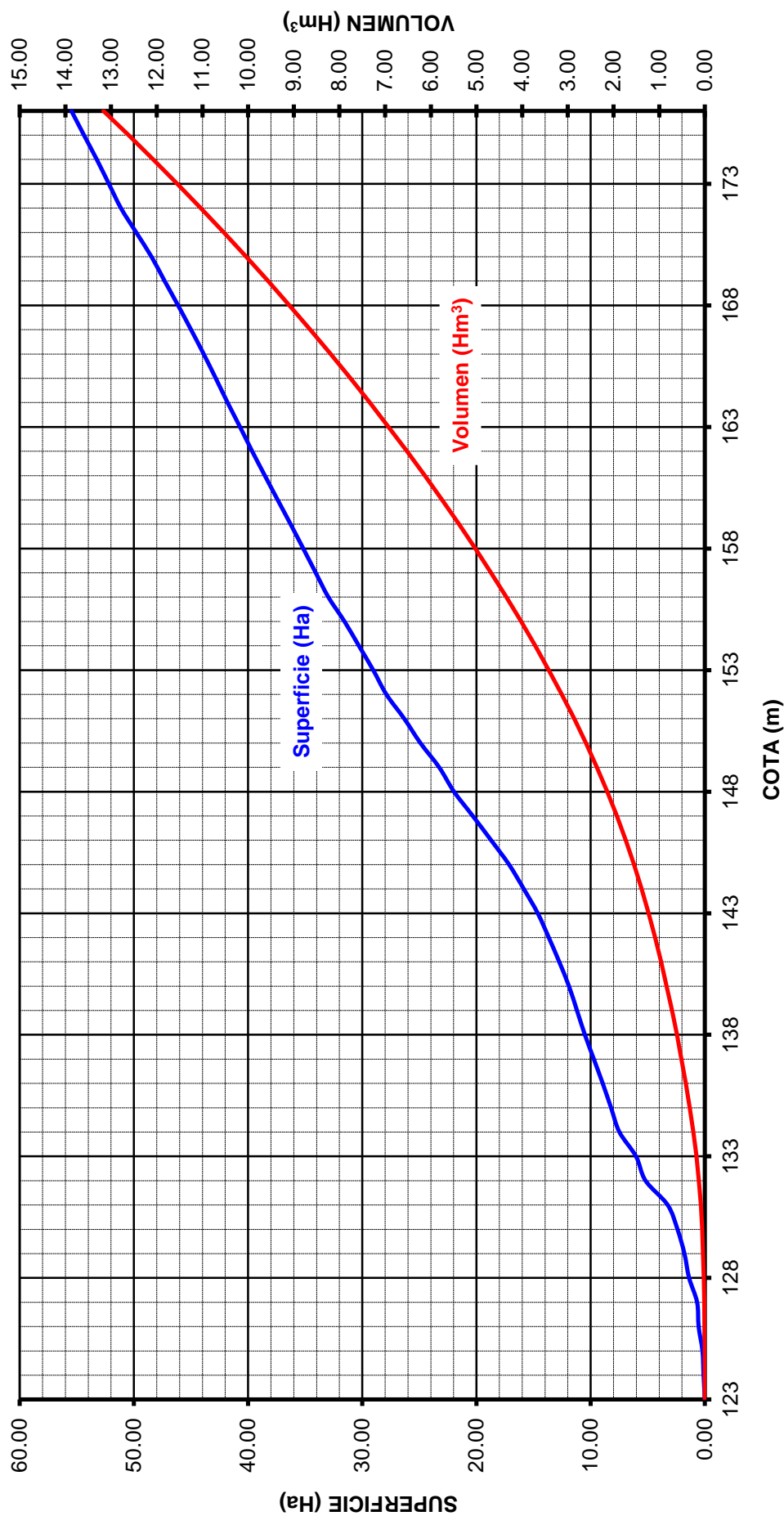
Como dato de partida para el dimensionamiento del embalse se han obtenido las curvas características del embalse (la curva cota – volumen y la curva cota-superficie). Las curvas características empleadas han sido las siguientes:

Tabla 4: Tabla de valores de las curvas características del embalse.

Cota (m)	Área (Ha)	Volumen (Hm3)	Cota (m)	Área (Ha)	Volumen (Hm3)
123	0.00	0.00	150	24.91	2.60
124	0.11	0.00	151	26.32	2.86
125	0.21	0.00	152	27.89	3.13
126	0.55	0.01	153	29.04	3.42
127	0.68	0.01	154	30.30	3.71
128	1.38	0.02	155	31.56	4.02
129	1.79	0.04	156	32.97	4.34
130	2.40	0.06	157	34.08	4.68
131	3.26	0.09	158	35.17	5.03
132	5.19	0.13	159	36.28	5.38
133	6.03	0.19	160	37.41	5.75
134	7.48	0.25	161	38.53	6.13
135	8.21	0.33	162	39.64	6.52
136	8.95	0.42	163	40.71	6.92
137	9.72	0.51	164	41.79	7.34
138	10.50	0.61	165	42.83	7.76
139	11.20	0.72	166	43.89	8.19
140	11.90	0.84	167	45.00	8.64
141	12.75	0.96	168	46.13	9.09
142	13.67	1.09	169	47.31	9.56
143	14.64	1.23	170	48.46	10.04
144	15.86	1.39	171	49.80	10.53
145	17.15	1.55	172	51.13	11.03
146	18.71	1.73	173	52.19	11.55
147	20.32	1.93	174	53.25	12.08
148	21.97	2.14	175	54.37	12.62
149	23.27	2.36	176	55.47	13.17

Estas curvas se han determinado mediante un análisis de las elevaciones obtenidas a partir de un Modelo de Elevación Digital con paso de malla de 5 x 5 metros.

EMBALSE DE ISBERT (NUEVO). CURVAS CARACTERÍSTICAS



4.2. Dimensionamiento del embalse

El dimensionamiento del embalse se ha efectuado mediante el siguiente esquema:

1. Elaboración de un estudio de máximas avenidas del río Girona hasta obtener los hidrogramas de avenida asociados a los distintos periodos de retorno, tal y como se muestra en el Anejo 4.
2. Cuantificación del objetivo; esto es, disminución de la probabilidad de inundaciones aguas abajo.
3. Dimensionamiento, a partir de los dos puntos anteriores, del embalse, órganos de desagüe y del aliviadero de superficie de la presa. Ello se realiza mediante la simulación del paso de las distintas avenidas obtenidas en el punto nº 1, para distintas alternativas de volumen de embalse (y por tanto altura de presa) y de órganos de desagüe, hasta alcanzar el objetivo marcado en el punto nº 2.

La observación de documentos previos en el Plan Director contra Avenidas permite establecer que la máxima cota que debe alcanzar el agua durante el paso de las avenidas de cálculo debe encontrarse cercana a la 175,00 m.s.n.m. por razones de ajustarse a un óptimo coste-beneficio. Además, tal y como ya se ha comentado, el fin principal del embalse de Isbert es la defensa contra inundaciones y por tanto, no es objetivo del mismo retener agua durante largos periodos.

El embalse y sus principales órganos de desagüe se han dimensionado según los siguientes preceptos:

- El río Girona, durante los episodios de avenida, debe ver reducido al máximo los caudales transportados, procurando en la medida de lo posible no sobrepasar el caudal que puede transitar por el cauce aguas abajo de la actuación para periodos de retorno inferiores a 500 años.
- Durante el paso de las avenidas de cálculo, la capacidad de desagüe del embalse debe ser tal que se verifiquen las disposiciones del Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses en lo relativo a los resguardos, al objeto de garantizar la seguridad de la estructura.

Con ello y debido a la peculiaridad de explotación de una presa agujero es necesario establecer los siguientes aspectos:

1. El Nivel Mínimo de Operación se establece a la cota del aliviadero inferior.
2. No es posible la aplicación de la definición de Nivel Máximo Normal que establece la Normativa, por tanto se establece el Nivel Máximo Normal del embalse en avenidas a la cota inferior de los aliviaderos superiores.
3. El volumen almacenado entre el N.M.N. y el NMO es el volumen útil del embalse para laminación.
4. El máximo nivel de agua que puede alcanzar el embalse durante el paso de las máximas avenidas. Esta cota se ha dispuesto, como ya se ha comentado, en el entorno de la cota 175,00 m, aunque no existe ningún condicionante aguas arriba que obligue a establecer un nivel restrictivamente.

5. El establecimiento, a partir de lo comentado en los dos epígrafes anteriores, de la capacidad de desagüe necesaria para producir la mayor laminación posible de las avenidas y para el control de los niveles de embalse según lo dispuesto en el Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses, al objeto de asegurar la seguridad de la estructura.

Así, el dimensionamiento del embalse y sus principales órganos de desagüe, debe ser tal que durante el paso de una determinada avenida priorice los objetivos de la siguiente manera:

- A. Para avenidas pequeñas (y por tanto más frecuentes), esto es, que propicien niveles de carga bajos sobre la estructura, se pretende una máxima reducción de los caudales de salida de la presa respecto de los de entrada. La capacidad de desagüe para niveles de embalse bajos debe ser, por tanto, pequeña.
- B. Para avenidas importantes (y por tanto menos frecuentes), esto es, que propicien niveles de embalse elevados, además, de producir una importante reducción de los caudales de salida de la presa respecto de los de entrada, se debe asegurar la seguridad de la estructura mediante un máximo control de los niveles de embalse. La capacidad de desagüe para niveles de embalse altos debe ser, por tanto, elevada.

La solución planteada en el Plan de Defensa consiste en una presa con dos agujeros circulares de 2.00 metros de diámetro con el eje a la cota 121.00 msnm como desagües profundo y; un aliviadero de superficie de 60.00 metros de longitud divididos en cuatro vanos, con el labio del mismo a la cota 170.00 msnm.

En base al primero de los preceptos nombrados anteriormente, se toma en consideración las avenidas de periodos de retorno de 200 y 500 para hacer un estudio preliminar de volúmenes de embalse frente a caudales desaguados, incluyéndose en la tabla siguiente los valores numéricos de volumen de embalse y altura de presa necesaria para laminar las citadas crecidas con unos caudales de salida de 100, 200 o 300 m³/s, compatibles con el cauce aguas abajo.

Tabla 5: Alturas de presa y volúmenes de embalse para distintas hipótesis de caudal punta de salida en periodos de retorno bajos.

Periodo de Retorno	200			500		
Caudal punta (m ³ /s)	100	200	300	100	200	300
Altura de presa (m)	42.4	38.4	35.3	48.8	44.7	41.5
Volumen de embalse (Hm ³)	11.63	9.32	7.53	14.2	11.9	10.3

Dada la escasa variación de altura de presa entre unas hipótesis y otras, se ha adoptado como hipótesis de trabajo una presa de 49 m. de altura sobre el cauce, que permite un embalse de 14 hm³ que lamina la avenida de 500 años desaguando un caudal punta de salida de 200 m³/s.

Partiendo de esta solución y con objeto de mejorar la solución presentada en el estudio del Plan Director contra Avenidas, se han llevado a cabo un centenar de diferentes simulaciones, en las que se han ido variando tanto las dimensiones de los órganos de desagüe (aliviaderos, aliviaderos intermedios y desagües profundos) como la cota de los mismos, a fin de conseguir la laminación requerida y la cota máxima de lámina de agua en el embalse que fija la cota de coronación.

En la citada tabla, junto a algunas de las estudiadas que podrían ser aptas, se establece la solución más adecuada, y que es la que se va a justificar en los siguientes apartados.

Tabla 6: Simulaciones de paso de avenidas para distintas configuraciones de órganos de desagüe y alivio.

									T5.000			T1000			T500			T100			
	ALIVIADERO PRINCIPAL		ALIVIADERO SEGURIDAD		AGUJERO		AGUJERO		Qp entrada [m3/s]	1847	LAMIN	Qp entrada [m3/s]	1344	LAMIN	Qp entrada [m3/s]	1149	LAMIN	Qp entrada [m3/s]	734	LAMIN	
	L [m]	cota [msnm]	L [m]	cota [msnm]	cota [msnm]	Sup. [m2]	cota [msnm]	Sup. [m2]	Qp salida [m3/s]	Cota [msnm]		Qp salida [m3/s]	Cota [msnm]		Qp salida [m3/s]	Cota [msnm]		Qp salida [m3/s]	Cota [msnm]		
SIMULACIÓN 1	60	170	-	-	-	-	124	6.24	1478.8	174.8	20%	740.1	172.9	45%	392.6	171.7	66%	142.5	163.2	81%	0.617
SIMULACIÓN 2	50	170	-	-	-	-	126	8	1352.2	174.7	27%	655.8	172.6	51%	365.5	171.4	68%	164.6	162.10	78%	0.634
SIMULACIÓN 3	40	170	-	-	-	-	126	8	1282.3	175.3	31%	622.8	172.8	54%	350.2	171.5	70%	158.1	163.4	78%	0.651
SIMULACIÓN 4	40	170	-	-	-	-	126	12	1207.9	174.9	35%	515.6	172.1	62%	279.0	169.5	76%	240.9	158.4	67%	0.653
SIMULACIÓN 5	40	170	-	-	162	20	126	8	1212.7	175.3	34%	576.4	172.1	57%	350.9	169.9	69%	168.5	161.7	77%	0.657
SIMULACIÓN 6	30	170	10	172.5	162	20	126	8	1249.9	175.1	32%	576.2	172.2	57%	350.9	169.9	69%	168.5	161.7	77%	0.654
SIMULACIÓN 7	30	170	40	173	160	8	126	4	1467.0	175.7	21%	705.1	173.8	48%	426.5	172.5	63%	138.8	165.2	81%	0.614
SIMULACIÓN 8	30	170.5	40	172.5	-	-	126	8	1329.8	175.3	28%	581.3	173.3	57%	293.1	171.9	74%	168.6	161.7	77%	0.666
SIMULACIÓN 9	30	170	20	172.5	-	-	126	8	1278.9	175.5	31%	581.9	173.1	57%	320.5	171.6	72%	168.6	161.7	77%	0.661
SIMULACIÓN 10	20	170	40	172	-	-	126	8	1314.5	175.4	29%	583.1	173.3	57%	295	171.8	74%	168.6	161.7	77%	0.666
SIMULACIÓN 11	40	170.5	20	171.5	130	8	126	4	1301.0	174.8	30%	548.2	172.5	59%	404.2	172.3	65%	119.6	165.3	84%	0.662
SIMULACIÓN 12	40	170	20	171.5	150	8	126	4	1467.8	175.0	21%	722.2	173	46%	425.2	171.8	63%	180.3	160.5	75%	0.592
SIMULACIÓN 13	17	168	40	172	-	-	126	10.5	1289.6	174.8	30%	582.9	171.6	57%	336.8	170.1	71%	209.6	160	71%	0.636
DEFINITIVA	30	170.5	30	172.5	-	-	126	8	1308.4	175.5	29%	576.1	173.3	57%	293.7	171.9	74%	168.6	161.7	77%	0.668

En la anterior tabla, se puede observar que se presentan un total de 14 simulaciones válidas de entre el centenar que han sido realizadas.

Para evitar tener un gran número de datos de difícil tratamiento, se han simulado únicamente las siguientes avenidas:

- T 5.000 años, como avenida extrema de la presa.
- T 1.000 años, como avenida de diseño de la presa.
- T 500 años, como avenida de comprobación de alto periodo de retorno (PATRICOVA).
- T 100 años, como avenida de comprobación de bajo periodo de retorno (PATRICOVA).

Y como resultado se han obtenido caudales de salida para cada periodo de retorno, que al combinarlos con los caudales entrantes se obtienen porcentajes de laminación. Dado que es complicado con estos valores determinar la solución óptima al problema que nos ocupa, y que no es otro que determinar la mejor configuración de órganos de alivio para laminación de avenidas; es necesario el establecimiento de alguna herramienta que ayude a la decisión, en este caso se define un índice de laminación para cada una de las soluciones que se obtiene como:

$$I_{\text{lamin}} = 0.7(0.5 \cdot \%Lamin_{T500} + 0.5 \cdot \%Lamin_{T100}) + 0.3(0.6 \cdot \%Lamin_{T1000} + 0.4 \cdot \%Lamin_{T5000})$$

Siendo mejor la laminación cuando mayor es este índice.

Realizados los cálculos hidráulicos, tal y como se muestra en el anejo 6, se han obtenido los siguientes niveles característicos de la presa y su embalse:

- Cota del umbral del Aliviadero A3 o desagüe de fondo: 126,00 m
- Cota del umbral del Aliviadero A2 170,50 m
- Cota del umbral del Aliviadero A1 172,50 m

La tipología de los órganos de desagüe es la siguiente:

- A. Aliviadero inferior o Agujero (A3). De funcionamiento en carga y no regulado, con dos conductos de sección rectangular de 1,75 x 2,00 metros.
- B. Aliviaderos de superficie principal (A2). De funcionamiento en lámina libre según un vertedero tipo Bradley, con el umbral a la cota 170,50 m. Dos vanos de 15,00 m de longitud cada uno de ellos.
- C. Aliviaderos de superficie de seguridad (A1). De funcionamiento en lámina libre según un vertedero tipo Bradley, con el umbral a la cota 172,50 m. Dos vanos de 15,00 m de longitud cada uno de ellos.

Esta disposición de los órganos de desagüe responde a lo comentado anteriormente; propiciando una máxima laminación de los caudales de entrada en avenidas de pequeña entidad y un mayor control de los niveles de embalse durante el paso de las avenidas extremas.

La distribución de los volúmenes de embalse con arreglo a estas cotas es la siguiente:

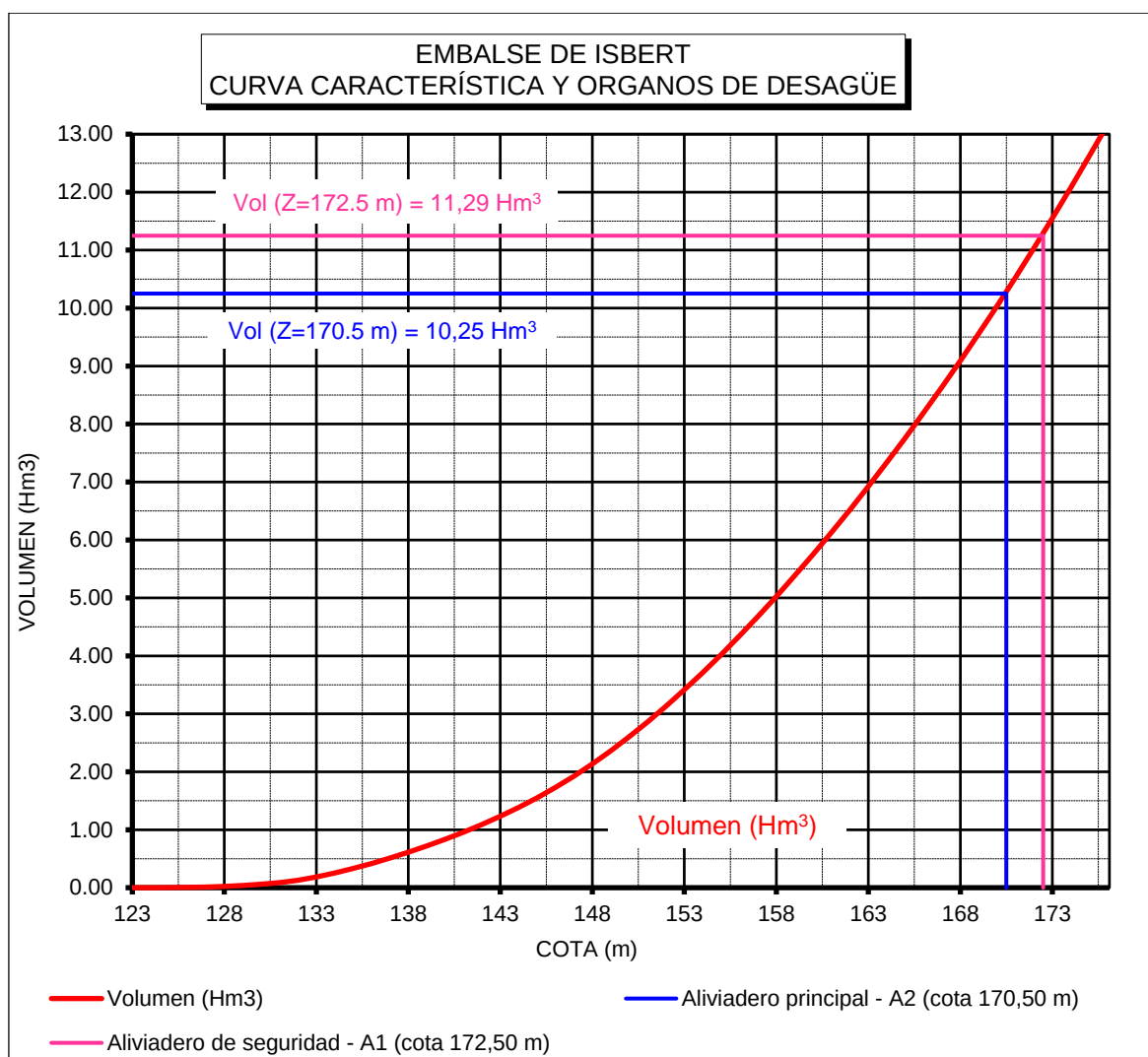


Figura 7: Curva característica y órganos de desagüe de la solución elegida.

Adicionalmente se ha estudiado la posibilidad de que en un futuro se planteara un cambio de uso en el embalse (a embalse de regulación) y se procediera a la instalación de compuertas en los conductos del agujero. Con esta modificación, se conseguiría una capacidad de regulación anual de unos 10 hm³, suficiente para las necesidades de las poblaciones cercanas, pero se perdería la capacidad de laminación de avenidas (máximo un 10 % frente a más de un 80% en la solución propuesta).

Se ha estudiado económicamente el incremento de preparar la infraestructura para el futuro cambio y se produce un incremento en el presupuesto de aproximadamente un 6%; pero debido a la geología del vaso, predominantemente margas permeables se considera esta una opción no viable y por tanto, únicamente es viable un embalse de laminación en la zona estudiada.

5. Posibles alternativas tipológicas

5.1. Generalidades

La selección inicial de las posibles alternativas se ha realizado, dada la geología existente, estudiando la viabilidad de las distintas tipologías. En principio, dado que el macizo de cimentación es suficientemente competente, no existen razones para invalidar ninguna de las posibles variantes tipológicas. Por lo que se va a analizar las siguientes tipologías:

- Gravedad de hormigón.
- Arco – Gravedad.
- Bóveda.
- Materiales sueltos, en sus distintas tipologías.
- Mixta.

Por ello, las que inicialmente deben descartarse deben ser aquéllas que por sus propias características resultan desfavorables económicamente, y que suelen ser seleccionadas cuando las presas de fábrica se descartan atendiendo a criterios geológicos.

En lo que se refiere a los condicionantes funcionales las tipologías anteriores son indiferentes en lo que se refiere al volumen de embalse, pero en lo que se refiere a la colocación del desagüe de fondo y aliviadero tienen ventaja las presas de hormigón respecto de las de materiales sueltos, al ser estos elementos mucho más cortos y no necesitar hormigón adicional en las primeras y sí en las segundas.

En efecto, las presas de materiales sueltos se estudian como posibles alternativas cuando se duda de la viabilidad de una presa de fábrica de hormigón. Hay que tener en cuenta que en el caso que nos ocupa, en el que el dimensionamiento del embalse da lugar a que existan hasta tres aliviaderos distintos.

En efecto, en una presa de materiales sueltos, ya sea de núcleo arcilloso o de pantalla, estos tres aliviaderos deberían disponerse independizados del cuerpo de presa en las laderas de la cerrada, de tal manera que la obra queda notablemente penalizada a nivel económico. En las presas de hormigón la presa se constituye en presa vertedero, alojando los elementos de alivio sobre el cuerpo de presa.

Los condicionantes constructivos dan ventaja a las presas de hormigón respecto a las de materiales sueltos en los que se refiere a la disposición del desagüe de fondo y del aliviadero; la presa de materiales sueltos homogénea es la que peores condiciones tiene donde este punto de vista, pues obliga a disponer una conducción bastante larga para el primero, y un túnel también bastante largo para el segundo.

Los elementos impermeabilizantes en las presas de materiales sueltos pueden ser pantalla de hormigón o asfáltica o núcleo asfáltico o arcilloso en las presas de escollera. En las presas de escollera con pantalla se prefiere la pantalla de hormigón frente a la asfáltica, puesto que existe más experiencia en el primer tipo y la pantalla asfáltica necesita un talud más tendido, lo que equivale a más volumen de material; y el núcleo asfáltico necesita todavía más material por razones de estabilidad estructural, al tener el agua en la mitad de la presa y con un empuje horizontal (si el núcleo es vertical o sensiblemente vertical), existiendo el hecho adicional que la construcción de este tipo de núcleo está limitado en un número escaso de empresas en el mundo. Por tanto, debido al mayor coste económico y medioambiental de las tipologías de materiales sueltos estas se descartan para un estudio posterior en detalle.

Como posibilidad para situar los desagües y aliviaderos sobre el cuerpo de la presa, está una tipología mixta con la parte del cauce de gravedad de hormigón, donde se situarían los aliviaderos y uno o ambos estribos de materiales sueltos. Esta tipología es apropiada para cerradas de gran longitud, pero dado que existen aproximadamente 250 metros de longitud libre sin aliviaderos, es una tipología que no es apropiada para la presa que nos ocupa y por tanto, se descarta también para el estudio posterior en detalle.

Dentro de las tipologías de hormigón, se da ventaja a las tipologías de planta recta o ligeramente curvada, ya que topográficamente la cerrada no presenta las características óptimas para la construcción de una presa de planta curva. Por otro lado, geológicamente no es muy habitual la construcción de presas bóveda sobre macizos calizos, debido a los esfuerzos que se inducen sobre el macizo.

Con ello se ha estimado oportuno estudiar dos alternativas de fábrica de hormigón de planta recta:

- Alternativa nº 1. Presa de gravedad de hormigón vibrado.
- Alternativa nº 2. Presa de gravedad de hormigón compactado con rodillo.

5.2. Alternativa nº 1. Presa de gravedad de hormigón vibrado

5.2.1. Cuerpo de presa

La presa proyectada es una presa de fábrica de hormigón convencional de planta recta y tiene una altura máxima, medida desde el punto más bajo de la cimentación de 59.1 m. Su eje longitudinal de replanteo, que coincide con la proyección horizontal del paramento de aguas arriba de la presa, es una recta sensiblemente ortogonal al cauce.

La presa tiene una longitud de coronación de 319.4 m, que se divide en un total de 17 bloques delimitados por juntas no inyectadas que se espacian, en los cinco bloques centrales, una distancia de 14 m y en los bloques laterales de 18 m. La numeración de los bloques se realiza con números pares en la margen derecha, del 2 al 22, y con impares en la izquierda, del 1 al 11. El bloque central es el cero.

La sección estructural de la presa queda definida por un perfil triangular, con el vértice resistente a la cota 175.35 m (definido éste como intersección de los dos paramentos de la presa en su parte superior). El paramento de aguas abajo presenta un talud 0.70 m en horizontal por cada metro vertical y el paramento de aguas arriba presenta un talud de 0.05 m en horizontal por cada metro vertical.

Sobre el perfil triangular se ubica el castillete de coronación, con una sección rectangular de 6.00 m de anchura arrancando desde la cota 166.75. Es rematado por dos voladizos de 1,00 m y 0.50 m de canto sobre los que se disponen las aceras de la carretera que discurre por encima de la presa.

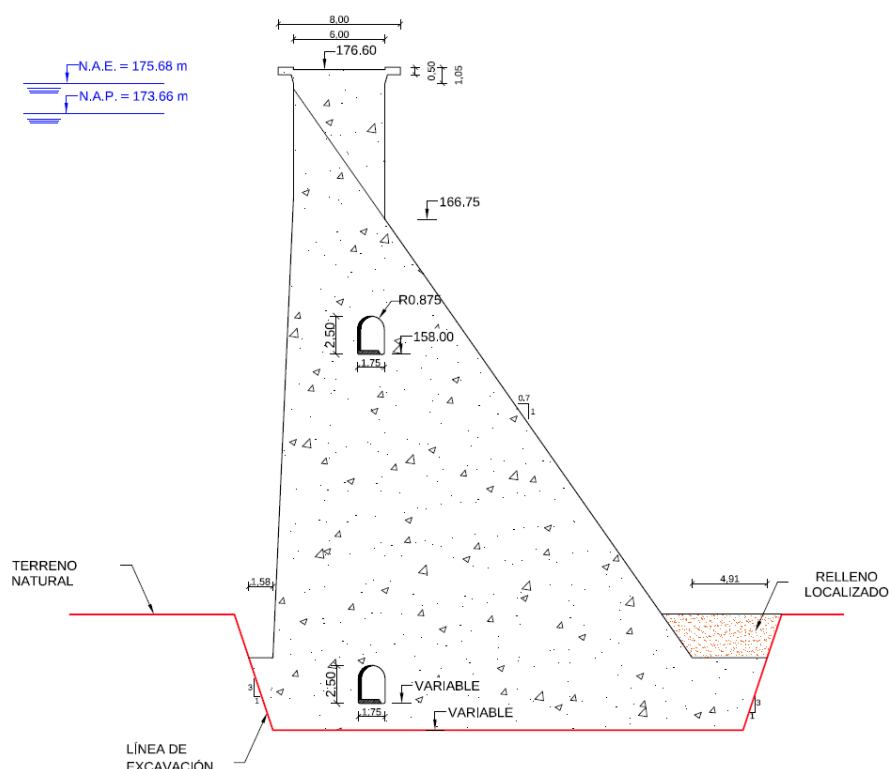


Figura 8: Sección tipo de la presa (I) por estribos.

Los cinco bloques centrales la presa de la albergan los distintos elementos hidráulicos: agujero o aliviadero 3, como desagüe de fondo en el bloque central o cero, aliviadero principal o aliviadero 2, con dos vanos dispuestos simétricamente respecto del eje de la presa y situados sobre los bloques 0 y 1 el izquierdo, y 0 y 2 el derecho, y el aliviadero de seguridad o aliviadero 1, lateralmente en a los vanos del aliviadero de seguridad en dos vanos, uno en la margen derecha en los bloques 2 y 4 y otro en la izquierda en los bloques 1 y 3.

La impermeabilización entre bloques se confía a una banda de PVC, de tipo Water – Stop, de 500 mm de anchura y ubicada a 40 cm del paramento de la presa, prolongándose contorneando la presa, al objeto de garantizar la impermeabilidad también en el aliviadero. Así mismo se ha dispuesto una banda de PVC de 500 mm contorneando a las galerías a 60 cm, en su intersección con las juntas de bloques.

La presa cuenta con una galería perimetral que discurre paralela al cimiento de la presa a 1.75 m de este. Además, cuenta con dos niveles de galerías horizontales. La primera de ellas a cota 128.75 m que da acceso a la cámara del Aliviadero inferior. Hay una segunda que discurre a cota 158.00 m.

5.2.2. Elementos hidráulicos

Se disponen como elementos hidráulicos dos aliviaderos superiores y un aliviadero inferior o agujero.

Se ha proyectado un aliviadero inferior o agujero (A3) en el Bloque 0, de funcionamiento en lámina libre y en carga con el umbral a la cota 126,00 m.s.n.m. de tal manera que este fija el máximo nivel del embalse durante los periodos de explotación ordinaria.

La sección de control facilita, mediante un perfil de despegue, un cambio de régimen hidráulico, de funcionamiento en carga a funcionamiento en lámina libre, para posteriormente enlazar con el canal de descarga, en el paramento de aguas debajo de la presa, que evacua los caudales hasta el cuenco amortiguador.

Como aliviadero principal o A2 se ha proyectado un aliviadero de labio fijo, con el umbral a la cota 170,50 m, compuesto por dos módulos o vanos de 15,00 m de anchura cada uno de ellos, que se disponen simétricamente respecto del eje de presa.

El escarpe del vertedero, mediante el cual los módulos enlazan con los vanos laterales del canal de descarga, se ha diseñado mediante un perfil BRADLEY (parábola de grado 1,85) para una lámina de diseño de 4,00 m y tangente a la solera del canal (paramento de aguas abajo de la presa).

El aliviadero seguridad o A1 se ha diseñado con el objetivo de controlar los máximos niveles de embalse durante el paso de la avenida extrema. Con ello, se ha proyectado un aliviadero de labio fijo, con el umbral a la cota 172,50 m, compuesto por dos módulos o vanos de 15,00 m de anchura cada uno de ellos, que se disponen simétricamente respecto del eje de presa.

El escarpe del vertedero, mediante el cual los módulos enlazan con los vanos laterales del canal de descarga, se ha diseñado mediante un perfil BRADLEY para una lámina de diseño de 2,00 m y tangente a la solera del canal (paramento de aguas abajo de la presa).

Ambos aliviaderos, una vez su canal de descarga es tangente al paramento de la presa, discurren por un único canal de descarga con una anchura constante de 63,00 m, un talud de 0,70 H / 1,00 V coincidente con el del paramento de aguas debajo de la presa y una longitud de 54,01 m, para enlazar con el cuenco amortiguador tipo USCE, para restituir los caudales al río.

5.2.3. Presupuesto

El presupuesto aproximado para ésta solución de presa es el que se muestra en la tabla 7:

Tabla 7: Presupuesto aproximado de la solución I: Hormigón Vibrado.

SOLUCIÓN DE PRESA HV			
Unidades	Medición	Precio Unitario (€)	Parciales (€)
1. PRESA			
Excavación (m3)	103.500,00	10,00	1.035.000,00
Hormigón HV (m3)	222.810,60	100,00	22.281.059,74
Acero en redondos B500SD (kg)	161.187,88	1,15	185.366,06
Encofrado Plano oculto (m2)	14.126,16	28,00	395.532,48
Encofrado Plano visto (m2)	22.753,68	38,70	880.567,42
Encofrado curvo visto (m2)	2.577,85	40,00	103.114,00
Banda PVC 500 mm (m)	1.027,70	25,00	25.692,50
Tablero de vigas pretesas en puente sobre aliviadero (m2)	360,00	2.000,00	720.000,00
Auscultación	1,00	215.000,00	215.000,00
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL			25.841.332,20 €

5.3. Alternativa nº 2. Presa de gravedad de hormigón compactado con rodillo.

5.3.1. Cuerpo de presa

La presa proyectada es una presa de fábrica de hormigón compactado con rodillo y vibrado (HCR-V) de planta recta y tiene una altura máxima, medida desde el punto más bajo de la cimentación de 59.1 m. Su eje longitudinal de replanteo, que coincide con la proyección horizontal del paramento de aguas arriba de la presa, es una recta sensiblemente ortogonal al cauce.

La presa tiene una longitud de coronación de 319.4 m, su sección estructural de la presa queda definida por un perfil triangular, con el vértice resistente a la cota 175.35 m (definido éste como intersección de los dos paramentos de la presa en su parte superior). El paramento de aguas abajo presenta un talud 0.75 m en horizontal por cada metro vertical y el paramento de aguas arriba presenta un talud de 0.05 m en horizontal por cada metro vertical.

El paramento de aguas abajo se presenta escalonado, debido a las distintas tongadas de hormigón, con escalones de 1.20 metros que engloban un conjunto de 4 tongadas de 30 centímetros.

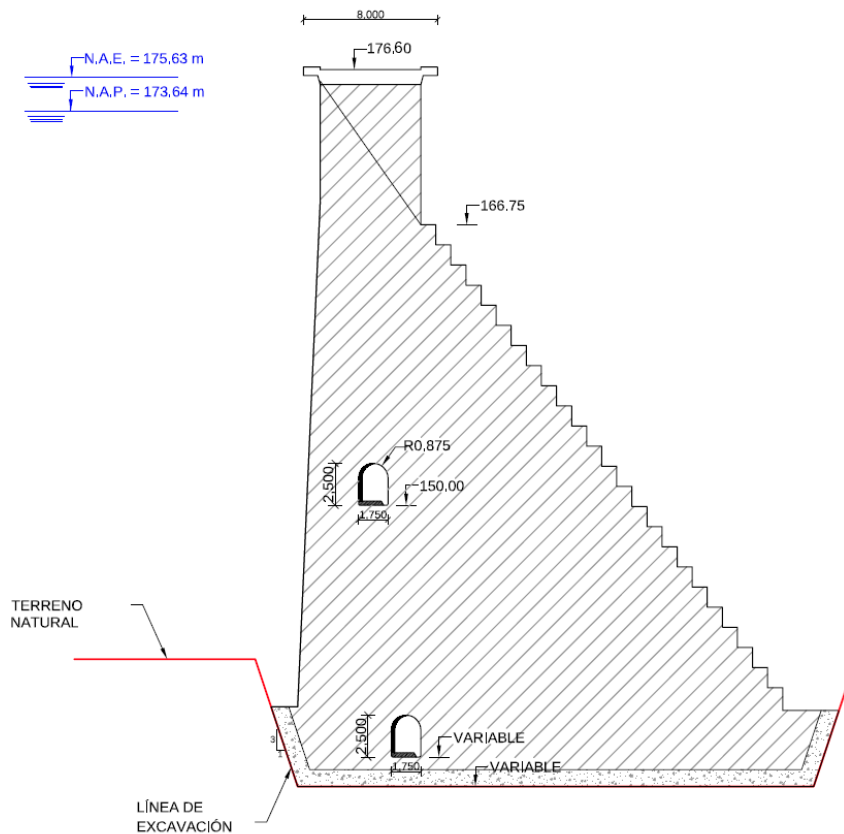


Figura 9: Sección tipo de la presa (II) por estribos.

Sobre el perfil triangular se ubica el castillete de coronación, con una sección trapezoidal de 6.00 m de anchura en su parte superior arrancando desde la cota 164.20. Es rematado por dos voladizos de 1,00 m y 0.50 m de canto sobre los que se disponen las aceras de la carretera que discurre por encima de la presa.

La presa se divide en un total de 17 bloques delimitados por juntas transversales no inyectadas que se espacian, en los cinco bloques centrales, una distancia de 14 m y en los bloques laterales de 18 m. La numeración de los bloques se realiza con números pares en la margen derecha, del 2 al 22,

y con impares en la izquierda, del 1 al 11. El bloque central es el cero, el cual hasta la cota 133.00 m.s.n.m. se construye con hormigón vibrado debido a la complejidad de los encofrados que albergan el aliviadero inferior.

La presa cuenta con una galería perimetral prefabricada que discurre paralela al cimientado de la presa a 1.75 m de este. Además, cuenta con dos niveles de galerías horizontales, prefabricadas también. La primera de ellas a cota 128.75 m que da acceso a la cámara del Aliviadero Inferior. Hay una segunda que discurre a cota 158.00 m.

5.3.2. Elementos hidráulicos

Se disponen como elementos hidráulicos dos aliviaderos superiores y un aliviadero inferior o agujero.

La sección de control facilita, mediante un perfil de despegue, un cambio de régimen hidráulico, de funcionamiento en carga a funcionamiento en lámina libre, para posteriormente enlazar con el canal de descarga, en el paramento de aguas debajo de la presa, que evacua los caudales hasta el cuenco amortiguador.

Como aliviadero principal o A2 se ha proyectado un aliviadero de labio fijo, con el umbral a la cota 170,50 m, compuesto por dos módulos o vanos de 15,00 m de anchura cada uno de ellos, que se disponen simétricamente respecto del eje de presa.

El escarpe del vertedero, mediante el cual los módulos enlazan con los vanos laterales del canal de descarga, se ha diseñado mediante un perfil BRADLEY (parábola de grado 1,85) para una lámina de diseño de 4,00 m y tangente a la solera del canal (paramento de aguas abajo de la presa).

El aliviadero seguridad o A1 se ha diseñado con el objetivo de controlar los máximos niveles de embalse durante el paso de la avenida extrema. Con ello, se ha proyectado un aliviadero de labio fijo, con el umbral a la cota 172,50 m, compuesto por dos módulos o vanos de 15,00 m de anchura cada uno de ellos, que se disponen simétricamente respecto del eje de presa.

El escarpe del vertedero, mediante el cual los módulos enlazan con los vanos laterales del canal de descarga, se ha diseñado mediante un perfil BRADLEY para una lámina de diseño de 2,00 m y tangente a la solera del canal (paramento de aguas abajo de la presa).

Ambos aliviaderos, una vez su canal de descarga es tangente al paramento de la presa, discurren por un único canal de descarga escalonado con una anchura constante de 63,00 m, un talud de 0,75 H / 1,00 V coincidente con el del paramento de aguas debajo de la presa, para enlazar con el cuenco amortiguador tipo USBR, para restituir los caudales al río.

5.3.3. Presupuesto

El presupuesto aproximado para ésta solución de presa es el que se muestra en la tabla 8:

Tabla 8: Presupuesto aproximado de la solución II: Hormigón Compactado con Rodillo.

SOLUCIÓN DE PRESA HCR			
Unidades	Medición	Precio Unitario (€)	Parciales (€)
1. PRESA			
Excavación (m3)	107.640,00	10,00	1.076.400,00
Hormigón HV (m3)	17.165,00	100,00	1.716.500,00
Hormigón HCR (m3)	219.357,62	90,00	19.742.185,64
Acero en redondos B500SD (kg)	161.187,88	1,15	185.366,06
Encofrado Plano visto (m2)	29.882,27	38,70	1.156.443,70
Tablero de vigas pretensas en puente sobre aliviadero (m2)	360,00	2.000,00	720.000,00
Auscultación	1,00	215.000,00	215.000,00
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL			24.366.320,44 €

5.4. Comparativa entre alternativas

La comparativa entre las alternativas se plantea desde un enfoque multicriterio cuyos aspectos a tratar son los siguientes:

- Comportamiento estructural.
- Seguridad.
- Coste.
- Afección medioambiental.

A nivel estructural ambas infraestructuras presentan un comportamiento similar al tratarse de tipologías de gravedad y que por tanto, resisten por su propio peso el empuje de las aguas, sin que exista un efecto de transmisión lateral de tensiones a los estribos como en el caso de presas con formas curvas.

Ambas alternativas se han diseñado con un nivel de seguridad hidráulica y estructural similar, si bien es cierto, que por su forma de construcción la alternativa de hormigón compactado con rodillo es más permeable que la de hormigón vibrado.

Económicamente resulta ligeramente más ventajosa la alternativa II debido al menor coste de ejecución del hormigonado de la presa (cerca de 1 M€).

En cuanto a la afección medioambiental, si bien en fase de explotación los efectos ambientales que se producen son muy similares, en la fase de construcción se genera sustancialmente una menor afección con la solución de hormigón vibrado al ser necesaria una menor afección territorial para las instalaciones de fabricación del hormigón que con la solución de hormigón compactado con rodillo; por tanto, la alternativa II presenta una mayor afección medioambiental.

De esto se deduce que la alternativa óptima de tipología de presa es la presa de **Gravedad de Hormigón Vibrado**, es decir la alternativa nº 1, ya que la ventaja económica que presenta la alternativa de hormigón compactado, se entiende que no compensa el mayor daño medioambiental, el cual verá incrementado el coste total de la obra debido a la restauración medioambiental.

6. Solución desarrollada

6.1. Cuerpo de presa

La presa proyectada es una presa de fábrica de hormigón convencional de planta recta y tiene una altura máxima, medida desde el punto más bajo de la cimentación de 59.6 m. Su eje longitudinal de replanteo, que coincide con la proyección horizontal del paramento de aguas arriba de la presa, es una recta sensiblemente ortogonal al cauce.

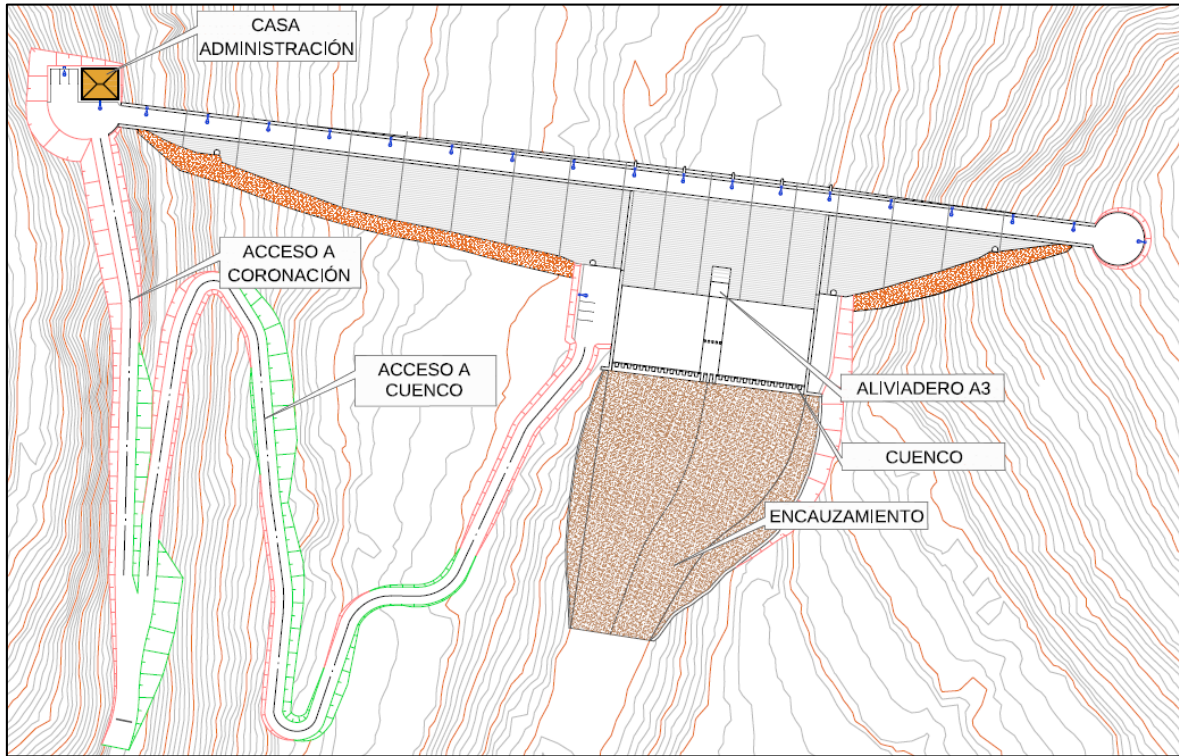


Figura 10: Planta de la presa (I)

La presa tiene una longitud de coronación de 319.4 m, que se divide en un total de 17 bloques delimitados por juntas encofradas no inyectadas que se espacian, en los cinco bloques centrales, una distancia de 14 m y en los bloques laterales de 18 m, excepto los bloques extremos con una longitud de 20.5 y 29.835 metros para los estribos derecho e izquierdo respectivamente. La numeración de los bloques se realiza con números pares en la margen derecha, del 2 al 22, y con impares en la izquierda, del 1 al 11. El bloque central es el cero.

A continuación se muestra un perfil longitudinal visto desde aguas arriba.

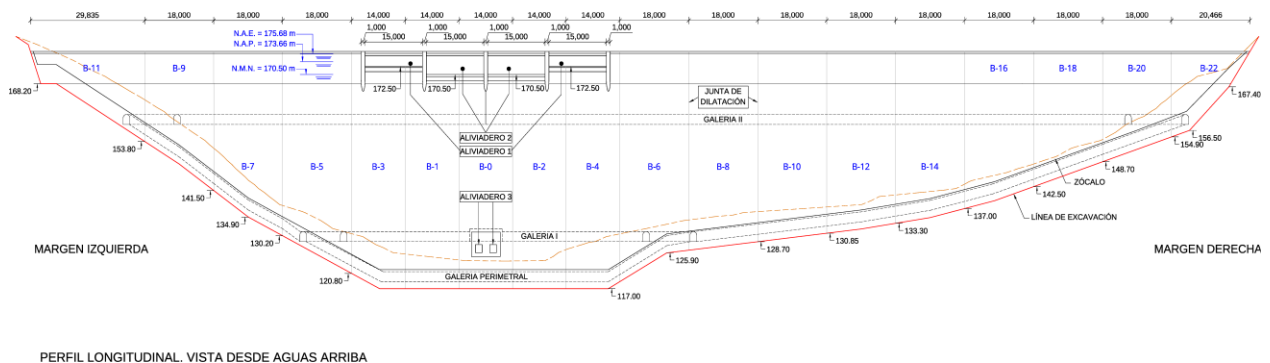


Figura 11: Alzado de la presa (I) desde Aguas Arriba.

La sección estructural de la presa queda definida por un perfil triangular, con el vértice resistente a la cota 175.35 m (definido éste como intersección de los dos paramentos de la presa en su parte superior). El paramento de aguas abajo presenta un talud 0.70 m en horizontal por cada metro vertical y el paramento de aguas arriba presenta un talud de 0.05 m en horizontal por cada metro vertical.

Sobre el perfil triangular se ubica el castillete de coronación, con una sección rectangular de 6.00 m de anchura arrancando desde la cota 166.75. Es rematado por dos voladizos de 1,00 m y 0.50 m de canto sobre los que se disponen las aceras de la carretera que discurre por encima de la presa.

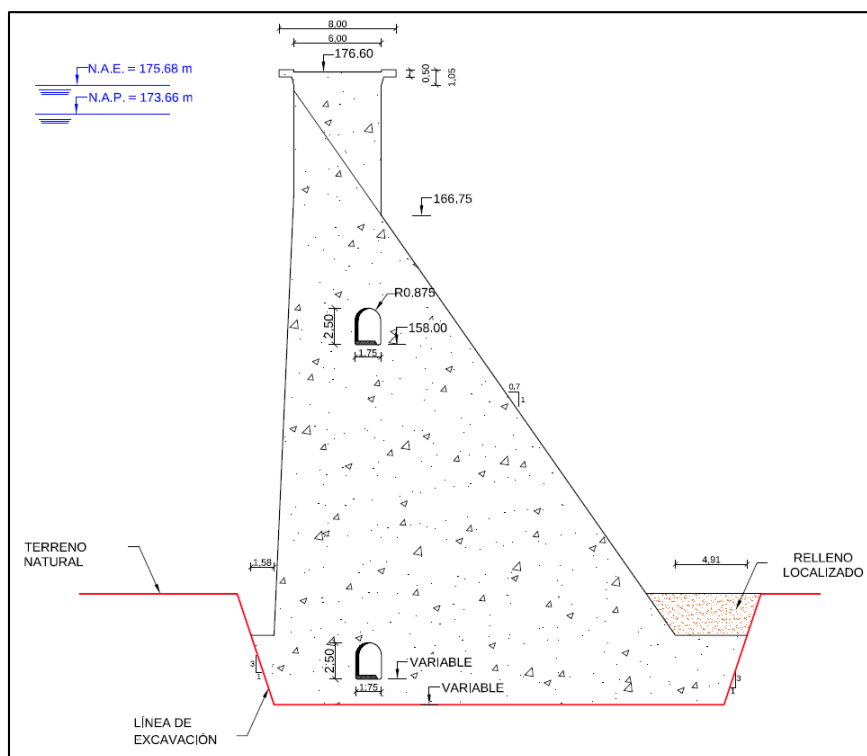


Figura 12: Sección tipo de la presa (I) por estribos.

Los cinco bloques centrales la presa de la albergan los distintos elementos hidráulicos: agujero o aliviadero 3, como desagüe de fondo en el bloque central o cero, aliviadero principal o aliviadero 2, con dos vanos dispuestos simétricamente respecto del eje de la presa y situados sobre los bloques 0 y 1 el izquierdo, y 0 y 2 el derecho, y el aliviadero de seguridad o aliviadero 1, lateralmente en a los vanos del aliviadero de seguridad en dos vanos, uno en la margen derecha en los bloques 2 y 4 y otro en la izquierda en los bloques 1 y 3.

La impermeabilización entre bloques se confía a una banda de PVC, de tipo Water – Stop, de 500 mm de anchura y ubicada a 40 cm del paramento de la presa, prolongándose contorneando la presa, al objeto de garantizar la impermeabilidad también en el aliviadero. Así mismo se ha dispuesto una banda de PVC de 500 mm contorneando a las galerías a 60 cm, en su intersección con las juntas de bloques.

El control de los dispositivos, así como el acceso a las distintas instalaciones se realiza mediante dos niveles de galería horizontal (a cotas 128,75 y 158,00 m), además de la perimetral, que discurre a 1,75 m de la cimentación de la presa, salvo en la zona central, en donde discurre horizontalmente a la cota 118,75 m.

El escarpe posee el umbral a la cota 172,50 m. Por aguas arriba del umbral, el referido escarpe adopta un perfil de un cuarto de elipse de semiejes 1,50 y 1,00 m. Por aguas abajo del umbral, la geometría del referido escarpe responde, por una parte a formas hidráulicamente adecuadas (perfiles hidrodinámicos que eviten el despegue de la lámina vertiente) y por otra se adapta a la geometría del canal de descarga, a la que tiene que ser tangente, que inicialmente tiene talud 0.7H/1V. Así, el escarpe se corresponde con un perfil Bradley, para una lámina de diseño de 2,00 m, según la siguiente expresión:

$$Y=0,277 \cdot X^{1.85}$$

El canal de descarga se ubica en prolongación de la embocadura y utiliza el paramento de la presa para tal fin y está encajado por muros – cajero. Los muros – cajero tienen una altura medida perpendicularmente al canal de descarga de 2,10 m.

La estructura terminal del aliviadero consiste en un cuenco amortiguador tipo USACE.

6.3.2. Aliviadero A2

El aliviadero de superficie A2 de la presa de Isbert se ubica sobre los bloques N° 0, 1 y 2 de la presa de tal manera que en esos bloques, la presa se constituye en vertedero evacuando los caudales, a través de un perfil, a un cuenco de resalto proyectado a tal efecto y ubicado en el pie de aguas abajo:

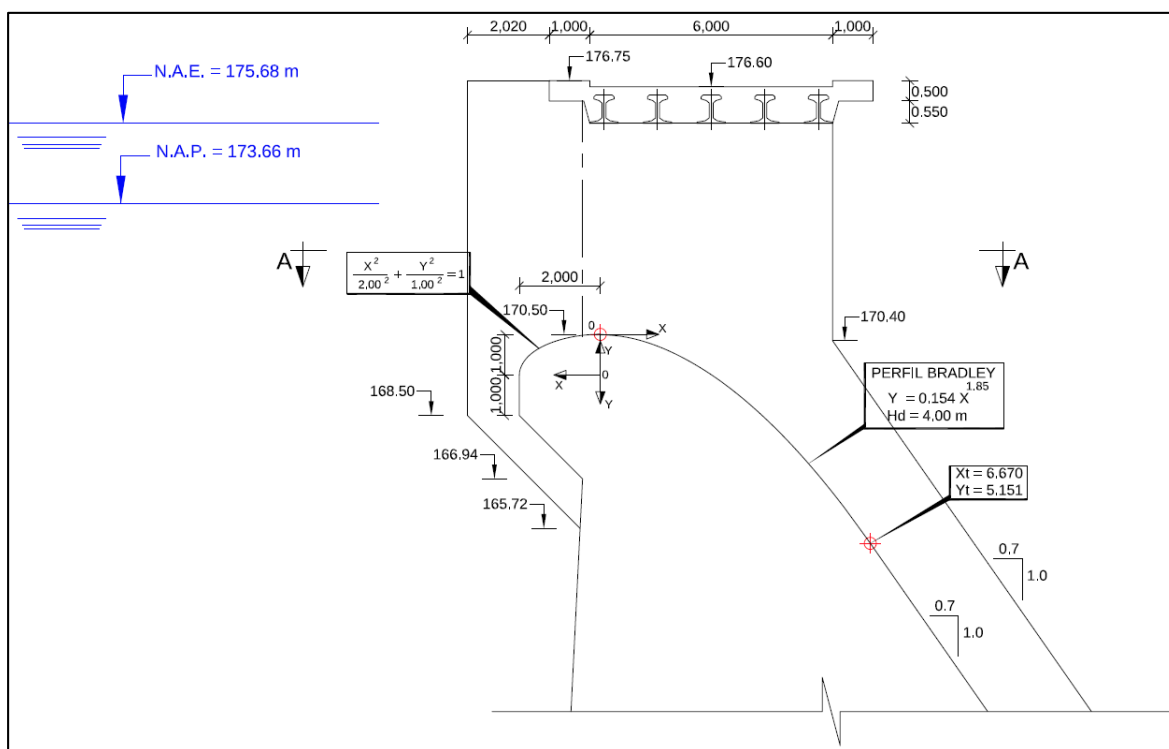


Figura 14: Sección tipo por el aliviadero A2.

La embocadura está formada por dos vanos de 15,00 m de longitud cada uno de ellos, delimitados por dos pilas - estribo que se han diseñado según formas hidrodinámicas al objeto de mejorar la alimentación desde el embalse y airear lateralmente la lámina de agua.

El escarpe posee el umbral a la cota 170,50 m. Por aguas arriba del umbral, el referido escarpe adopta un perfil de un cuarto de elipse de semiejes 2,00 y 1,00 m. Por aguas abajo del umbral, la geometría del referido escarpe responde, por una parte a formas hidráulicamente adecuadas

(perfiles hidrodinámicos que eviten el despegue de la lámina vertiente) y por otra se adapta a la geometría del canal de descarga, a la que tiene que ser tangente, que inicialmente tiene talud 0.7H/1V. Así, el escarpe se corresponde con un perfil BRADLEY, para una lámina de diseño de 4,00 m, según la siguiente expresión:

$$Y=0,154 \cdot X^{1.85}$$

El canal de descarga se ubica en prolongación de la embocadura y utiliza el paramento de la presa para tal fin y está encajado por muros – cajero. Los muros – cajero tienen una altura medida perpendicularmente al canal de descarga de 2,10 m.

La estructura terminal del aliviadero consiste en un cuenco amortiguador tipo USACE.

6.3.3. Aliviadero A3

El aliviadero inferior o agujero se establece mediante dos conducciones gemelas y dispuestas simétricamente respecto del eje del transversal de la presa en el bloque 0.

Las conducciones tienen funcionamiento lámina libre y en carga. Para el funcionamiento en carga, esta se produce desde los emboquilles en el paramento de aguas arriba de la presa, hasta las secciones de control, que se ubican inmediatamente aguas abajo. Esta sección de control se proyecta mediante un perfil de despegue, de tal manera a continuación, tiene lugar un cambio de régimen hidráulico para que el flujo discorra, por el interior de la presa, en lámina libre. De esta manera, el primer tramo de cada conducción, hasta la sección de control, es blindado, mientras que el segundo, en el que los caudales circulan en lámina libre es en galería. En planta, ambas conducciones son rectilíneas.

Las secciones de control tienen unas dimensiones rectangulares de 1,75 x 2,00 m, dimensiones éstas que se abren ampliamente por aguas arriba generando las embocaduras. El umbral se dispone a la cota 126,00 m. Por aguas abajo, las galerías de descarga poseen sección rectangular, con altura variable, puesto que si bien la clave de la galería se sitúa horizontal a la cota 128,00 m en toda la galería, la solera se corresponde con una parábola de segundo grado con el vértice en el umbral o sección de control. La anchura de la galería es, en la base, de 6,00 m. El perfil parabólico de la solera se prolonga hasta su salida al cuenco amortiguador a la cota 121,00 m.

A continuación se adjunta una figura del aliviadero inferior donde puede observarse la distribución:

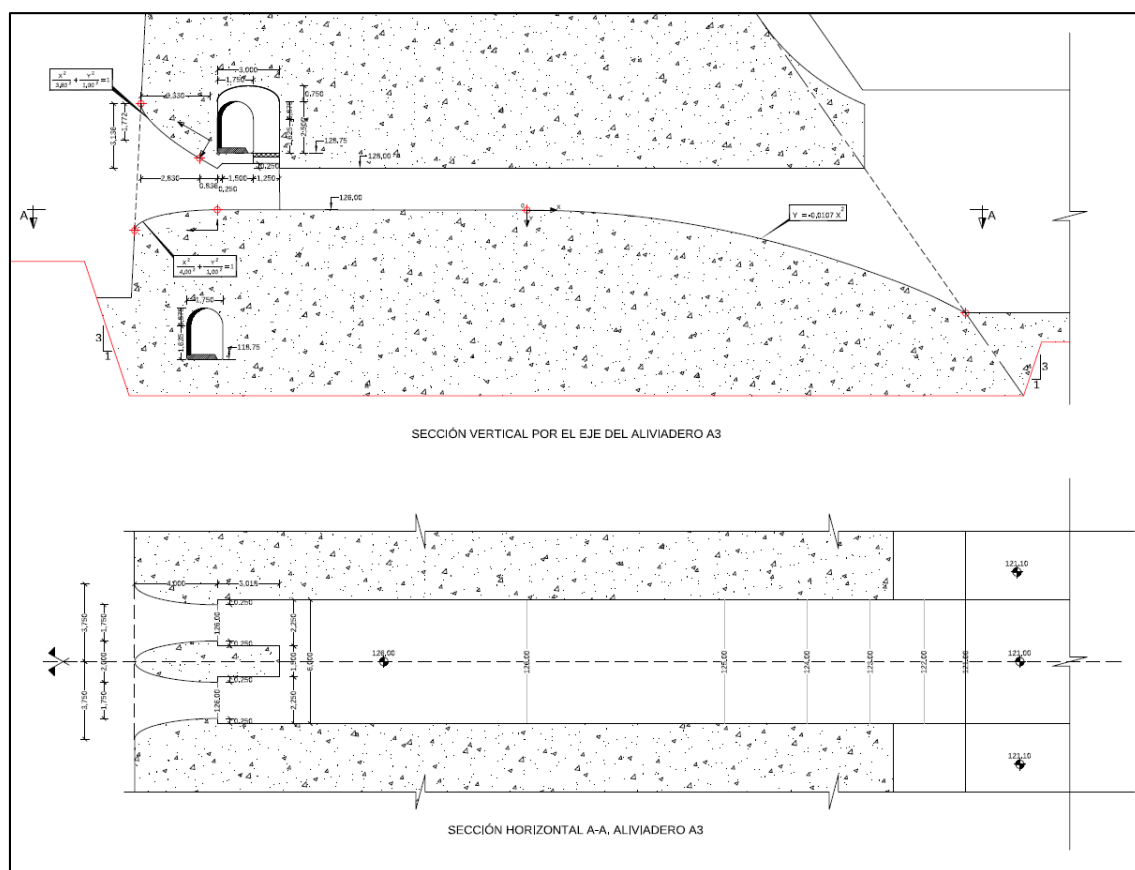


Figura 15: Detalle del Aliviadero 3.

6.3.4. Cuenco amortiguador

El cuenco amortiguador diseñado es del tipo USACE con umbral terminal, cuyas principales características son las siguientes:

Tabla 9: Resumen de características del cuenco amortiguador.

Característica	Dimensión	
Calado máximo en el cuenco	6.66	m.
Longitud del cuenco	28.0	m.
Espesor losa	1.5	m.
Deflectores:		
Altura	0.6	m.
Espesor	0.5	m.
Umbral:		
Altura	1.4	m.
Espesor	1.0	m.
Muros cajeros:		
Altura	10.3	m.
Ancho base	2.0	m.
Ancho coronación	1.0	m.

6.3.5. Desvío del río

Debido a que las aportaciones continuas del río Girona son nulas, no se prevé la realización de ningún desvío de río, únicamente durante la fase de obra se materializará con portillos en el cuerpo de presa sin repercusiones presupuestarias relevantes.

6.4. Caminos de acceso

Se han proyectado dos caminos, uno de acceso a coronación por el estribo derecho pasando por la Sala de Emergencia y otro que parte del mismo punto que este camino y llega a la plataforma derecha del cuenco amortiguador, ubicada a la cota 128 (desde donde también se accede a la Galería I).

La longitud del primer camino es de 140,00 m y la del segundo de 425,78 m.

Al ser caminos de acceso a las instalaciones y debido al tipo de vehículo a transitar por ellos así como su frecuencia, los caminos tendrán la consideración de agrícolas en cuanto al grupo y definiciones para ellos dado y por tanto se diseñan con un ancho de 5 metros y con un doble tratamiento superficial sobre 30 cm de zahorra artificial compactada al 95 % del Proctor Modificado, con una cuenta trapecial de 0,9 x 0,3 m.

Los mismos han sido proyectados según las siguientes características:

- $IMD < 50$.
- Carga máxima por eje de 5 T.
- Velocidad específica (V_E) = 30 Km/h.
- Ancho plataforma 5 m.
- No tiene arceres.
- Rampas máximas = 13,9%.
- Radios mínimos = 5,2 m.
- Doble sentido de circulación.
- Taludes desmontes $H = 3 / V = 1$.
- Taludes desmonte y terraplén $H = 3 / V = 2$.

Se adjunta a continuación la sección tipo de los caminos proyectados:

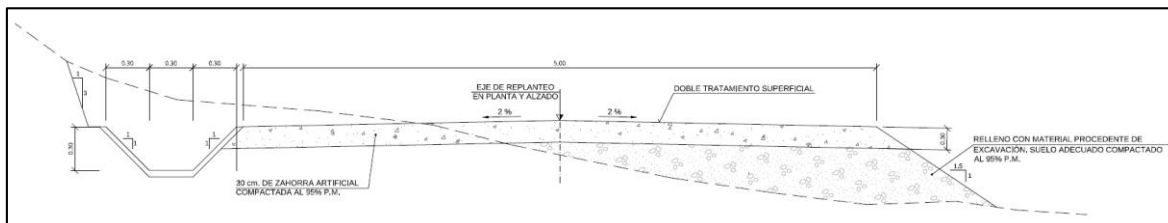


Figura 16: Sección tipo de los caminos de acceso.

6.5. Dispositivos de auscultación

La presa proyectada posee un total de tres niveles de galerías en el cuerpo de presa. Ello ofrece un gran abanico de posibilidades respecto del control de diversas magnitudes en distintas zonas. La selección de las mismas se ha realizado, dentro de este gran abanico, en función de las características particulares de la presa y sus elementos accesorios.

- Con relación a la auscultación hidráulica se prevén 2 aforadores zonales en el cuerpo de presa que midan las filtraciones recogidas por las canaletas de las galerías.
- Con relación a la auscultación tenso-deformacional:
 - Dos parejas de péndulo directo más inverso en los bloques tres y cuatro.
 - 18 miras para control topográfico a ubicar sobre cada bloque.
 - Tres bases fijas para auscultación topográfica en laderas.

- Ternas de control de juntas: Se instalarán en las juntas de las galerías para controlar el movimiento de los bloques. Un total de 34 ternas de control de juntas.
- Extensómetros de 3 varillas: Se instalarán un total de 12 extensómetros de 3 varillas en la cimentación de los bloques.
- Piezómetros eléctricos ubicados en profundidad. Se instalarán dos en la cimentación de cada bloque central (0, 1, 2, 3 y 4) y alternos en los bloques laterales, (8, 12 y 16 en la margen derecha y 7 en la margen izquierda). Un total de 18 piezómetros eléctricos de cuerda vibrante.
- Para el control térmico se instalarán los suficientes dispositivos que permitirán elaborar un adecuado mapa de isotermas. Para ello se contemplan 95 termoresistencias repartidas a lo largo de toda la presa.
- Para la medición de los terremotos se prevé la instalación de un acelerógrafo en coronación de la presa.

Finalmente se prevé la instalación de una estación meteorológica completa así como centralización y automatización de todo el sistema en un ordenador ubicado en la Sala de emergencia y conectado con las oficinas centrales de la Confederación Hidrográfica del Júcar.

6.6. Instalaciones auxiliares

6.6.1. Instalaciones eléctricas

Desde la línea de Media Tensión que alimenta la EDAR de Orba se proyecta disponer una línea aérea de M.T. de 950 metros con postes cada 70 metros hasta la Sala de Emergencia de la Presa. Esta línea discurre paralela al cauce del río Girona por su margen derecha manteniéndose siempre por encima de la cota de inundación.

Se dispone un transformador aéreo de 40 KVA al final de la línea en las inmediaciones de la Casa de Administración, tal y como se muestra en los planos.

A partir de esta línea eléctrica se da corriente a todos los dispositivos de la Sala de Emergencia, así como al alumbrado interior de la misma. También se da alimentación a las luminarias dispuestas en coronación y diversos puntos de los accesos

Se dispone en la Casa de administración de un grupo electrógeno de 40 KVA para dar energía eléctrica en caso de emergencia.

6.6.2. Casa de administración

Se prevé la construcción de un edificio de control, oficinas y laboratorio. Este edificio tiene una superficie útil de 111,36 m² y alberga la sala de Emergencia dotada de los medios técnicos para servir de puesto de mando al Director del Plan de Emergencia y una sala de comunicaciones que permite la conexión con los organismos públicos implicados en la gestión de la emergencia, especialmente el S.A.I.H. (Servicio Automático de Información Hidrológica).

Constituye el puesto de mando del Director del Plan en emergencias y es donde se sitúan todos los elementos de comunicación y alarma relacionados con el plan. Aquí se hallará toda la documentación básica y técnica del Plan de Emergencia de la presa, así como los ejemplares de la última redacción aprobada del Plan.

La Casa de Administración está ubicada en el lado derecho de la coronación y consta de un edificio de 11,60 x 9,60 m² de superficie en planta con estructura en hormigón armado y sobre losa de 0,40 metros de espesor. La cubierta es de teja árabe con tabiques palomeros.

El cerramiento está compuesto por tabiques de ladrillo hueco de un pie de espesor, enfoscado y pintado con pintura plástica. Exteriormente llevan un chapado en piedra hasta 1,20 m de altura. Los suelos son de gres antideslizante e interiormente las paredes van cubiertas con baldosín. Las ventanas son de aluminio y la carpintería es metálica.

En el interior de la casa de Administración se encuentra:

- La sala de emergencia tiene una superficie de 35 m². Anexa a ella se localiza la zona de instrumentación para una mayor eficiencia en las actuaciones.
- Un despacho con una superficie de 10 m², destinado a su utilización por el Director del Plan.
- Aseos, zona de reposo y un ala anexa con dormitorios, cocina y comedor, que permitirá pernoctar.

Apéndice 1. Planos

CÓDIGO:	DIBUJADO:	REVISADO:	FECHA:	Nº REVIS.
A5	D.CERVERA	D.CERVERA	16/03/2015	1



Escuela Técnica Superior de
Ingeniería de Caminos Canales
y Puertos



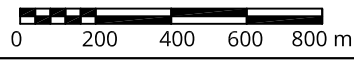
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

AUTOR DEL ESTUDIO:

D. DANIEL CERVERA MIQUEL

ESCALA:

1:10.000



ORIGINAL
DIN A3

MARZO 2015

DESIGNACIÓN:

ESTUDIO DE SOLUCIONES
EMPLAZAMIENTO DE LAS CERRADAS

Nº PLANO
1

HOJA1 DE1

